

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DOUTORADO EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

JULIO CESAR MUCHENSKI

**CULTURA DE LABORATÓRIO: DESIGN DE ENSINO PARA REFLETIR, FAZER E
EXPLICAR CIÊNCIA A PARTIR DA SALA DE AULA**

PONTA GROSSA

2021

JULIO CESAR MUCHENSKI

**CULTURA DE LABORATÓRIO: DESIGN DE ENSINO PARA REFLETIR, FAZER E
EXPLICAR CIÊNCIA A PARTIR DA SALA DE AULA**

**Laboratory culture: teaching design to reflect, do and explain science from the
classroom**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ensino de Ciência e Tecnologia, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Awdry Feisser Miquelin

PONTA GROSSA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



JULIO CESAR MUCHENSKI

CULTURA DE LABORATÓRIO: DESIGN DE ENSINO PARA REFLETIR, FAZER E EXPLICAR CIÊNCIA A PARTIR DA SALA DE AULA

Trabalho de pesquisa de doutorado apresentado como requisito para obtenção do título de Doutor Em Ensino De Ciência E Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Ciência, Tecnologia E Ensino.

Data de aprovação: 22 de Julho de 2021

Prof Awdry Feisser Miquelin, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Elenise Sauer, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Joao Amadeus Pereira Alves, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Jose Andre Peres Angotti, Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina (Ufsc)

Prof Romeu Miqueias Szmoski, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 24/09/2021.

Dedico a tese às minhas amadas: Narahiane (esposa),
Giulianna (filha) e Inês (mãe). E ao meu querido,
saudoso e amado Pai Guilherme (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Obrigado, comunidade do PPGECT/UTFPR, pelo acolhimento e por propiciar-me o sentimento de pertencer ao MOVIMENTO pela transformação do Brasil, por meio da Educação Científica. Através desse coletivo adquiri, mais resistência, resiliência e instrumentação metodológica e epistemológica para enfrentar alguns dos problemas complexos que assolam o ensino da Educação Básica brasileira, em particular da escola pública em que trabalho. Portanto, grato a todo o corpo docente e discente! Não quero ser injusto com nenhuma pessoa que conheci durante a fabricação da tese, com certeza não conseguirei contemplar a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase da minha transformação enquanto indivíduo social nesse tempo histórico. Portanto, já peço desculpas àquelas que não estão presentes nessa escrita, entretanto que elas tenham a certeza que pertencem ao meu ideário e dignas da minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Awdry Feisser Miquelin, neste caso não há palavras suficientes que correspondam à minha gratidão, não apenas pelas contribuições epistemológicas e metodológicas da minha investigação, mas por compartilhar as vivências da sua linda família ao hospedar-me na sua casa. Portanto, estarei sempre em dívida com você e toda a sua família.

Grato às contribuições da banca para a reformulação da tese, desde o Prof. Dr. José André Peres Angotti, Prof.^a Dr.^a Elenise Sauer, Prof. Dr. João Amadeus Pereira Alves, Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves e o Prof. Dr. Romeu Miqueias Szmoski

Aos professores e estudantes que colaboraram com a nossa investigação, ao desenvolver o design de ensino Cultura de Laboratório. Aproveito também para agradecer às equipes pedagógicas das instituições de ensino onde desenvolvemos o trabalho de pesquisa.

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação por conceder bolsa de incentivo à defesa da tese, em tempo de pandemia. E, obrigado ao Marcos Eyng, responsável pela secretaria do curso.

Ao apoio incondicional e conforto, a qualquer tempo, da minha amada esposa Narahiane e da minha amada filha Giulianna, principalmente pelo tempo que roubei da nossa convivência.

“Aquele que não conhece a verdade é simplesmente um ignorante, mas aquele que a conhece e diz que é mentira, este é um criminoso”.
(Bertolt Brecht)

RESUMO

Esta Pesquisa-Aplicação foi acerca do design de ensino Cultura de Laboratório, enquanto solução para o problema local e complexo da noosfera de ensino de Física do Colégio Estadual do Paraná. Na investigação, abordamos a problemática do laboratório didático tradicional, cuja atividade experimental baseou-se no processo de ensino e aprendizagem behaviorista e, também, da encenação de certo método científico ficcional, a partir do qual o aluno poderia desenvolver “supostas atitudes científicas”. Esta tentativa resultou na forma de ensino de ciência discutível, porque os estudantes podem até adquirir alguma habilidade em termos da técnica, durante os afazeres na manipulação dos aparelhos experimentais, entretanto, não há aprendizagem com significação acerca dos objetos da ciência e da tecnologia. Essa forma de ensino com experimentação produziu imagens distorcidas dos reais contextos da natureza e da prática científica da Ciência Trabalhadora, provavelmente houve na transposição didática da realidade dos contextos históricos, filosóficos e sociais entorno da fabricação dos fatos, a simplificação do *modus operandi* dos cientistas nas suas vivências no laboratório. Em outras palavras, não passou de encenação ficcional da realidade dos costumes e das essências peculiares de cientistas nos seus laboratórios, portanto, essa forma de educação científica convencional tornou-se apenas o simulacro do mundo real dos processos de fabricação da Ciência. Com a delimitação do problema objetivou-se desenvolver outra metodologia de educação científica a partir do Design Based Research, com seus dois produtos: o design de ensino em si e a teoria que emergiu da investigação, característicos da episteme e do método dessa pesquisa, que se desenvolve em fases e ciclos iterativos. A partir da identificação do problema e da análise das necessidades, propusemos a elaboração de outro desenho de ensino, em que estudantes, por meio do letramento científico, de sujeitos à Ciência passassem para sujeitos da Ciência, para enfrentarem o cenário atual de suposta democratização da informação e da era de pós-verdades, pois a educação científica tradicional não contribuiu para que a maioria das pessoas diferenciasssem o que é fato, fato duvidoso e factóide. Posteriormente, na fase de desenvolvimento e implementação do design, buscou-se a partir dos primeiros protótipos, a consistência e praticidade dos princípios de design: I- imersão dos estudantes em projetos de investigação científica; II - reformulação da episteme e métodos do laboratório didático; III- o uso especializado do smartphone como inscridor; e, IV- estudantes divulgadores digitais de ciência. Nesta fase, os protótipos foram aperfeiçoados em ciclos iterativos em diferentes contextos de ensino, portanto, passaram pela revisão e avaliação de especialistas internos e externos que contribuíram com a emersão de teorias que foram incorporadas neste trabalho. Na última fase, mais avaliativa, investigamos a eficácia do último protótipo, porém provisório, em um contexto desafiador, a turma de segunda série do ensino médio noturno do Colégio Estadual do Paraná. Observamos “ampliações” da racionalidade dos estudantes a partir das análises das suas manifestações ao completarem ciclos de pesquisa, pois mostraram familiarização e naturalização de algumas das nuances típicas das vivências dos trabalhadores da ciência, além de perceberem diferenças entre protocolos de controvérsias científicas ou debates ideológicos.

Palavras-chave: letramento científico; *design-based research*; cultura de laboratório; fatos da ciência; religação dos saberes.

ABSTRACT

This Research-Application was about the design of teaching Laboratory Culture, as a solution to the local and complex problem of the noosphere of teaching Physics at Colégio Estadual do Paraná. In the investigation, we approached the problematic of the traditional teaching laboratory, whose experimental activity was based on the behaviorist teaching and learning process and, also, on the staging of a certain fictional scientific method, from which the student could develop “supposed scientific attitudes”. This attempt resulted in the form of debatable science teaching, because students can even acquire some skill in terms of technique, during the tasks of manipulating experimental apparatus, however, there is no meaningful learning about the objects of science and technology. This form of teaching with experimentation produced distorted images of the real contexts of nature and scientific practice of Science, probably in the didactic transposition of the reality of the historical, philosophical and social contexts surrounding the fabrication of facts, the simplification of the modus operandi of scientists in their experiences in the laboratory. In other words, it was no more than a fictional enactment of the reality of the customs and peculiar essences of scientists in their laboratories, therefore, this form of conventional science education became only a simulacrum of the real world of Science's manufacturing processes. With the delimitation of the problem, the objective was to develop another methodology of science education from Design Based Research, with its two products: the teaching design itself and the theory that emerged from the investigation, characteristic of the episteme and method of this research, which it develops in iterative phases and cycles. Based on the identification of the problem and the analysis of needs, we proposed the development of another teaching design, in which students, through scientific literacy, from subjects of Science were transferred to subjects of Science, to face the current scenario of supposed democratization of information and the era of post-truths, as traditional science education has not contributed to most people distinguishing what is fact, doubtful fact and factoid. Later, in the project development and implementation phase, the consistency and practicality of the project principles was sought from the design principles: I - immersion of students in scientific research projects; II - reformulation of the episteme and methods of the teaching laboratory; III - the specialized use of the smartphone as a subscriber and IV - Science disseminating students. At this stage, the prototypes were perfected in iterative cycles in different teaching contexts, therefore, they were reviewed and evaluated by internal and external experts who contributed to the emergence of theories that were incorporated in this work. In the last, more evaluative phase, we investigated the effectiveness of the last prototype, however provisional, in a challenging context, the class of the second year of night high school at Colégio Estadual do Paraná. We observed the broadening of students' common sense, from the analysis of their manifestations, by showing familiarization and naturalization with some of the typical nuances of the experiences of science workers. In addition to realizing the differences between protocols for scientific controversies and ideological debates.

Keywords: scientific literacy; design-based research; laboratory culture; science facts; reconnection of knowledge.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama das fases da Pesquisa-Aplicação. Nossa tradução.....	24
Figura 2 - Espiral da cultura científica	77
Figura 3 - Operador da experimentação enquanto princípio de design de ensino	89
Figura 4 - As "duas faces de Jano"	116
Figura 5 - Imagens "a", "b" e "c" do relatório do IPCC e do NIPCC	130
Figura 6 - Folder de palestra do Prof. Dr. Luiz Carlos Molion.....	133
Figura 7 - Reportagem sobre o financiamento de discurso cético pelo agronegócio.....	134
Figura 8 - Notícia sobre previsão de 'Pequena Era Glacial'	142
Figura 9 - Representação que orienta na controvérsia, o processo de transformação de um enunciado em fato.	149
Figura 10 - <i>Print</i> de <i>site</i> da internet da bomba de ar de Robert Boyle na representação da obra de Joseph Wright	165
Figura 11 - Organograma que representa a racionalidade da Cultura de Laboratório	178
Figura 12 - Síntese da pesquisa de desenvolvimento do design de ensino.....	190
Figura 13 - Print do site do Colégio Estadual do Paraná.....	279
Figura 14 - Iterações de ciclos sistemáticos de elaboração.....	283
Figura 15 - Característica cíclica da pesquisa-aplicação.	283
Figura 16 - Prints de e-mails para a orientação da pesquisa de estudantes.....	301
Figura 17 - E-mail que marcou o início do projeto, com documento editável para a contribuição das componentes curriculares	307
Figura 18 - E-mail da supervisão acerca do projeto inicial.	313
Figura 19 - Professores e estudantes em ação coletiva de separação do lixo da instituição	316
Figura 20 - Primeiros passos de estudantes com literatura científica	319
Figura 21 - Slide da apresentação da equipe na mostra do conhecimento.....	320
Figura 22 - Proposta de projeto de investigação científica	322
Figura 23 - Troca de e-mails com a equipe acerca de orientações da IIR	329
Figura 24 - Mapa mental acerca do projeto VII- Sistema educacional.	330
Figura 25 - Prints do vídeo-síntese da IIR do projeto Ciência e Arte.....	332
Figura 26 - E-mail de inauguração dos projetos de investigação científica	335
Figura 27 - Documento editado por várias componentes curriculares	336
Figura 28 - Escrita formal em projetos de investigação científica.....	337
Figura 29 - Troca de e-mails com a organização do VI ENALIC	357
Figura 30 - Outro e-mail com a organização do VI ENALIC	358
Figura 31 - Feedback por e-mail de participante da oficina do VI ENALIC	360
Figura 32 - Pistão contido na animação interativa.....	364
Figura 33 - Tabela para os dados experimentais e construção do gráfico.	365

Figura 34 - Quadro “número de eventos e número de bolinhas por compartimento” e gráfico “número de eventos x número de bolinhas”	369
Figura 35 - Problematização acerca da lubrificação de motores de combustão interna	372
Figura 36 - Professor questiona sobre o experimento da "explosão" da rolha	372
Figura 37 - Professor H e estudantes sobre transformações gasosas	373
Figura 38 - Considerações dos pibidianos sobre um dos princípios do design de ensino.....	373
Figura 39 - Análise físico-matemática do experimento.....	375
Figura 40 - Considerações acerca de como os professores colaboradores responderam as questões dos estudantes.....	375
Figura 41 - Impressões da participação dos estudantes nas aulas.....	376
Figura 42 - Professores respondem os estudantes.....	377
Figura 43 - Considerações sobre a postura dos estudantes.....	378
Figura 44 - Vivências não tão formais na vida do laboratório.....	379
Figura 45 - Registro de classe gerado pela secretaria do CEP.....	393
Figura 46 - Esquema do "multiplicador de água"	400
Figura 47 - Slides do primeiro encontro	401
Figura 48 - Slides de suporte acerca de debates ideológicos e científicos	405
Figura 49 - Experimentação acerca do dado subjetivo da sensação térmica	407
Figura 50 - <i>Print</i> do blog: http://racionaleempirico.blogspot.com	408
Figura 51 - Print de atividade sobre termômetros a partir do blog Racional & Empírico.....	409
Figura 52 - Cálculos da capacidade térmica do calorímetro de uma das equipes ..	419
Figura 53 - Cálculos da capacidade térmica do calorímetro de uma das equipes ..	420
Figura 54 - <i>Print</i> dos diálogos de equipe acerca das questões da avaliação sobre saberes da física térmica.....	423
Figura 55 - Estudantes aprimoram o perfil epistemológico sobre o conceito de temperatura.....	424
Figura 56 - Impressões acerca do formato da avaliação.....	425
Figura 57 - Estudante "C" ressalta sobre a inovação da avaliação	426
Figura 58 - E-mail do estudante “V” acerca da prova.....	426
Figura 59 - Estudante "N" acerca da complexidade da prova	427
Figura 60 - Opinião da estudante "A" sobre pontos positivos e negativos acerca da avaliação	427
Figura 61 - Estudantes discutem sobre a forma alternativa da prova	428
Figura 62 - Estudante "J" menciona a praticidade da prova, mas também ressalta a sua complexidade.....	428
Figura 63 - Respostas acerca da primeira lei da termodinâmica.....	432
Figura 64 - Respostas do estudante da parte II do guia instrucional do Apêndice B acerca da segunda lei da termodinâmica e entropia.....	435
Figura 65 - Slides da apresentação.....	439

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Apresentação da síntese em mostra de conhecimento.	298
Fotografia 2 - Síntese do projeto de IIR da equipe em mostra de conhecimento. No destaque o papel semente.....	321
Fotografia 3 - Apresentação da ilha de racionalidade na mostra do conhecimento.	324
Fotografia 4 - Imagens de instantes da mostra do conhecimento	328
Fotografia 5 - Instante da turma do sexto ano do ensino fundamental II.....	339
Fotografia 6 - Estudante aponta o que considera a parte principal da obra de Joseph Wright	342
Fotografia 7 - Estudantes voluntariosos	345
Fotografia 8 - Interação com estudante em experimento sobre pressão	345
Fotografia 9 - Estudantes divertem-se com ciência e arte com spray no estêncil de pintura	348
Fotografia 10 - Experimento da bexiga no interior da garrafa.	348
Fotografia 11 - Professora convida estudantes a produzirem interpretações da obra “Experimento com um Pássaro numa Bomba de Ar” de Joseph Wright.	350
Fotografia 12 - Manifestações dos estudantes sobre os elementos simbólicos da obra de Joseph Wright	351
Fotografia 13 - Professores colaboradores auxiliam na oficina	359
Fotografia 14 - Discussões nos grupos sobre cada proposta de experimentação. .	359
Fotografia 15 - Tampa (rolha) é arremessada de recipiente com água em fervura.	363
Fotografia 16 - Medição do diâmetro do êmbolo com paquímetro	365
Fotografia 17 - Seringa de 5ml dentro de mistura de água e gelo.....	366
Fotografia 18 - Recipiente com esferas de vidro/bolinhas.....	369
Fotografia 19 - Apresentação do princípio de design de ensino no EDUCERE 2017	381
Fotografia 20 - Imagem aérea registrada por drone.....	393
Fotografia 21 - Estudantes discutem acerca da atividade experimental	394
Fotografia 22 - Vivências típicas do chão de sala de aula na Cultura de laboratório	395
Fotografia 23 - Estudantes investigam a capacidade térmica de um calorímetro ...	419
Fotografia 24 - Coleção de imagens das equipes durante a realização da avaliação	421
Fotografia 25 - LabD para investigação das leis da termodinâmica e o conceito de entropia	429

Fotografia 26 - Conjunto experimental para investigar a primeira lei da termodinâmica.....	430
Fotografia 27 - Estudantes analisam e discutem o experimento da compressão e expansão isotérmicas.....	430
Fotografia 28 - Estudantes após pensarem o experimento, passam a manipulá-lo e registram os dados.....	431
Fotografia 29 - Estudantes contam esferas que sobraram em cada divisão do recipiente plástico e preenchem a sua tabela	434
Fotografia 30 - Estudantes agitam o recipiente, para depois contarem o número de esferas.....	434
Fotografia 31 - Estudante imerso no experimento.....	434
Fotografia 32 - Estudantes imersos naquele espaço que chamam de seu laboratório	435
Fotografia 33 - Seminário enquanto síntese da IIR.....	440

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Respostas dos estudantes sobre escolha profissional	264
Gráfico 2 - Atividades extracurriculares oferecidas em contra turno	266
Gráfico 3 - Fator influenciador de aprendizagem	269
Gráfico 4 - Fator influenciador de aprendizagem	270
Gráfico 5 - Fator influenciador de aprendizagem	270
Gráfico 6 - Fator influenciador de aprendizagem	271
Gráfico 7 - Fator influenciador de aprendizagem.	272
Gráfico 8 - Fontes de informação para os estudantes.....	273
Gráfico 9 - Tempo diário de utilização da internet.....	274

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese da PA da tese a partir da referência de Dowse (2013, 2014).....	28
Quadro 2 - Etapas da profissionalização por Latour versus formação dos estudantes na CL	171
Quadro 3 - Organização da leitura da aula sobre máquinas térmicas.....	208
Quadro 4 - Organização da leitura sobre primeira lei da termodinâmica	209
Quadro 5 - Organização da leitura da segunda lei da termodinâmica.....	210
Quadro 6 - Organização da leitura da aula sobre rendimento de máquinas térmicas.....	212
Quadro 7 - Caracterização da Pesquisa-Aplicação.....	284
Quadro 8 - Característica que pode ser determinante para caracterizar uma PA...	285
Quadro 9 - Etapas para envolver os estudantes em projetos de investigação científica.	291
Quadro 10 - Dados do blog Racional & Empírico acerca das etapas 1,2 e 3.....	293
Quadro 11 - Dados obtidos do blog Racional & Empírico e dos e-mails dos estudantes.....	295
Quadro 12 - Etapas de especialização dos estudantes em IIR.	311
Quadro 13 - Organização da proposta de cronograma geral do projeto.	314
Quadro 14 - Objetivos por componente curricular.....	314
Quadro 15 - Informações dos estudantes e seus projetos de investigação acerca do lixo	317
Quadro 16 - Áudios registrados em sala de aula das manifestações dos estudantes.....	326
Quadro 17 - Organização da sequência didática sobre pressão e técnica de luz e sombra	340
Quadro 18 - Dados a partir da escrita do guia instrucional e de áudio e vídeo do LabD.....	342
Quadro 19 - Dados a partir das produções dos estudantes do guia de práticas artísticas	351
Quadro 20 - Programação - Física e Filosofia - Explorando gases e a flecha do tempo	362
Quadro 21 - Organização do curso de Física em linhas gerais.....	396
Quadro 22 - Síntese da sequência didática do primeiro bloco de conteúdo da termodinâmica.....	397
Quadro 23 - Atividade de pesquisa exploratória para pautar discussão em sala de aula	406
Quadro 24 - Síntese da segunda parte do curso de física térmica.....	414

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO GERAL	31
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
1.3 HIPÓTESE	32
1.4 PANORAMA DA INVESTIGAÇÃO	33
2 A CIÊNCIA DO CIENTISTA E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA.....	36
2.1 O LABORATÓRIO DIDÁTICO NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA TRADICIONAL	36
2.2 PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA CIÊNCIA.....	50
2.2.1 A Tradição do Laboratório Didático do Colégio Estadual do Paraná	57
2.2.2 Demanda por Desenho de Ensino de Ciência com Experimentação.....	63
2.3 DESIGN DE ENSINO PARA AMPLIAR A CULTURA GERAL.....	69
2.4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO DESIGN DE ENSINO.....	79
2.5 NEGAÇÃO CIENTÍFICA VERSUS CONSENSO CIENTÍFICO	91
3 DESIGN “CULTURA DE LABORATÓRIO” E A REALIDADE DA CIÊNCIA TRABALHADORA.....	99
3.1 POR QUE SABER MAIS DA FABRICAÇÃO DOS FATOS?.....	99
3.2 É PRECISO CONHECER OS LABORATÓRIOS DA CIÊNCIA	113
3.2.1 As Caixas Pretas antes do seu Fechamento	124
3.2.2 O Argumento Forte da Literatura Científica	155
4 O DUPLO PRODUTO DA PESQUISA-APLICAÇÃO.....	173
4.1 DESENVOLVIMENTO DOS DOIS PRIMEIROS PRINCÍPIOS DA CL.....	173
4.1.1 Investigar e Experimentar a partir do Design de Ensino	184
4.2 O SMARTPHONE NO LABORATÓRIO ESCOLAR.....	190
4.3 MÁQUINAS DE FOGO: OUTRO OLHAR PARA A TERMODINÂMICA.....	196
4.3.1 Livro Didático: Manual Informativo da Ciência Pronta	199
4.3.2 Os Momentos Pedagógicos das Leituras de Física do GREF	205
4.3.2.1 Aulas do GREF sobre Termodinâmica.....	207
4.4 TERMODINÂMICA: A PARTIR DA CULTURA DE LABORATÓRIO	215
5 AS VIVÊNCIAS DOS ESTUDANTES NA CULTURA DE LABORATÓRIO.....	255
5.1 A INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA DO ENSINO DE FÍSICA DO CEP	256
5.2 OS ESTUDANTES DO CEP E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	264

5.2.1 Estudantes e Processos de Ensino e Aprendizagem	268
5.2.2 Estudantes do CEP e a Internet.....	273
5.3 INTERFERÊNCIA NO LABORATÓRIO DE FÍSICA DO CEP	274
5.3.1 Intervenção sob o Design Cultura de Laboratório.....	280
5.4 CICLOS ITERATIVOS E CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA-APLICAÇÃO..	282
5.5 CONSTITUIÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES	287
6 PRIMEIRO CICLO ITERATIVO: DESENHO DO PRIMEIRO PROTÓTIPO	289
6.1 ESTUDANTES IMERSOS EM PROJETO DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA..	289
6.2 REFORMULAÇÃO DO LABORATÓRIO DIDÁTICO.....	338
7 SEGUNDO CICLO ITERATIVO: DESENHO DO NOVO PROTÓTIPO.....	390
7.1 ESTUDANTES IMERSOS NA CULTURA DE LABORATÓRIO	391
7.1.1 Participantes e Contexto.....	392
7.1.1.1 Saberes Introdutórios da Física Térmica	395
7.1.1.2 Máquinas térmicas e as leis da termodinâmica	413
7.1.2 Constituição de Informações	416
7.1.3 Análise das Informações.....	446
7.2 ESTUDANTES “TAGARELAM” ACERCA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA .	451
8 CONSIDERAÇÕES	457
REFERÊNCIAS.....	466
APÊNDICE A - Slides e Guias Instrucionais	480
APÊNDICE B - Slides da SD de Termodinâmica e Guia Instrucional.....	488
APÊNDICE C - Slides da Apresentação do EDUCERE	498
APÊNDICE D - Texto: Julgamento de Thamus	500
APÊNDICE E - Ficha de Leitura.....	503
APÊNDICE F - Do Encantamento ao Horror Científico (Artigo).....	505
APÊNDICE G - Problematização Sobre Conforto Térmico	507
APÊNDICE H - Atividade Experimental: Capacidade Térmica.....	510
APÊNDICE I - Atividade Teórico Experimental: Calor Latente	514
APÊNDICE J - Primeira Prova da Termodinâmica.....	518
APÊNDICE K - Segunda Prova de Termodinâmica	522
APÊNDICE L - Entropia.....	530
APÊNDICE M - Autoavaliação sobre Saberes da Termodinâmica	533

1 INTRODUÇÃO

O título da tese pode provocar um obstáculo epistemológico acerca do termo laboratório, pois as primeiras impressões podem levar o leitor no sentido de algo que para ele já é familiar e natural, ou seja, a imagem convencional de uma das salas da escola preparada com alguns aparelhos, bancadas, pias e muitos armários para armazenar as ‘quiquilharias’ para experimentação. Além da lembrança dessa sala de aula com a identificação em destaque na porta com a expressão: ‘laboratório de ciências’.

Portanto, façamos um experimento de pensamento, pois é o caso, haja vista o tema da investigação, imaginemos que a expressão ‘Cultura de Laboratório’ (CL) não se limitará, ao longo deste trabalho, em ater-se ao espaço exclusivo do tradicional ‘laboratório de ciência’ na escola, mas transcender dos seus limites físicos, epistemológico e metodológico comuns ao uso convencional do termo laboratório. Em outras palavras, queremos reformular a ideia de local, da episteme e do método que sustentam a experimentação e o laboratório na educação científica. À frente disso convidamos o leitor a conhecer outras histórias das vivências da vida das pessoas e dos seus laboratórios, sejam elas da ciência profissional ou da ciência escolar.

Adianta-se que a CL não se limitará ao espaço físico e local de uma sala, mas vai muito além em termos dos costumes e das essências das pessoas que passam pelo laboratório, mas que não deixam de ser essencialmente humanos nas suas ações pessoais, profissionais ou discentes, em outras palavras, é foco da investigação as nuances do *modus operandi* daquelas pessoas que pensam e fazem ciência profissional ou de estudantes que pensam e fazem ciência escolar, pois humanos como são, algumas das características da ciência trabalhadora podem ser emparelhadas à ciência estudantil e, com alguma similaridade, incorporadas na natureza e prática estudantil, desde que na escola haja uma proposta de ensino que promova efetivamente o letramento científico.

Obviamente não queremos formar ‘pequenos cientistas’, mas sim que estudantes da escola de Educação Básica (EB) pensem, façam e expliquem ciência a partir dos aparelhos experimentais disponíveis em nível escolar, na medida em que se dedicarem a resolver problemas locais com alguma complexidade e conectados com o seu mundo social, econômico e político. De tal forma que a CL

está muito mais focada nas essências e costumes que esses dois tipos de comunidade, a da ciência profissional e da ciência estudantil de nível escolar, apresentarem algumas similaridades que podem vir a contribuir, segundo Paty (2003), com a qualificação do senso comum dos alunos, no sentido de “alargamentos” da racionalidade, pois:

Devemos, na verdade, reconhecer que, quando conhecimentos novos são adquiridos e bem compreendidos, assimilados, completamente inteligíveis, e até ensinados; quando neles nos baseamos para avançar na direção de conhecimentos ainda mais novos, estes que foram adquiridos participam da constituição de um senso comum, modificado, diferente do precedente, mas que tem tanto direito quanto este à qualificação de “senso comum”, exatamente no mesmo sentido que o antigo. Desta maneira, o senso comum se enriquece pela assimilação dos conhecimentos científicos. Mostraremos como ele beneficia-se, de fato, das “ampliações” da racionalidade que permitem compreender de que maneira o progresso do conhecimento torna-se possível. (PATY, 2003, p. 9).

Após a desconstrução da imagem primeira acerca do laboratório escolar, apontamos para o escopo da investigação, que surgiu das minhas vivências no mundo do laboratório de Física do Colégio Estadual do Paraná (CEP), ao desempenhar a função peculiar de professor de laboratório, pois não é realidade da maioria das escolas públicas a existência de demanda especial de aulas exclusivamente para um professor desempenhar tal papel. Ou seja, há no CEP uma sala de aula com equipamentos específicos para desempenhar a atribuição da experimentação da componente curricular de Física no ensino médio.

Portanto, não há de se estranhar que a minha prática docente esteja intrinsecamente amarrada com a noosfera de ensino de Física do CEP, basta ver que toda a epistemologia e metodologia que permeiam esse ensino passam pelo aparelhamento concreto e ideológico do chão do laboratório e das pessoas da sua noosfera. A função de laboratorista não é uma exclusividade minha e tampouco da componente curricular de Física, pois apenas para essa disciplina há um total de 65 aulas, divididas nos turnos da manhã, tarde e noite para esse fim, de tal forma que divido a responsabilidade e a parceria dos cuidados da experimentação no laboratório com pelo menos mais dois professores.

Entretanto, antes da imersão no mundo do laboratório didático (LabD), faz-se necessário apresentar algumas informações acerca do CEP e da sua relativa importância para a história da capital Curitiba e do próprio estado do Paraná. Trata-se de um colégio público da rede estadual de ensino, cujos estudantes, na sua

maioria, advém da capital e da sua região metropolitana. Sua fundação já conta com mais de um século conforme dados do site da escola: <http://www.cep.pr.gov.br/modules/conteudo/historico.php>. Ele informa algumas das datas marcantes que permitem compreender a importância do colégio e da sua relação com a história do estado do Paraná:

Em 1846 é criado o LICÊO DE CORITIBA, pela Lei n. 33, de 13 de março, sancionada pelo Presidente da Província de São Paulo, Marechal Manoel da Fonseca Lima e Silva - Barão de Suruí, e instalado em casa alugada no Largo da Matriz, atual Praça Tiradentes [...]. Nesta época, a região ainda pertencia à Província de São Paulo, obtendo sua autonomia somente em 29 de agosto de 1853 com a lei assinada pelo Imperador Dom Pedro II, que desmembrou a região da Província de São Paulo. Logo após teve início um programa oficial de imigração europeia para a região, principalmente de poloneses, alemães e italianos que vieram em busca de riquezas [...]. Início da construção da nova sede. Julgada insuficiente a área, em 1944 é desapropriada a Chácara da Glória, ou de "Nhá Laura", na avenida João Gualberto, iniciando-se aí a construção da atual sede [...]. Em 29 de março de 1950, é inaugurada a sede atual pelo então Presidente da República General Eurico Gaspar Dutra e pelo Ministro da Educação e Cultura, Professor Clemente Mariani [...]. Em 2003 ocorre a renovação de Reconhecimento do Ensino Médio e Profissional pela Resolução nº3.415, Diário Oficial nº6.619, de 3 de dezembro. É feita a aprovação da Proposta Curricular para implantação de Cursos de Educação Profissional Nível Técnico, integrado ao Ensino Médio (04 anos), parecer n. 109503, de 18 de dezembro, do Conselho Estadual de Educação (COLÉGIO, 2018).

A partir do breve histórico, percebe-se que a escola é mais antiga do que o próprio estado do Paraná, pois o início da sua história remete ao tempo em que o Paraná era parte da Província de São Paulo, antes do Brasil se tornar uma república. Sua antiguidade trouxe uma aura de tradição ao CEP, que influenciou como as pessoas que se integram à instituição formam representações mitificadas a respeito do colégio e da sua história.

Encontramos no LabD de Física e nas práticas de experimentação um protocolo também tradicional e discutível por seu caráter replicador de roteiros do tipo 'receita de bolo', conclusão que Muchenski¹ (2015) apontou a partir da análise dos documentos disponíveis nos arquivos do próprio laboratório, eles funcionaram como suporte por décadas à epistemologia e à metodologia de experimentação e da noosfera de ensino de Física do CEP. Portanto, o LabD do CEP mostrou-se completamente desajustado em termos de representação da realidade dos cientistas e dos seus laboratórios.

¹ Dissertação de mestrado de Muchenski (2015): <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1269>

A tradição da metodologia de experimentação do laboratório de Física do Colégio Estadual do Paraná, resultou possivelmente de uma transposição didática (TD) simplificada da natureza e da prática da ciência trabalhadora para a educação científica na escola básica. A TD de metodologias de investigação científica resultou em formas de se ensinar ciência, por exemplo, com a utilização do laboratório didático como uma cópia inexata e simplificada dos reais protocolos que os cientistas realizam nos seus laboratórios, no máximo fabricou um simulacro muito distante da realidade de como os cientistas pensam, fazem e explicam a ciência nos seus ambientes naturais de pesquisa.

Compreende-se a transposição didática no sentido de Pinho (2001) como: “um conjunto de ações transformadoras que torna um saber sábio em saber ensinável”. Ações que no processo iniciam no saber produzido por uma comunidade científica, uma rede de personagens que formam um sistema complexo da produção de um determinado saber sábio, que passa para a “esfera definidora do saber a ensinar é mais eclética e diversificada em sua composição, não por eventual caráter democrático, mas para defesa de interesses próprios” (PINHO, 2001, p. 25). Até chegar ao final do processo com o saber ensinado, por fim chega na sala de aula com a figura do professor, “autoridade constituída do conteúdo da sua disciplina, que expõe o material instrucional didaticamente preparado por ele”, (PINHO 2001, p. 28).

Esse simulacro na escola representou a pluralidade da ciência como se fosse um método científico único e, acabou por encaminhar, em termos metodológicos, um protocolo tradicional das atividades experimentais de reprodução que, possivelmente, promoveu alguma aprendizagem da técnica experimental na manipulação dos aparelhos, mas que não permitiu, no sentido de Moreira (2011), a aprendizagem com significação dos saberes da Física, uma vez que, desta forma, não consegue alargar a partir da qualificação do senso comum dos estudantes em termos do perfil epistemológico dos conceitos científicos, conforme Bachelard (2013).

A partir dos registros bibliográficos do laboratório didático de Física do CEP, é possível apontar quais foram as bases orientadoras dos guias das experimentações: roteiros instrucionais de práticas experimentais dos catálogos da antiga e extinta empresa Otto Bender, além dos encaminhamentos teóricos e metodológicos do projeto do Physical Science Study Committe (PSSC). Com uma alta gama de práticas demonstrativas e reprodutivas nas atividades do laboratório,

os roteiros dos catálogos e os encaminhamentos confirmaram relações automatizadas e de cunho panfletário, proposta de ensino a partir de uma metodologia de base behaviorista. Consideração corroborada por Pinho (2000), ao ressaltar que a proposta do LabD, enquanto espaço de aprendizagem do método experimental, propõe-se aprender por técnicas comportamentalistas.

Na investigação da dissertação de Muchenski (2015), chegou-se à inferência do protocolo tradicional do LabD de replicação e reprodução que se praticou no CEP por décadas, por exemplo, entre os roteiros o da Segunda Lei de Newton, obtido não somente nos arquivos do colégio, mas também em diversas publicações: manuais de instrução do PSSC, dos catálogos das caixas de experimentação Otto Bender², manuais de instrução dos materiais da empresa Azeheb, roteiros de produção dos professores que trabalharam no laboratório de física do CEP e no site compadre.org³. Embora tenha havido significativos avanços em termos tecnológicos, como por exemplo a utilização da pluralidade de sensores para os mais diversos fins, entre eles o fotogates (sensores fotoelétricos utilizados para indicar a variação de tempo de certo evento).

O roteiro instrucional para o saber da Segunda Lei de Newton, mesmo para a aprendizagem das técnicas associadas com a metodologia experimental, ficou inalterado desde os projetos do PSSC. A investigação mostrou que não houve evolução didático-metodológica em relação às orientações para a execução das práticas experimentais em torno da segunda lei de Newton, como mostraram as comparações entre os documentos do PSSC, dos manuais da Otto Bender, da empresa Azeheb e do CEP.

Mesmo com a evolução tecnológica e equipamentos em laboratórios já interfaceados com fotogates e computadores, o roteiro privilegiou uma concepção de ensino de ciência automatizada e repetitiva, alinhados com uma metodologia de ensino submetido à teoria de aprendizagem de cunho comportamentalista que, de

² A empresa Otto Bender LTDA que acompanhou a tendência norte-americana, começa na década de 60, a fabricação dos chamados kits de experimentação para as disciplinas de Ciências e Física. Os aparatos experimentais eram acondicionados em caixas, que ficaram populares entre os professores que se engajaram de alguma forma nesta empreitada como “as caixas Bender” de experimentação. As caixas eram compostas: duas de Mecânica, uma de Hidrostática, duas de Termologia, duas de ótica e duas de Eletricidade. E quanto aos manuais de instrução, o Pe. Aloysio Vienken foi convidado para elaborá-los e, também, para ministrar cursos para utilização do material, para os cursos. A empresa mantinha uma espécie de laboratório móvel montado em um ônibus. Na década de 70, “as caixas da Bender” foram adquiridas pela secretaria de educação do estado do Paraná, que as encaminhou para o CEP.

³ Disponível em: <https://www.compadre.org/precollege/search/search.cfm?gs=223&SS=238&b=1>.

certa forma, negligencia aspectos cognitivos dos estudantes ao explorar apenas circunstâncias do tipo estímulo e resposta, mesmo enquanto espaço de aprendizagem somente do método experimental. Tratam-se de roteiros construídos em uma concepção behaviorista, que basicamente impõem um ritmo de instrução de manual, na qual os estudantes seguem uma sequência de pedidos e completam uma série de lacunas, para chegarem na resposta final e sentirem-se recompensados.

Esse ensino de cunho automatizado não contribui com a alfabetização científica, no sentido de especular de forma complexa a ciência e suas tecnologias, que ajudaria na percepção de pontos positivos e negativos que estão associados com o conhecimento científico e o mundo tecnológico. Ensino de protocolo tradicional que contribui para a manutenção da representação no senso comum do estudante de uma ciência infalível e, da utilização não especializada das suas tecnologias, estudante classificado como “usuário leigo” (MIQUELIN, 2009, p. 35) da tecnologia, com a compreensão do termo “usar” conforme Cupani (2013) que se associa mais ao entendimento de utilização repetitiva, afastado de processos criativos e de originalidade.

Portanto, a tradição no LabD convencional constituiu um problema complexo e local da noosfera de ensino de Física do CEP e, instigou, por meio da investigação do problema, o desenvolvimento de um design de ensino a partir da minha prática docente, enquanto professor das aulas de física teórica, mas também das aulas de física experimental, para a fabricação de uma proposta de ensino de ciência na intersecção do teórico e do empírico, para transcendermos em termos dos seus princípios de design, da sua racionalidade e dos seus métodos a ideia do laboratório e da experimentação convencionais. À vista disso, implantar uma metodologia de ensino para reformular aquela imagem primeira que se resumia a ambientação de um espaço ou sala de aula aparelhada com uma placa de identificação: LabD de ciências.

Logo, não se trata de uma limitação de localização geográfica e física para replicar e demonstrar exclusivamente os experimentos exemplares, mas uma outra concepção de ensinar ciência, cujo desenho de ensino denominamos de Cultura de Laboratório, mas que apesar de carregar o termo ‘laboratório’ no nome, o design de ensino pode ser aplicado em uma sala de aula qualquer de escola da Educação Básica.

Utilizamos da CL para provocar os estudantes à investigação de fenômenos da natureza com trenas, termômetros, calorímetros, celulares, simuladores e editores de vídeo, para que com os modelos-réplica de Dutra (2005) investiguem a realidade do mundo natural em contextos problematizados e sob certas condições de contorno, mas principalmente, perante a consideração do quanto as forças técnico-científico-sociais, que emergem da fabricação dos fatos da ciência e dos objetos tecnológicos, influenciam e transformam o mundo da vida dos coletivos sociais.

Enfim, os estudantes podem aprender muito com a natureza e prática da ciência trabalhadora e das forças técnico-sociais que emergem do laboratório, principalmente em relação às humanidades dos profissionais da ciência, afinal Latour e Woolgar (1997) argumentam que a ciência, por constituir uma racionalidade peculiar de alto grau cognitivo, não deixa de ser qualificada também como prática social, pois à medida que as pessoas quando operam laboratórios de pesquisa, enquanto atores sociais, precisam de instrumentos persuasivos para o convencimento das suas sentenças e dos processos em que ocorre a fabricação dos fatos.

São essas e outras nuances dos contextos reais e das vivências dos trabalhadores nos laboratórios da ciência profissional, que podem orientar um design de ensino para mediar processos de pensar e fazer ciência ainda na escola de EB, nos contextos e problematizações de complexidade para aquela faixa de escolaridade dos estudantes. Constitui-se, pois em uma ciência aparelhada muito distante da ciência profissional e dos seus laboratórios de grande complexidade, mas que em algum grau, em termos das relações humanas, dos costumes e das atitudes, também caracterizam a natureza e prática científicas.

Para promover a aproximação desses dois mundos de laboratório, da ciência profissional e da ciência escolar, utilizou-se a epistemologia da pesquisa qualitativa para preencher lacunas deixadas pelo método positivista, no que diz respeito às vivências dos humanos e das suas relações com a realidade, dos contextos subjacentes aos fatos ou dados objetivos. A pesquisa qualitativa é uma resposta a questões complexas a respeito de vivências do mundo da vida, que não permitem uma exatidão e definições rígidas a priori.

Apesar da mútua influência entre investigador e investigado, cabe ao pesquisador conhecer e identificar as mudanças durante o processo de viés sempre

muito dinâmico, haja vista a sua intencionalidade de investigar os contextos da realidade em foco. Apesar de existir método na investigação qualitativa e o pesquisador sustentar a sua tese na literatura científica, haverá sempre aspectos subjetivos e peculiares de percepção empírico-compreensivo, que somente acontecem na ação sobre o objeto investigado e que devem ser descritos com foco nas essências nas quais se buscam os significados associados com as vivências dos investigados.

À frente disso e ao olharmos à noosfera do ensino de Física do Colégio Estadual do Paraná, emergem problemas complexos, entre eles a utilização contestável do laboratório didático na função complementar das aulas de perfil teórico dos saberes científicos. Esse LabD, na forma e na essência, pautou-se prioritariamente, na perspectiva de aprendizagem da técnica e da manipulação experimental, uma prática tradicional de décadas que não potencializou o letramento científico de estudantes em termos da aprendizagem com significação dos blocos de conteúdo da Física, desde os conteúdos estruturantes dos movimentos ao eletromagnetismo, passando pela termodinâmica.

Diante disso e da intenção de transformar esse ambiente de práticas experimentais em termos metodológicos e epistemológicos, desenvolvemos um desenho de sala de aula harmonizada na intersecção entre o teórico e o empírico, com suporte de um design de ensino de Cultura de Laboratório para provocar o pensar, fazer e explicar ciência na perspectiva de efetivar o letramento científico de estudantes da escola básica. Tendo em conta a complexidade de transformar o ensino de Física do CEP, escolhemos a metodologia de investigação Pesquisa - Aplicação (PA), por tratar-se de metodologia de investigação adequada para resolução de problemas complexos e locais no âmbito da prática educacional, o *Design-Based Research Collective* (DBR) declara que:

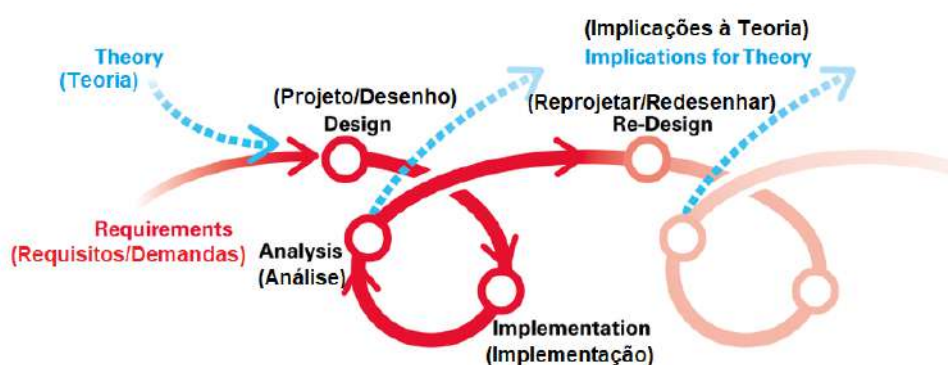
[...] a pesquisa em educação está frequentemente divorciada dos problemas e questões do dia a dia - um afastamento que resulta em uma lacuna de credibilidade e cria a necessidade para novas abordagens de pesquisa que atendem diretamente para os problemas da prática e que levem ao desenvolvimento de 'conhecimento útil'. (2003, p. 5).

Ao se traduzir *Design-Based Research* do inglês se tem a expressão pesquisa baseada em design, que diz respeito a uma forma de investigar sobre práticas educacionais a partir da abordagem de problemas práticos e complexos dos

ambientes escolares de ensino-aprendizagem. Um estilo de pesquisa que permitiu, por sua natureza de construção de teoria e produto educacional, projetarmos um design de ensino para aprimorar o letramento científico dos estudantes, por meio da aprendizagem com significação dos fatos e objetos da ciência e da tecnologia, processos de ensino e aprendizagem que devem acontecer a partir do ponto simétrico entre o racional e o empírico.

Outro viés da pesquisa-aplicação é seu caráter de natureza interventiva que contribui com a implementação da proposta de ensino CL, cujo projeto escolhemos, por princípio, na forma de intervenções por ciclo iterativos, conforme o diagrama a seguir:

Figura 1 - Diagrama das fases da Pesquisa-Aplicação. Nossa tradução.



Fonte: Fraefel (2014).

Para cada iteração foi dada publicidade em congressos e periódicos, para que colhêssemos juízos sobre o nosso design de ensino em construção, juízos que nortearam reformulações necessárias da ainda provisória metodologia de ensino. Portanto, a investigação transcorreu com sucessivos ciclos com as suas respectivas intervenções, constantemente reformadas para serem aplicadas na forma de protótipos aperfeiçoados. Neste ponto, é claro, que organizamos a investigação por ciclos de pesquisa orientado pela PA.

Mas, afinal o que é a Pesquisa-Aplicação?

Em termos aos estudos de desenvolvimento, a Pesquisa-Aplicação destina-se à produção de soluções com suporte em investigações dos problemas complexos que emergem da prática educacional. Nesta forma a Pesquisa-Aplicação define-se por Plomp *et al* (2018, p. 31) como:

A análise, o projeto e a avaliação sistemática de intervenções educacionais com o duplo objetivo de produzir soluções baseadas em pesquisa para problemas complexos na prática educacional e aprofundar nosso conhecimento sobre as características dessas intervenções e sobre seus processos para projetá-las e desenvolvê-las.

Há de destacar que a cada ciclo iterativo da pesquisa o protótipo do design de ensino é aperfeiçoado, resultado natural da investigação sistemática do processo de desenvolvimento do protótipo e da sua avaliação a partir da publicidade em periódicos, que permitem produzir teoria, mas também aprimorar os princípios do design de ensino. O movimento dialético de intervenções construídas a partir de teorias, ou da pesquisa nas intervenções que produzem ou aperfeiçoam teorias, definição que também pode ser encontrado em Barab e Squire (2004, p. 2):

[...] a pesquisa baseada em projeto não é apenas uma abordagem, mas uma série de abordagens com o objetivo de produzir novas teorias, artefatos e práticas que explicam e potencialmente impactam o ensino e a aprendizagem em ambiência natural.

O mundo da vida, no sentido de Andrade e Holanda (2010), que permeia a noosfera do saber a ensinar e o saber a aprender das aulas de Física do CEP, com toda a sua natureza complexa, criou requisitos para um projeto de ensino desafiador, haja vista a intenção de aperfeiçoar a forma e a essência como os professores ensinam e os estudantes potencialmente podem aprender.

Para acompanhar o desenvolvimento do desenho de ensino a PA desempenhou um papel instrumental para seguirmos os estudantes nos seus respectivos mundos da vida. Mas, afinal qual a concepção do mundo da vida para este trabalho? É possível apontar que se trata do conjunto das experiências vividas por sujeitos em determinado fenômeno, a estrutura essencial destas experiências pode ser investigada pela fenomenologia.

Pode-se afirmar que a própria universalidade da ciência é construída nas bases e a partir do mundo da vida. Em outras palavras, é como a ciência uma expressão segunda, tendo em conta que a experiência do mundo constitui a expressão primeira. E, conforme Merleau-Ponty (1999), a pesquisa fenomenológica procura o que é essencial na existência, na perspectiva que o mundo já existe antes das reflexões sobre a sua existência, de tal forma que não é possível ponderar sobre as essências desconectadas do mundo.

De tal forma, cabe ao pesquisador identificar o fenômeno através da estrutura das essências associadas e compreendidas no mundo da vida dos sujeitos, mundo de natureza natural e, desta forma mais original que a ciência, mas sem desconsiderar a subjetividade do sujeito na interação com o seu mundo pessoal da vida. “O mundo-da-vida é, enfim, a totalidade em que o homem vive como ser histórico, é um mundo pessoal que se fundamenta na copresença de outros mundos” (ANDRADE e HOLANDA, 2010, p. 263).

Portanto, na investigação acompanhamos as vivências dos estudantes no mundo da Cultura de Laboratório, pois cabe à pesquisa descrever a experiência vivida de forma imediata pelos próprios estudantes, o que caracteriza algo particular do sujeito de experimentar e existir no mundo. O que implica admitir que o mundo-da-vida necessita “ser percebido e descrito em vez de ser interpretado ou julgado. A descrição possibilita resgatar o vivido com base no retorno da sua percepção ao momento imediato” (ANDRADE e HOLANDA, 2010, p. 263). Portanto, a descrição se resigna ao estudo do vivido ou da experiência imediata com a intenção de dar sentido ou significado às vivências.

Há de se destacar que o mundo vivido pelo estudante vai muito além do conteúdo de natureza intelectual, mas também alcança o conteúdo de natureza efetivo-emocional e que implica uma diferença entre a ciência “que se refere a um conhecimento objetivo cercada de todas as garantias de segurança e isenta de qualquer subjetividade e a que intenciona a consciência da experiência, que é o conhecimento de um saber” (ANDRADE; HOLANDA, 2010, p. 264).

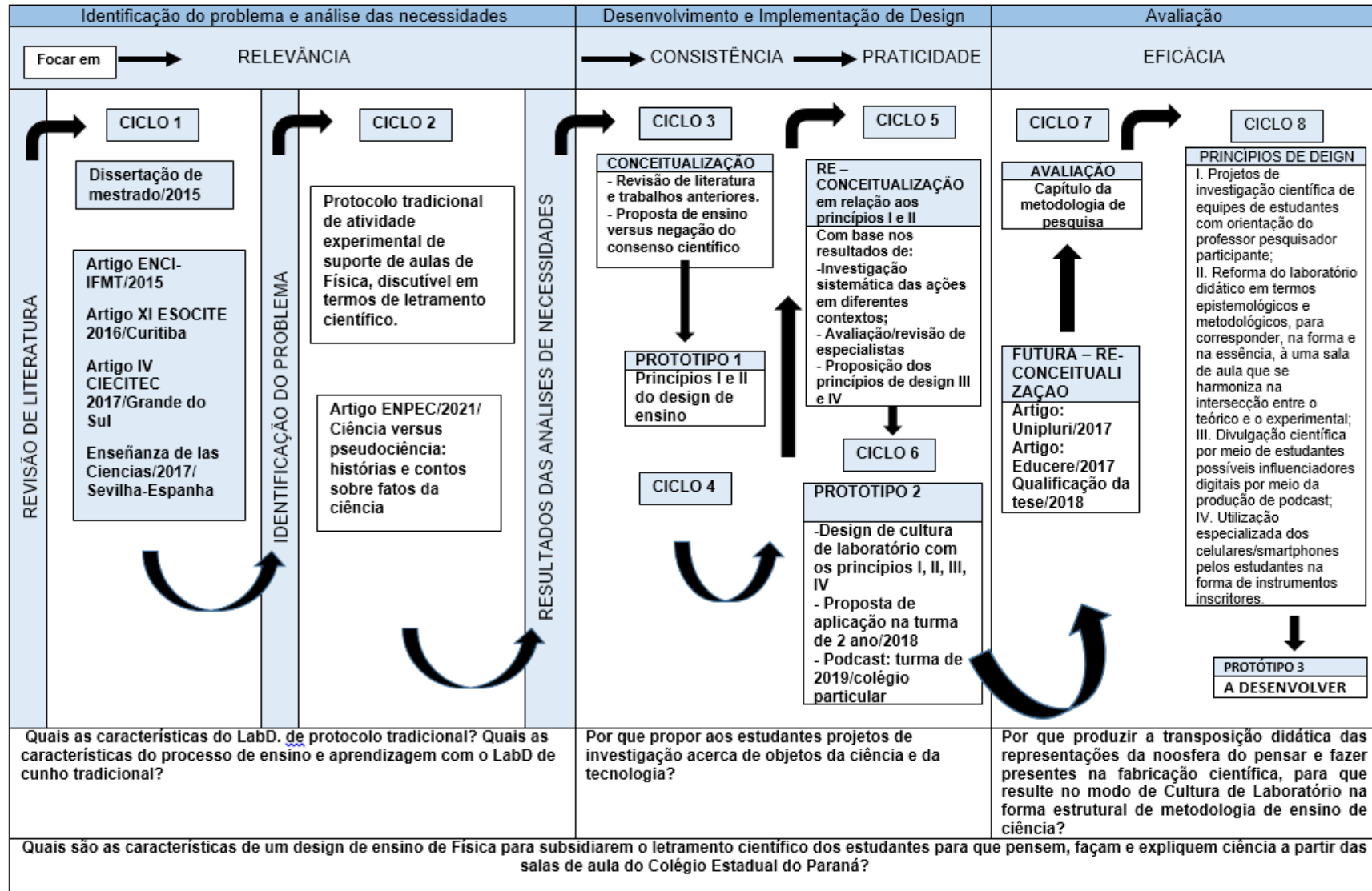
Na investigação, seguimos os estudantes na sala de aula e fora do espaço escolar, para acompanharmos nas suas manifestações escrita, narrada e performática, possíveis evidências da utilização de termos, expressões, modelos e consenso científico que fazem parte da literatura científica. Ao acompanharmos as vivências dos estudantes, a pesquisa traz outros desdobramentos, por exemplo, acerca do papel da educação científica diante da proliferação da negação do consenso científico, pois há trabalhos que apontam que o negacionismo é realizado com método, em que grupos constituídos de cientistas com credenciais em termos de formação e de produção acadêmica, devidamente financiados por associações neoliberais, promovem contraponto ao consenso científico, por exemplo, no diversionismo em relação ao aquecimento global.

Esses grupos passam a mercantilizar a dúvida a partir de falsas controvérsias científicas, ou seja, na fabricação de debates através da disputa entre o consenso científico e a presunção de dúvida em relação aos paradigmas científicos. Tais grupos podem estar associados a projetos de estado mínimo, que buscam enfraquecer as instituições de estado, pois ganham através da dúvida e da ignorância, a aprovação popular para diminuir o controle, por exemplo, dos órgãos reguladores de proteção ambiental e dos cuidados da saúde humana e animal.

Diante desse cenário de ataque sistemático ao consenso científico, parece-nos que a educação científica tradicional foi negligente ao subestimar ou não perceber que existe método quando se nega a Ciência. Por exemplo, sobre o aquecimento global e mudanças climáticas, apesar de já existir consenso científico sobre a temática, há complexidade à sua inserção em sala de aula, pois em contextos midiáticos não especializados Junges e Massoni (2018) alertam à existência de investidas em controvérsias científicas fabricadas, ou em outras palavras, promoção de controvérsias não autênticas, ao menos como entende-se a ideia da controvérsia científica na fabricação de fatos da ciências de Latour (2011), presentes na literatura científica, por exemplo, nas abordagens da filosofia, história e sociologia da ciência.

Portanto, precisamos avançar na educação científica da Educação Básica para superação do tradicional, por exemplo, com uma outra proposta de ensino. O quadro 1, a seguir, ajudará o leitor a ter uma visão geral desse outro design de ensino de Física, em relação ao duplo produto deste trabalho em produzir nova teoria, mas também os artefatos e práticas que visaram potencialmente impactar o letramento científico dos estudantes imersos na CL nas aulas de Física do CEP.

Quadro 1 - Síntese da PA da tese a partir da referência de Dowse (2013, 2014).



Fonte: Adaptação do quadro de Dowse (2013, 2014, p. 57).

O quadro 1 diz respeito às fases de desenvolvimento da proposta de ensino Cultura de Laboratório, acerca dos seus princípios de design:

- I. Projetos de investigação científica de equipes de estudantes com orientação do professor pesquisador participante e professores colaboradores;
- II. Reformulação do laboratório didático em termos epistemológicos e metodológicos, para corresponder, na forma e na essência, a uma sala de aula que se harmoniza na intersecção entre o teórico e o experimental;
- III. Divulgação científica por meio de estudantes na posição de possíveis influenciadores digitais por meio da produção de podcast;
- IV. Utilização especializada dos celulares/smartphones pelos estudantes na forma de instrumentos inscrites.

A teoria que pauta o design de ensino CL e a própria metodologia de ensino emergiram das iterações ou fases ou ciclos da pesquisa-aplicação, pois sua natureza implica na fabricação do duplo produto:

- a) Teoria/princípios do design da CL;
- b) Design de ensino/metodologia de ensino.

O processo de fabricação do duplo produto iniciou com a delimitação do problema complexo e local da noosfera de ensino de Física do Colégio Estadual do Paraná, no que tangia os pressupostos epistemológicos e metodológicos que suportavam as aulas de Física do CEP, aulas teóricas e aulas experimentais. Diante disso e da intenção da pesquisa na ação da nossa prática docente para reformulação do modo de ensinar Física no CEP, exigiu da PA sua natureza dinâmica, orgânica e dialética em termos da intersecção entre o ideal e o real da prática docente, com princípios que deram suporte para uma espécie de formação em trabalho. Um protocolo de investigação científica com uma certa imposição ao professor pesquisador, propôs constantes reformas de planejamento das ações, de revisitas na literatura científica, além de pesquisas e reflexões nas ações.

No quadro 1, em termos da identificação do problema e da análise das necessidades, é possível destacar nos ciclos 1 e 2 da pesquisa o problema relacionado com o ensino de Física com a utilização discutível do LabD de protocolo tradicional, que delimitamos em alguns trabalhos ao longo da investigação sobre as aulas de Física com experimentação no CEP, por exemplo: na dissertação de mestrado Muchenski (2015), no trabalho de Miquelin e Muchenski (2017) no evento Enseñanza de las Ciencias - Sevilha - Espanha e Muchenski e Miquelin (2017) no IV CIECITEC Santo Ângelo - RS - Brasil. Mas ainda há de se destacar também os trabalhos de Muchenski e Miquelin⁴ (2015) no ENCI do IFMT e Muchenski e Miquelin (2016) no ESOCITE - Curitiba - Brasil que sublinharam, além do problema da utilização tradicional do laboratório, algumas reflexões das necessidades e dos caminhos para buscar possíveis soluções para reformular as práticas experimentais do LabD.

Para superarmos a utilização convencional do LabD de Física que se limitou em processos de ensino e aprendizagem do método experimental e das suas technicalidades, propõe-se outra transposição didática do contexto de produção científica, a partir de um design de ensino que vá além da metodologia experimental, a partir da reformulação do laboratório, enquanto princípio do design de ensino, para transcender os seus limites de espaço físico e de atividade experimental protocolar, para auxiliar como elemento cultural que poderá proporcionar aos pertencentes do movimento da Cultura de Laboratório.

Quando os alunos investigarem os objetos da ciência e da tecnologia no seu tempo histórico, sem desconsiderar os aspectos epistemológicos, sociais e históricos que estiveram presentes durante a sua fabricação, será permitido aos estudantes uma postura de ativismo e militância em favor do movimento de desvendar os objetos da ciência e da tecnologia, com uma participação ativa na sociedade técnico-científica para evitar a sua marginalização. No entanto, para se chegar ao melhor protótipo até o final da pesquisa, porém ainda provisório e com demanda para seu aperfeiçoamento, enfrentamos uma série de questões a partir do problema complexo da utilização convencional do LabD:

⁴ Sobre aperfeiçoamento do perfil epistemológico na revista Experiências em Ensino de Ciências do IFMT: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID263/v10_n1_a2015.pdf

Por que fazer a transposição didática da natureza e prática da noosfera do pensar e fazer presentes na fabricação científica, para o design de Cultura de Laboratório em termos epistemológicos e metodológicos?

Por que propor aos estudantes projetos de investigação acerca de objetos da ciência e da tecnologia?

Quais características deve apresentar a produção de material didático para dar suporte ao design de ensino que se propõe a tratar da fabricação dos fatos da ciência e dos objetos da tecnologia?

O que pode acontecer quando estudantes imersos em um design de ensino com nuances da natureza e prática da ciência trabalhadora, são provocados em construir formas de divulgação científica?

Por que reformular a racionalidade de utilização dos smartphones para transformá-los em dispositivos inscritesores da literatura e divulgação científica?

A Cultura de Laboratório, a partir dos seus princípios de design, pode contribuir para que estudantes diferenciem os protocolos de consenso científico dos de negação da ciência?

Além das questões auxiliares, enfrentamos também a questão principal acerca do problema de pesquisa: Quais são as características de um design de ensino de Física para subsidiarem o letramento científico dos estudantes para que pensem, façam e expliquem ciência a partir das salas de aula do Colégio Estadual do Paraná?

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar princípios para um design de ensino que subsidiem o letramento científico dos estudantes para que efetivamente pensem, façam e expliquem ciência a partir da sala de aula.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Preparar estudantes em projetos de investigação científica para que se naturalizem e se familiarizem com algumas nuances dos processos de fabricação dos objetos da ciência e da tecnologia;

2. Elaborar produto na forma de caderno pedagógico para o suporte teórico e encaminhamentos metodológicos para as diversas sequências didáticas, sobre as peculiaridades da fabricação dos fatos e dos objetos tecnológicos acerca das máquinas térmicas;
3. Reconstruir a episteme e o método do laboratório didático;
4. Pesquisar as manifestações escritas e faladas dos estudantes, enquanto potenciais divulgadores digitais, sobre os temas da ciência e da tecnologia a partir dos quatro princípios de design da Cultura de Laboratório.

1.3 HIPÓTESE

Há algumas décadas vivenciamos grupos especializados provocarem debates ideológicos entorno dos fatos da Ciência, com a intenção de encenar supostas controvérsias científicas para enfraquecer a percepção do que já é consenso científico junto à opinião pública. Este protocolo sistemático de criação e manutenção da dúvida acerca dos paradigmas da Ciência, parece que contribuiu para enfraquecer, principalmente, órgãos institucionais de estado que normatizam áreas responsáveis pela proteção ambiental, saúde humana e animal.

Diante disso, o papel da educação científica é de extrema relevância, logo esta deve ter no seu âmago o princípio de aproximar a Ciência do cientista da Ciência que se ensina na escola, para que os estudantes ao se naturalizarem e familiarizarem com os contextos reais da prática e natureza científicas, possam melhor compreender o quanto as forças técnico-científicas que emergem dos laboratórios transformam os coletivos sociais.

Portanto, propomos juntamente com os estudantes, seguirmos os cientistas para conhecermos mais sobre os processos de *matter of fact* que ocorrem no chão dos seus laboratórios, para que não somente se familiarizem com tais processos de fabricação de fatos, mas que também ao completarem ciclos de pesquisa acerca de problemas locais e complexos do seu mundo da vida, venham a naturalizarem algumas das nuances comuns ao *modus operandi* daquelas pessoas que se dedicam a pensar e fazer ciência, para que os estudantes que venham a conhecer os protocolos de produção científica, consigam diferenciar os fatos dos factoides.

1.4 PANORAMA DA INVESTIGAÇÃO

No capítulo dois, traz-se uma revisão de literatura acerca da utilização da experimentação no laboratório didático, com uma epistemologia e metodologia de caráter tradicional que resultou de uma transposição didática simplificada da natureza e prática científicas da ciência trabalhadora, além da delimitação do problema local e complexo da noosfera do ensino de Física do Colégio Estadual do Paraná, mais particularmente, em relação à utilização da experimentação no LabD de Física daquele colégio.

Mas como é de fato o chão de fabricação dos fatos da ciência? Para conhecer mais sobre o mundo da vida dos cientistas e dos seus laboratórios, explora-se no capítulo três o *modus operandi* daqueles que se envolvem em processos de pensar e fazer científicos, para conhecermos mais sobre como da leitura de um mero aparelho inscriitor fabrica-se *matter of fatum*, dos laboratórios dos cientistas para as teias da literatura científica. Até para não cometermos, enquanto desenvolvedores de design de ensino, os mesmos erros em tentativas de transposição didática, com a simplificação dos contextos históricos, filosóficos e sociais acerca da noosfera do saber sábio para a educação científica na escola básica.

A metodologia de investigação deste trabalho trata de uma pesquisa de desenvolvimento de design de ensino e faz parte da sua estrutura resultar a emersão de dois produtos: aportes teóricos e o próprio design de ensino. No capítulo quatro, traz-se algumas das contribuições em termos da teoria, que surgiram ao longo do aperfeiçoamento dos protótipos da Cultura de Laboratório. Entre os aportes de teoria a defesa da utilização especializada dos aparelhos smartphones, desde o seu uso como aparelho de inscrição para a literatura científica, mas também no seu perfil em termos da sua transposição informática para o ensino.

Na construção das sequências didáticas para composição do desenho da proposta de ensino, houve a demanda por material didático de suporte teórico para os alunos. Entretanto, deparamos com livros didáticos que não se alinham com os objetivos do design de Cultura de Laboratório. Diante disso o desdobramento foi o de construirmos um caderno pedagógico que pautasse a metodologia de ensino. Este material também faz parte do capítulo quatro. Há de se destacar que neste capítulo realiza-se uma breve exploração da epistemologia dos livros didáticos

convencionais, além do material didático do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, “Leituras de Física” do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

No capítulo cinco, aborda-se em termos epistemológicos e metodológicos a Pesquisa-Aplicação ou Pesquisa de Desenvolvimento, expressões utilizadas no Brasil para a chamada *Research-Based Design*. Metodologia com grande potencial para professores que se interessam em investigar sua prática docente, haja vista ela possuir intrinsecamente o viés de enfrentar problemas locais e complexos que envolvem processos de ensino e aprendizagem, com a vantagem de, além de produzir contribuições em termos de aportes teóricos, desenvolver protótipos de ensino. E, embora não seja seu objetivo principal buscar a generalização da pesquisa, ela pode acontecer na medida em que o design de ensino seja experimentado em diferentes contextos de ambiente de ensino e aprendizagem, para sua aplicação por especialistas colaboradores, mas também para sua submissão para avaliação em periódicos.

Finalmente, nos capítulos seis e sete, a investigação *in situ* do mundo da vida dos estudantes imersos no design da Cultura de Laboratório, portanto pedimos a compreensão para o desenrolar das histórias que acompanhamos ao longo de quatro anos, de 2016 até 2019, pois também é característico da DBR demandar de muitos colaboradores, diferentes contextos e a dinâmica de iteração cíclica. Diante disso, pedimos o não estranhamento das constantes interligações entre subseções dos capítulos de referencial teórico com os capítulos de metodologia de investigação, tendo em vista que faz parte da sua natureza produzir teoria e o próprio design de ensino. É da PA submeter-se de forma constante aos especialistas dos periódicos e congressos, além dos especialistas que compõem a noosfera do ensino de ciência na escola da Educação Básica.

Por fim, o capítulo oito, as considerações sobre as várias fases da pesquisa que apresentamos no quadro 1, com os aportes teóricos, mas também acerca dos ciclos iterativos que fizeram parte do desenvolvimento dos protótipos do design da Cultura de Laboratório, Há de salientarmos desde já que no capítulo retomaremos as reflexões entorno da importância da educação científica representar, talvez o principal instrumento para os estudantes enfrentarem cenários atuais que proliferam movimentos que negam o consenso científico, justamente por falta dos coletivos sociais não conhecerem os laboratórios da ciência trabalhadora e tampouco conhecer as forças técnico-científico-sociais que emergem da fabricação dos fatos e

dos objetos tecnológicos e que transformam a sociedade. Diante disso há urgência em aparelharmos nossos estudantes para tornarem-se sujeitos da ciência e não sujeitos à ciência.

2 A CIÊNCIA DO CIENTISTA E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Os contextos reais da fabricação dos *matter of fact* e do ensino de ciências em sala de aula, como aproximar estes dois mundos? Como ensinar sobre as histórias da Ciência, sem torná-las meras peças ficcionais da real natureza e prática ciência trabalhadora? Neste capítulo, traz-se reflexões acerca da educação científica tradicional, cujo caráter informativo da sua proposta de ensino é discutível sob a luz da promoção do letramento científico, haja vista suas limitações, por exemplo em não contribuir na formação acadêmica dos estudantes, para que pudessem diferenciar debates científicos de ideológicos. Além das limitações em imprimir uma forma de atividade experimental a partir da proposta de laboratório didático convencional, que proporcionou falta de equidade entre o fazer experimental e o pensar o experimento

2.1 O LABORATÓRIO DIDÁTICO NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA TRADICIONAL

Esse ensino de ciência convencional na escola da Educação Básica, em alguma medida, é o resultado da transposição didática da fabricação de um saber científico na sua origem ou no sentido do “saber sábio” de Pinho (2001), com os contextos filosóficos, históricos e sociais que permearam o mundo da vida de grupos que participaram da fabricação desse saber. Estes grupos, com elementos comuns ligados ao “ ‘saber’, que se interligam, coexistem e se influenciam junto com a sociedade ou seus representantes, fazem parte de um ambiente mais amplo denominado de noosfera”. (PINHO, 2001, p. 22).

A partir da TD procurou-se ensinar em sala de aula a história da fabricação de um fato científico, como Latour (2011) denomina “*matter of fact*”. Porém, na educação científica tradicional essa história simplificou os aspectos da natureza e da prática científicas, o que transformou o laboratório didático em uma simulação, talvez nem isso, muito distante dos contextos reais da ciência trabalhadora. Esse simulacro não passou de um mero acessório na função complementar da física teórica que se ensina nas salas de aula do ensino médio.

Mas, é possível contar outras histórias sobre a fabricação dos saberes sábios? Imaginamos que sim, pois entre elas há a possibilidade de uma outra

transposição didática da noosfera do saber sábio para a noosfera do saber ensinado em sala de aula da escola básica, com a maior valorização dos processos e contextos da fabricação dos fatos da ciência, com as histórias, os costumes e as essências dos laboratórios dos cientistas para serem transpostas em algum grau para o LabD de ensino de Física, por exemplo, por meio de metodologia de ensino que possua na sua episteme e método um viés mais teórico, empírico e criativo. Mas, por que procurar uma outra forma de transpor o *modus operandi* de cientistas e engenheiros presentes nas suas vivências dos seus laboratórios para a educação científica?

É bem possível na medida em que estudantes reconheçam processos de produção científica, a partir do conhecimento da história, sociologia e filosofia da ciência presentes na fabricação do fato, desde as primeiras sentenças, as controvérsias, as disputas de narrativas, a estabilização e a ampla divulgação na literatura científica, consigam enxergar a ciência como um construto humano falível, não neutro e provisoriamente verdadeiro.

Esse LabD tradicional, cuja utilização é discutível, vincula-se à forma de ensino informativo do consenso científico, sem valorizar as controvérsias científicas que circundaram a sua produção, tampouco os protocolos plurais de fabricação de fatos científicos ou “*matter fact*”, expressão da preferência de Latour (2011). É possível inferir, sob a perspectiva das regras da transposição didática do trabalho de Astolfi (1997), a partir do pioneirismo de Chevallard e Johsua (1982), que o laboratório convencional resultou da TD dos aspectos da noosfera de criação dos saberes sábios, porém limitou-se aos aspectos de promoção da aprendizagem da técnica experimental, o que não é ruim, o que se discute, no entanto, é a possível negligência da aprendizagem dos saberes científicos com significação.

Para superarmos a tradição protocolar da racionalidade do laboratório de inspiração no ideário do Positivismo e das teorias de aprendizagem de base comportamentalista, é necessário a construção de outra proposta de ensino. Um novo desenho de ensino, cuja transposição didática realize-se a partir do processo da fabricação dos fatos científicos, mas não como uma imagem exclusiva de técnica experimental e, sim como uma imagem de investigação científica, a qual se associa o pensar e fazer nos contextos de criação científica. Porém, orientamo-nos ao que Astolfi (1997) chama a atenção das diferentes características da ciência que o

professor ensina, da ciência que o cientista produz e da ciência que o estudante procura aprender.

Para tanto, revisou-se na literatura científica trabalhos que trataram sobre a racionalidade no uso do LabD para o ensino de ciências, considerações nos trabalhos de Moreira e Ostermann (1993), Pinho (2000), Sére (2002), Borges (2002), Tytler, Prain e Peterson (2007), Waldrip, Prain e Carolan (2010) e Laburú e Silva (2011). Nestes trabalhos, ficou evidente o uso discutível do LabD de protocolo tradicional, quando é limitado na concepção de instrumento complementar do corpo teórico da disciplina, de intencionalidade exclusiva de mediar processos de aprendizagem da rotina e técnica experimental.

Há que destacar a importância de conhecer a noosfera acerca do saber sábio, com a valorização dos contextos de investigação científica, pois somente assim cria-se a possibilidade da proposição de outra TD. Navarro e Fernández (2013) apontam para o enfoque construtivista-relativista das investigações de Latour e Woolgar (1997), mas também pesquisamos Latour (2011 e 2013) que auxiliaram para investigarmos sobre os costumes e essências dos que pensam e fazem Ciência, para uma transposição parcial à Cultura de Laboratório, de modo a desenvolver o design de ensino para que de alguma forma assemelhe-se de como cientistas procuram resolver problemas nos seus laboratórios.

Para conhecermos mais acerca da natureza e das práticas do mundo dos cientistas, além das contribuições de Lemke (1993) de que ensino convencional de ciência na escola de EB são simulações dos contextos reais da prática e natureza científicas, Hodson (1994) veio trazer reflexões sobre a atividade experimental priorizar o tempo com excesso dos afazeres nos aparelhos experimentais com foco na técnica experimental, em detrimento do pensar a experimentação.

Além de Navarro e Hernández (2013) que destacaram a importância de se conhecer as forças técnico-científicas que emergem do laboratório e que influenciam os coletivos sociais. E Sismondo (2017) com a importância do cenário atual de enfrentarmos a proliferação das notícias falsas e Hodson (2018) com a importância de a educação científica permitir aos estudantes a postura crítica diante de como a ciência e a tecnologia afetam o seu mundo da vida. A pesquisa também incluiu a perspectiva *in situ* do trabalho de Bruno Latour e Steve Woolgar com “A Vida de Laboratório: a produção dos fatos científicos” (1997), mas também Latour com “Ciência em Ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora” (2011) e

“Jamais Fomos Modernos: ensaio de antropologia simétrica” (2013), até para conhecer mais sobre as essências do mundo da vida e da cultura de cientistas e engenheiros ao atuarem na noosfera dos seus laboratórios.

À medida que se conhece mais como operam os agentes da ciência trabalhadora, reconhece-se um certo hibridismo por parte dos cientistas e engenheiros diante das complexidades dos problemas que se dedicam a resolver, mas também como esses estão conectados com os meios sociais de forma direta ou indireta, a julgar quanto “as coisas” do laboratório possuem viés transformador no mundo da vida das pessoas em geral, seja por suas técnicas ou racionalidade operacional.

Deve-se destacar que os trabalhadores da ciência são essencialmente humanos e complexos, cuja formação não é exclusivamente acadêmica, mas também de base familiar, de ciclos de amizades e inimizades, preferências ideológicas nas esferas política, econômica e religiosa, enfim, o cientista quando opera o laboratório traz com ele, em parte, uma certa ancestralidade cultural. O que em termos de busca das características do *modus operandi* dessas pessoas da ciência profissional é muito enriquecedor, pois se retirarmos o degrau acadêmico entre a ciência profissional e a ciência da escola, temos pessoas e as suas complexidades e, muita coisa da natureza e da prática científicas podem ser incorporadas em rotinas de aprendizagem na escola. Isto se apresenta em diferentes graus de base acadêmica e de acesso de aparelhos do laboratório, porém muitas das nuances operacionais dos que pensam e fazem ciência na escala de alta racionalidade e tecnicidade podem ser reformuladas, adaptadas e incorporadas em uma proposta de design de ensino.

Por exemplo, quando sujeitos da ciência trabalhadora investigam problemas e operam o laboratório para delimitar e modelar os fenômenos na busca das soluções, utilizam-se de diferentes protocolos de investigação, além de atuarem de forma contundente na fabricação dos fatos a partir da sua estabilização na literatura científica. Esses sujeitos, enquanto porta-vozes, trazem argumentos técnico-científicos que se originam do chão do laboratório para fortalecer o discurso científico com a intenção de atingir o status de consenso e influenciar diferentes grupos sociais. É este forte viés da Ciência, Tecnologia e Sociedade que nos levou a considerar a importância do laboratório profissional, pois não há como falar do

pensar e fazer científicos sem conhecer um pouco do *métier* das vivências dos cientistas em seus laboratórios.

Porém, é preciso questionar:

- Por que a educação científica convencional e da Ciência dos laboratórios didáticos ficaram tão distantes da Ciência do laboratório profissional?

Questão, que por si só, já serve de alerta para um designer de ensino não projetar os estudantes como “pequenos cientistas”, a partir de um simulacro muito distante dos contextos reais da natureza e prática dos agentes da ciência profissional, mas sim, com inspiração nos costumes e essências dos cientistas quando operam seus laboratórios, de modo a encontrar meios para que os estudantes pensem e façam sua ciência no ambiente escolar, acerca dos problemas dos seus próprios contextos cotidianos e da sua capacidade acadêmica.

Outro ponto de cautela para o design de ensino é afastar armadilhas, tal como atribuir a experimentação no laboratório imagens de uma forma “descontraída” e “diferente” das tradicionais aulas de ciência, cujo objetivo primordial seria motivar os estudantes com aulas menos rígidas e menos tediosas, através de um laboratório com mais cor e mais diversão. Entretanto, tais encaminhamentos de experimentação “colorida” podem impressionar as primeiras imagens dos estudantes e constituir verdadeiros obstáculos epistemológicos de uma compreensão mais fidedigna dos reais contextos filosóficos, históricos e sociais da fabricação dos objetos da ciência e da tecnologia.

Esse empirismo claro e realismo ingênuo das primeiras imagens da experimentação, podem produzir outras dificuldades aos estudantes em praticar a ciência na escola, por exemplo, ao transparecer que experimentação é separada da teoria, julgar por que a proposta experimental colorida, motivadora e diferenciada normalmente é proposta à parte do corpo teórico da componente curricular. É uma aula diferente naquela outra sala da escola cuja placa diz ‘laboratório de ciência’.

Por exemplo, no caso do laboratório de Física do CEP⁵, por décadas, se limitou a informar parcialmente sobre algumas das histórias de sucesso da ciência

⁵ Apesar da sua utilização ou subutilização apenas complementar do corpo teórico, e do protocolo tradicional de caráter discutível em termos de aprendizagem dos saberes científicos, contribuiu em aproximar o coletivo dos professores de física, que promoveram a conexão da componente curricular que o professor de teoria trabalhava em sala de aula, com a proposta da atividade experimental que era proposta pelo professor de laboratório, com a promoção complementar do empírico ao teórico, mas que evitava a superposição de falas do professor de teoria em sala de aula e do professor responsável pelas práticas experimentais na sala do laboratório.

normal, porém com exclusividade aos seus paradigmas e valorização dos experimentos exemplares, contudo em uma proposta de simplificação desconectada da noosfera de fabricação do saber e de todos os seus desdobramentos e peculiaridades. Foi o caso da experimentação praticada por cinco décadas relativa à Segunda Lei de Newton:

[...] os resultados da investigação bibliográfica mostraram que não existiu evolução didático-metodológica em relação às orientações para a execução das práticas experimentais em torno da segunda lei de Newton. Mesmo com a evolução tecnológica e instrumental dos laboratórios já interfaceados com fotogates e computadores, os roteiros ainda privilegiam uma concepção de ensino tradicional de ciência. Concluímos que desde os projetos como o PSSC (MIT), o de Harvard e outros que tinham uma base tecnicista e que propunham o aprendizado de Física tornando os estudantes pequenos cientistas, e que proporcionou aos estudantes muita habilidade motora e uma aprendizagem automatizada e, acabou negligenciando a parte cognitiva presente no processo entre observações e fatos, ao nosso ver isso corrobora com uma concepção de ensino de divulgação de ciência no estilo panfleto. (MUCHENSKI, 2015, p. 9).

É possível superar o protocolo tradicional de mal-uso da experimentação com mero viés de transmissão de conhecimento ou conjunto de informações, pois as práticas experimentais podem através da mediação e assessoria do professor levar o estudante, por si próprio, a resolver problemas com a experimentação. Foi neste sentido que se propôs um guia instrucional alternativo para se manipular a Segunda Lei de Newton, por meio de uma sequência de atividades experimentais, em que os estudantes foram provocados em solucionar “quebra-cabeças” na forma de problematizações, fabricadas na intersecção entre o teórico e o empírico, com viés de aproximar os dois campos para, na conciliação, permitir a compreensão dos saberes da ciência associados aos fatos e dados científicos. Algumas nuances da sequência didática proposta para turmas do nono ano do ensino fundamental II:

No método experimental artesanal e tecnológico associado a contextos e problematizações, apostamos na especulação complexa do aparelho experimental e das entidades da física relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, com a intencionalidade da especialização na utilização dos aparelhos e do aumento do realismo científico das entidades manipuladas pelos estudantes. Como principais resultados que verificamos pela comparação de representações dos estudantes em questionários aplicados antes e depois da sequência de atividades, apontamos aspectos de uma evolução em maior ou menor grau do gênero de raciocínio associado à cultura do laboratório, com indícios de uma possível evolução do perfil epistemológico dos estudantes em relação as entidades da física manipuladas, através do aparelho experimental e dos elementos articuladores, entre eles o cálculo, no manuseio da linguagem físico-matemática. (MUCHENSKI, 2015, p. 9).

Foi neste laboratório, através de modelos-réplica que se revisitou para representar, mesmo que parcialmente, a realidade do mundo da vida de Newton. Com a imposição de equidade entre teórico e empírico, com ritmo de laboro experimental na intersecção entre a natureza e a cultura, entre o mundo das coisas e dos homens. Essa forma de ensino com experimentação mostrou a possibilidade de trabalhar a partir da relação obrigatória entre o teórico e o empírico com equidade das partes, em que:

[...] existe, pois, pelo menos, uma rotura na objetividade e é por isso que temos razões para dizer que a experiência nas ciências físicas tem um além, uma transcendência, que ela não está fechada sobre si própria. Portanto o racionalismo que informa esta experiência deve aceitar uma abertura correlativa desta transcendência empírica. (BACHELARD, 2009, p. 15).

Houve na aplicação da SD, a busca do equilíbrio entre o racional e o empírico, pois é na intersecção entre a teorização e a observação bem-feita que surge a possibilidade de “construímos (juntos) uma imagem da ciência cada vez mais robusta e “real”, que atende para os ditos valores e fatos de um modo equivalente e equilibrado”, (HACKING, 2012, p. 8). É por meio da intersecção entre o racional e o empírico que provocamos na articulação através dos modelos físicos, das estruturas matemáticas e da proposta experimental.

Buscou-se com a SD uma proposta de contexto escolar de experimentação não tradicional no ensino de física, que “não trata de confirmação, verificação, falsificação ou conjectura e refutação, mas sim de acumular construtivamente conceitos e um corpo de conhecimento”, (HACKING, 2012, p. 67). A atividade experimental que se propôs, provocou fortes evidências do realismo científico das entidades manipuladas adquirido pelos estudantes, que puderam ser regularmente especuladas e relacionadas com outras entidades, nos modelos-réplica de fenômenos para investigar aspectos da natureza.

Os estudantes das turmas do nono ano inseridos no que passamos a chamar de Cultura de Laboratório adquiriram uma postura de realismo científico, a respeito de certas entidades, estas como ferramentas manipuláveis, que puderam interferir com outras entidades de maneira causal, característica da lei fundamental dos movimentos. Com a manipulação experimental de tipos da física, ajudou os estudantes em crerem em tais tipos, muito mais que longas explicações teóricas.

Enfim “o trabalho experimental fornece a evidência mais forte da realidade de uma entidade teórica que não pode ser observada”, (HACKING, 2012, p. 43).

A partir da nossa experiência com a SD, acerca do mundo mecânico de Newton, abriu-se a lacuna para uma transposição didática diferente para o ensino, por exemplo, que se inspirasse na essência das vivências do *modus operandi* daqueles que trabalham em contextos de pesquisa e adquirem uma espécie de Cultura de Laboratório e, que ao transcender o espaço do laboratório, se manifesta como elemento cultural, associado com um tipo de raciocínio peculiar de laboro experimental, em constante investigação e na criação dos modelos-réplica de porções de mundo, para explicar aspectos que circundam problemas de pesquisa e a busca das possíveis soluções dos problemas.

Um modo peculiar que no mundo do laboratório se manifesta nas atitudes, na racionalidade, na criatividade, na motivação pelo financeiro, no ideológico e no discurso científico, externa a essência da pessoa que conecta o mundo da pesquisa científica ao mundo da vida. Particularidades que o mundano utiliza na negociação entre aqueles envolvidos na criação científica e fora dela, o que define o domínio de elementos que estruturam uma modalidade cultural. O que justifica que nossa pesquisa será delimitada em termos de também contribuir para aperfeiçoar o LabD para a escola básica com um dos princípios do design da Cultura de Laboratório.

Esta metodologia de ensino poderá contribuir na formação dos estudantes ao sentirem-se de certa forma a um tipo de movimento cultural de como pensar, agir, comunicar, interagir com o mundo e seus problemas, de cunho pessoal, social, econômico, político, em contextos envolvendo a ciência e a tecnologia. Enfim, como um componente que possa vir a fazer parte da cultura popular, e como aspectos da ciência poderão transformar a cultura popular, assim como esta transformar a ciência.

A reformulação do laboratório e da experimentação na CL somarão a aprendizagem do protocolo e das técnicas da prática experimental aos processos de produção dos saberes científicos, no viés de ensino teórico, empírico e criativo, realizados de forma perene e concomitante, em uma perspectiva de transpor os limites do currículo escolar. Inclusive podemos expandir o ideário acerca do termo estudante, de um perfil acadêmico de inclinação à investigação científica. Por meio da imersão dos estudantes no design da Cultura de Laboratório, que eles investiguem de forma criativa e ao propor soluções para problemas fechados e

abertos, associados com os contextos das suas vivências no mundo da vida, aproxime os estudantes de pensar, fazer e explicar ciência. Entretanto, como encontrar a paridade entre os estudantes no laboratório escolar e os cientistas no laboratório de ciência aplicada?

É possível refletirmos a partir de Lemke (1993) que há problemas no que ele se refere a currículos convencionais e as suas respectivas práticas de implementação, porque são no mínimo discutíveis por não oferecerem aos estudantes imagens e vivências em relação àqueles cientistas que pensam e fazem ciência no mundo da vida dos seus laboratórios. Uma forma e essência que pauta processos de ensino e aprendizagem de suposta educação científica na escola básica, não viabiliza aos estudantes, por exemplo, contato com cientistas e sua produção científica, num contexto de ensino em que o estudante desconhece as vivências das pessoas que vivem a pesquisa nos laboratórios. Tampouco apresentam aos alunos textos da literatura científica, a qual poderia ser uma porta de entrada ao longo dos vários anos de bancos escolares, na qual os estudantes se familiarizariam com a linguagem peculiar da ciência praticada durante a função social normal do cientista, assim como eles desconhecem as realidades sociais da ciência enquanto construto humano em termos de vivenciar as práticas com equipamentos e processos das pessoas que pensam e fazem ciência durante a fabricação dos fatos científicos e tecnológicos.

Portanto, há de sublinhar em Lemke (1993) que os contextos sociais, históricos e filosóficos que permeiam a fabricação dos fatos científicos, das pessoas pertencentes aos grupos sociais, culturais, nacionais, étnicos e raciais, para qualquer fim em termos de uso e prática, a fabricação científica está ausente da educação tradicional nas escolas.

À frente disso, tomou-se o ensino de Física no CEP como o problema prático e complexo para investigação deste trabalho, no que diz respeito à forma e à essências tradicionais do uso da atividade experimental para contribuir nos processos de ensino e aprendizagem, por exemplo, dos saberes ou tipos da termodinâmica. A atividade experimental desenvolve-se em local próprio, ou seja, em salas preparadas com aparelhos experimentais, salas organizadas e preparadas por professores de laboratório. Em geral são estes professores que preparam e conduzem as aulas nas turmas que visitam tais salas. Talvez o termo “visitam” expresse muito bem a epistemologia e a metodologia utilizadas para pautar as aulas

que acontecem naquele espaço, pois os estudantes e os professores das turmas acabam como que visitantes, aos quais são apresentados um roteiro do que fazer no laboratório didático, sem muito espaço para participação no que diz respeito ao pensar antes, durante e depois da experimentação, dando lugar à ordem do tipo: cumpra-se o que diz o roteiro!

Hodson (1994) explora alguns fundamentos em relação às práticas experimentais, cuja reflexão antes de enfrentarmos a complexidade da noosfera de ensino de Física do CEP é no mínimo prudente, uma vez que ele traz questões pertinentes para esclarecer alguma percepção confusa e talvez ingênua de muitos professores em relação aos motivos de envolver estudantes em atividades práticas. O trabalho de Hodson (1994) agrupa os objetivos em cinco categorias:

1. Motivar, estimulando o interesse e a diversão.
2. Ensinar técnicas laboratoriais.
3. Intensificar a aprendizagem do conhecimento científico.
4. Para fornecer uma visão sobre o método científico e desenvolver habilidades em seu uso.
5. Para desenvolver certas "atitudes científicas", como consideração das ideias e sugestões de outras pessoas, objetividade e disposição de não fazer julgamentos precipitados. (HODSON, 1994, p. 300).

Lemke (1993) contribui para entender as imagens ingênuas apontadas nas categorias acima, pois é provável que os cursos convencionais de ciência na escola básica não passem de simulações ou simulacros de ciências, pois os estudantes nesses cursos encontram:

Simulacros das disciplinas e objetos da ciência: professores de ciências no lugar de cientistas e tecnólogos ativos, discurso de livro no lugar da linguagem falada e escrita da ciência trabalhadora, tópicos de "ciências escolares" e informações no lugar daqueles que podem realmente ocorrer em qualquer contexto real de uso ou prática da ciência, laboratório escolar e equipamento de demonstração no lugar das tecnologias reais em uso em todos os outros lugares em nossa sociedade. Eles encontram simulações da ciência como um processo ou atividade: exercícios de escola no lugar de práticas de investigação profissional; esforços para resolver problemas que não têm contextos reais, parâmetros reais, complicações realistas; estudo de exemplos que são idealizados, super simplificados, descontextualizados. (LEMKE, 1993, p. 3-4).

Percepções alinhadas de uma certa perspectiva tradicional do laboratório didático de ensino de ciências, em que Hernández e Navarro (2013) chamam a atenção do experimento, conforme historiadores e filósofos tradicionais defendem

que se realiza as atividades experimentais no laboratório com a intenção de validação dos fatos da ciência e da tecnologia.

Porém, preferimos o contraponto em relação à simplificação da pluralidade das investigações científicas, o que Hernández e Navarro (2013) colocam dos etnógrafos do laboratório de que a própria construção da validade está relacionada com a construção do próprio laboratório, uma vez que a sua construção é para corroborar com os fatos científicos a partir da avaliação sistemática, pois os processos do laboratório e a validação são concomitantes e indissociáveis.

Há que destacar que no laboratório não há autonomia cultural, pois é nas atividades experimentais que acontecem no laboratório que ocorrem as mediações que permitem reconfigurar as relações sujeito-objeto e homem-natureza do mundo contemporâneo. De tal forma, o laboratório necessita de investigação no campo social, haja vista o seu potencial, principalmente no campo educacional, pois na sociedade atual de base técnico-científica há uma nova força sóciotécnica que acontece a partir da fabricação dos fatos da ciência e da tecnologia. Surge, portanto, uma demanda de investigação desse modus operandi da ciência trabalhadora, logo tais forças técnico-científicas que emergem dos laboratórios precisam deixar de serem estranhas aos coletivos sociais e, assim, incorporados na sociedade por meio do letramento científico na formação escolar, pois o laboratório na visão de Hernández e Navarro:

É um meio de hibridação de elementos naturais, artificiais, simbólicos e coletivos; o laboratório é um espaço de experimentação de arranjos dos elementos anteriores em escala mínima que permite introduzir novos atores ao mundo e reformular a ação e a representação do conjunto. Uma vez que os cientistas conseguem separar o contexto de seu conteúdo e com ele obter liberdade de investigação, no interior dos laboratórios, estes cientistas desenvolvem “estratégias [...] para ter êxito em suas negociações com a natureza e o resto dos atores, em uma lógica que corresponde à formulação de hipóteses e à delimitação dos atores, à instauração de dispositivos de interposição e de associação dos atores, ao desencadeamento de negociações, à mobilização dos aliados e ao encerramento das negociações” (ARELLANO, 1999, p. 74 apud HERNÁNDEZ; NAVARRO, 2013, p. 13).

À frente da importância da ciência trabalhadora para os contextos sociais e do seu potencial impacto na ciência escolar, não poderíamos correr o risco durante a pesquisa-aplicação de deixar de enfrentar algumas questões de suma importância colocadas por Hodson (1994):

1. O trabalho de laboratório motiva os alunos? Existem outras alternativas ou maneiras melhores de motivá-los?
2. Os alunos adquirem técnicas de laboratório a partir do trabalho prático que realizam na escola? A aquisição dessas técnicas é positiva do ponto de vista educacional?
3. O trabalho de laboratório ajuda os alunos a entender melhor os conceitos científicos? Existem outros métodos mais eficazes para conseguir isso?
4. Qual a imagem que os alunos adquirem das ciências e da atividade científica quando trabalham em laboratório? Essa imagem realmente se encaixa na prática científica padrão?
5. Em que medida os trabalhos práticos realizados pelos alunos podem favorecer as chamadas "atitudes científicas"? São necessários para praticar o correto exercício da ciência? (HODSON, 1994, p. 300).

As questões de Hodson (1994) contribuem para refletirmos sobre qual o papel da educação científica na Educação Básica? No sentido de encontrarmos meios de aproximar o laboratório de produção científica do laboratório de ensino de ciências, para que o estudante se familiarize e naturalize com contextos reais da investigação científica e passe a compreender melhor a forma como as forças técnico-científicas que emergem do laboratório da ciência trabalhadora para transformar o mundo dos coletivos sociais. Inclusive, para superarmos a forma e conteúdo do LabD tradicional, que não são capazes de conectar o conteúdo curricular com problemas reais, locais e complexos da vida cotidiana dos alunos.

Por exemplo, no laboratório de Física do CEP, a utilização da atividade experimental, além de limitar a aprendizagem dos saberes científicos, distorceu no ideário dos estudantes a imagem dos processos de fabricação dos fatos da ciência, ao não considerar os contextos históricos, filosóficos e sociais comuns acerca dos *matter of fact*. Mas, como superar essa tradição e propor uma outra transposição didática que valorize as características da noosfera em torno da produção de um saber sábio para o contexto escolar?

Uma transposição didática na forma e na essência de Cultura de Laboratório como proposta de ensino, com o objetivo de contribuir para o letramento científico dos estudantes, na perspectiva de aperfeiçoar o perfil epistemológico dos estudantes em relação aos saberes científicos e, também, conheçam as histórias de construção dos *matter of fact*, para que assim diferenciem o que é consenso científico do que não passa de negação da ciência.

A CL trata-se de um design de ensino com princípios que situem os estudantes entre a teoria e o empírico, com equidade em termos de importância das partes, de forma que o pensar e fazer ciência ocorram de forma concomitante e

indissociável. É uma proposta de ensino em que professores e estudantes compartilham de um contexto de investigação de problemas e problematizações que se assemelham por meio da transposição didática de alguns aspectos da prática científica além da percepção tradicional do que seria o método experimental. Nesse processo de ensino e aprendizagem, conforme Hacking (2012), espera-se de professores e estudantes, perfis de experimentadores alertas, que especulam de forma complexa, com a manipulação de saberes da Física através de articuladores da linguagem físico-matemática, de forma plural, em diversos aparelhos artesanais e tecnológicos, com a intenção de aumentar o realismo científico de tais saberes.

Um desenho de ensino em que as investigações dos contextos de problemas, conforme Borges (2002), podem variar dos tipos fechados até abertos, conectados com a realidade e em situações envolvendo Ciência, Tecnologia e Sociedade, com a aproximação, a partir de certas condições de contorno, dos paradigmas da física com o mundo real por meio dos “modelos - réplica” de Dutra (2005, p. 206). Este autor esclarece que o termo “modelo” vai além do seu papel heurístico em investigações científicas, em termos do caráter objetivo e investigativo, sobretudo na formulação das teorias científicas. Em outras palavras, não se limita em tomar o termo “modelo” como cópia de alguma coisa no sentido heurístico da filosofia da ciência, na proposta de procurar pontos de contato entre as teorias científicas e os fenômenos. Mas, sim no sentido de levar em conta também a prática científica, os procedimentos de uma metodologia científica, o *modus operandi* daqueles que fabricam a ciência e fazem uso dos modelos, que constituem muitas vezes idealizações possíveis da realidade, nos quais saberes da ciência podem ser manipulados ao ponto de aumentarem, no sentido de Hacking (2012), o seu realismo científico, pois se pode argumentar:

[...] que a mesma teoria que permite descrever o comportamento de um tal sistema físico não o considera realizável, mas o toma apenas como uma situação-limite, que não será encontrada no mundo real e na qual valeriam exatamente as leis da Física. Supõe-se que essas leis continuem valendo - com aproximações - nos sistemas físicos reais. (DUTRA, 2005, p. 225-226).

Há que destacar que esses modelos não se limitam nem como modelos matemáticos (em termos de estruturas abstratas), nem como modelos como cópias (físicas), assim, Dutra (2005) criou a expressão modelo-réplica na falta de outro termo mais abrangente para o termo modelo além da cópia e do modelo matemático

enquanto estrutura semântica. Assumiremos tal expressão conforme a definição de Dutra (2005), como elementos que podem contribuir para a cultura científica que passa pelo letramento científico formal e não formal, pois levamos em conta também, os pormenores que permeiam a fabricação da ciência, ao aproximar a ciência do cientista, da ciência que o professor ensina e da ciência que o estudante aprende.

Oliveira (2012) traz a importância do letramento científico enquanto desenvolvimento humano e, que se alinha com Fonseca e Oliveira (2015), com a percepção do papel basilar da ciência na sociedade, permeando o desenvolvimento econômico, social e cultural. O desenvolvimento científico em uma cultura é potencialmente transformador, e os saberes científicos funcionam como um sistema explicativo dos fenômenos naturais e de compreensão do mundo da vida. Assim, como o contexto em torno da produção científica, é rico em características de investigação, autonomia, criatividade e inventividade, estas características em um ambiente escolar poderiam ser enriquecedoras nos processos de ensino e de aprendizagem com significado.

Os princípios de design da CL podem contribuir com a “ampliação” da racionalidade dos estudantes por meio do letramento científico, com a busca da imersão dos estudantes em um movimento de natureza cultural que, segundo Hacking (1995), aqueles ao sentirem-se pertencentes a um movimento cultural, poderão encaixar-se no movimento que propomos na nossa pesquisa, ou seja de pertencimento à Cultura de Laboratório⁶.

Espera-se desses sujeitos que pertencerem a tal movimento cultural, uma postura peculiar de interação com o mundo, como por exemplo, entre os modos, o de raciocinar dos estudantes e professores para um gênero de raciocínio característico daqueles cientistas que pensam e fazem ciência no mundo da vida dos seus laboratórios.

⁶ Definida como um costume que os estudantes adquiram e que transcenda o espaço do laboratório de ensino de física, que seja um *modus operandi* em todo o contexto escolar de ensino de física e, principalmente, que contribua como integrante da cultura do estudante fora dos ambientes do ensino (formal ou informal), enfim que os estudantes tomem para si como uma ferramenta de resolução de problemas também na sua vivência cotidiana e sua relação com questões de CTS e, que o gênero de raciocínio adquirido na *Cultura de Laboratório*, seja a forma que o estudante operará a sua razão, buscando soluções de problemas de modo geral. Portanto, a proposta não se resume ao método experimental, mas à combinação entre método experimental e teórico, em que os estudantes irão também para o espaço do laboratório didático para aprender conceitos científicos.

2.2 PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA CIÊNCIA

A argumentação exposta por Hodson (1994) favorável ao trabalho prático tradicional no laboratório didático, no qual estudantes poderiam adquirir habilidades laboratoriais, em duas frentes:

Em primeiro lugar, estão relacionadas com a aquisição de uma série de competências generalizáveis e livres de conteúdo, que se acredita serem transferíveis para outras áreas de estudo e válidas para todos os alunos como meio de fazer face aos problemas quotidianos enfrentados. Em segundo lugar, estão aqueles argumentos que afirmam desenvolver habilidades e técnicas básicas de pesquisa consideradas essenciais para futuros cientistas e técnicos. (HODSON, 1994, p. 301).

Percepções ingênuas sobre a prática experimental em si, Hodson (1994), por exemplo, apresenta contraponto ao chamar a atenção que há pouco valor, se é que há, no que diz respeito “à aquisição de técnicas ou habilidades de laboratório” (HODSON, 1994, p. 301) no uso do laboratório didático de natureza tradicional, pois estudantes depois de anos “de aulas de ciências orientadas para a prática, muitos alunos são incapazes de realizar tarefas simples de laboratório com precisão, segurança e entender o que estão fazendo” (HODSON, 1994, p. 301).

O laboratório de natureza tradicional de uma educação científica convencional, conforme Lemke (1993), pauta-se em uma mentalidade simplificada de que os mesmos conhecimentos mentais e os mesmos processos mentais acontecem tanto nos contextos da ciência escolar quanto nos contextos da ciência do trabalho, tais contextos da ciência é que seriam ensinados na escola.

Diante disso, Lemke (1993) realiza questionamentos e reflexões:

Como é um laboratório de ciências e as atividades que ocorrem nele como um laboratório científico em funcionamento e as atividades que ocorrem nele? Aqui, as semelhanças atingem um nível ainda mais alto de abstração, exigindo dos alunos uma “transferência” ainda mais formidável de aprendizagem de um contexto de uso para outro. Como podemos esperar que os alunos sejam capazes de fazer isso sem instrução, sem serem ensinados exatamente como o que eles fazem é semelhante e também diferente da ciência profissional e do trabalho técnico? E como podemos ensinar isso sem dar aos alunos alguma familiaridade direta e de primeira mão com o trabalho científico? (LEMKE, 1993, p. 4)

Diante disso, qualquer proposta de ensino de ciências deve fugir da armadilha de simplificar os contextos de fabricação dos fatos da ciência e da

tecnologia, para não acabar em uma transposição simplificada do saber sábio para o saber ensinado com a idealização de formar “pequenos cientistas”, não é o que a demanda por letramento científico na escola básica precisa, mas que os estudantes passem a conhecer as nuances da ciência trabalhadora. Diante disso, um design de ensino deve superar a visão ingênua que a ciência escolar poderia formar técnicos ou cientistas, mas sim estabelecer princípios de design que contribuam com o letramento científico dos estudantes para que conheçam um pouco mais de como realmente a ciência é fabricada.

Outro ponto é que a experimentação no laboratório escolar convencional é pouco efetiva também em termos da aprendizagem dos saberes científicos, uma vez que desempenha o papel de mero instrumento de replicação de instruções como se fosse uma receita, sem contexto e sem problematização. Na perspectiva apenas da técnica experimental, há quem diga que ela poderia ser efetiva, por exemplo, o trabalho de Yager *et al* (1969 apud HODSON, 1994), se “revelou que o trabalho prático demonstrou vantagens significativas sobre outros métodos apenas no que diz respeito ao desenvolvimento de técnicas de laboratório” (HODSON, 1994, p. 302).

Por exemplo, em relação a aulas práticas de laboratório na forma de “seguir algumas receitas”, Moreira (1980) afirma que na melhor das hipóteses é perder tempo, pois são práticas experimentais confusas e contraproducentes, uma vez que segundo Hodson (1994), Moreira (1980) constataram que:

Os alunos muitas vezes realizam exercícios em sala de aula com apenas uma ligeira ideia do que estão fazendo, com pouca compreensão do propósito do experimento ou dos motivos que o fazem. (HODSON, 1994, p. 302).

A atividade experimental por si só, ou seja, a prática pela prática empobrece as imagens que estudantes formam a respeito da pluralidade das metodologias científicas, pois conforme Selley (1989), em muitos casos a atividade experimental isolada é contraproducente e impõe uma percepção incoerente e distorcida da pluralidade das metodologias científicas. Constituem problemas que são, em parte, uma herança dos chamados métodos de aprendizagem focados na descoberta muito popular nos anos de 1960. Exemplificando, nos projetos do Nuffield e PSSC, de que a aprendizagem poderia acontecer pela motivação da prática experimental orientada para a investigação, pautados, segundo Hodson (1994), na crença de que

estes métodos estão muito próximos das formas naturais de aprendizagem das crianças. Tais suposições surgiram:

Como consequência de uma interpretação errônea do trabalho de Ausubel sobre aprendizagem repetitiva e aprendizagem significativa, equacionando erroneamente a aprendizagem repetitiva com métodos de transmissão / recepção e a aprendizagem significativa com métodos baseados na descoberta. O resultado foi assumir que a melhor forma de aprender ciências é por meio de atividades baseadas em um modelo de atividade científica. Infelizmente, os cursos de ciências de Nuffield (e seus colegas norte-americanos) agravaram essa suposição problemática ao misturar visões progressivas centradas no aluno que enfatizavam a experiência direta e o aprendizado por meio de investigação e descoberta. Ideias indutivistas sobre a natureza da pesquisa científica. (HODSON, 1994, p. 303).

Outros trabalhos da utilização convencional das práticas experimentais no laboratório didático de protocolo tradicional, em particular em relação ao ensino de Física nos trabalhos de Zanetic (1989), Moreira e Ostermann (1993), Pinho (2000), Borges (2002) e Laburú e Silva (2011), também apontam sobre as limitações do LabD enquanto espaço de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, pois segundo Pinho (2000), ocorreu uma transposição didática que priorizou como um espaço de ensino e aprendizagem de aspectos da metodologia experimental. A mesma compreensão encontra-se no trabalho de Moreira e Ostermann (1993).

Há que destacar que esses mesmos trabalhos não descartam que a prática experimental, modificada na forma e na essência, também pode ser um momento de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, basta ver que podem conter diversos aspectos além do experimental em si, como por exemplo, a proposta da multimodalidade representacional e das múltiplas representações encontradas no trabalho de Laburú e Silva (2011), como também, na proposta de investigação de contextos problematizados de Borges (2002), em uma conexão com a realidade, em situações envolvendo CTS, com a aproximação dos paradigmas da Física com o mundo real através dos modelos-réplica de Dutra (2005, p. 206). E o de representar com mais fidelidade as nuances da natureza da ciência e da prática da ciência, conforme orientação de Hodson (1994).

Porém, a mudança de uma racionalidade convencional da prática experimental no ensino de ciência na escola básica, pautada por imagens simplistas das metodologias científicas, necessita de uma transposição didática diferente, com o propósito de trazer para a ciência escolar imagens mais realistas da natureza

da ciência e da prática da ciência. Hernández e Navarro (2013) orientam que o laboratório precisa ser investigado em termos das ciências sociais e do seu potencial em termos de influência na educação, pelo que representa em termos de uma nova força sóciotécnica que surgiu das investigações tecno-científicas, pois os laboratórios, enquanto forças técnico-científicas, precisam deixar de ser estranhos aos coletivos e, assim, incorporados na sociedade por meio do letramento científico na formação escolar. De tal forma, o desenho de uma proposta de ensino deve tomar, por princípio, a evolução do LabD para o contexto da sala de aula, para limitar-se enquanto metodologia experimental, mas também um espaço em que os saberes científicos sejam aprendidos com significação.

Houve equívocos na racionalidade do uso da atividade experimental para ensinar ciência na forma tradicional, pois simplificou-se a imagem do método científico, em termos da sua natureza e da sua prática. Um processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos ineptos, haja vista que tal prática de ensino resultou na forma de um produto de uma tentativa transpor didaticamente imagens das práticas e natureza científicas, mas foram simplificadas e, desta forma, replicadas na forma de aprendizagem por descoberta no laboratório didático, ou seja, ocorreu a simplificação na transposição didática dos contextos da produção científica. A epistemologia do método de aprendizagem por descoberta, segundo Hodson (1994), criou imagens distorcidas da ciência, uma vez que foi pautada por uma série de pressupostos equivocados no que diz respeito à predileção e à certeza das observações.

Críticas que também são encontradas em Driver (1975) e Selley (1989) quando apontam que a aprendizagem alicerçada em termos epistemológicos, psicológicos e pedagógicos são equivocados e impraticáveis. Enfim, uma proposta de ensino que promoveu alguma aprendizagem de técnicas associadas com a metodologia experimental, mas que, neste formato, deixou de ensinar conceitos científicos.

A valorização dos afazeres empíricos foi “tão agradável para a preguiça intelectual limitar-se ao empirismo, chamar um fato de fato e proibir a busca de leis!” (BACHELARD, 2013, p. 37), de forma que se negligenciou o potencial em se aprender os saberes científicos produzindo imagens na escola e fora dela em que prevaleceu a representação ingênua do método científico, a representação de

protocolo infalível, no qual o cientista realiza provas científicas e extrai da natureza leis e teorias, que estavam escondidas, prontas para serem descobertas.

No LabD tradicional realizou-se a simplificação a partir da TD da metodologia experimental de como é construído o saber sábio, limitado enquanto uma técnica única, entre a pluralidade das metodologias científicas. Aqui se instalaram os obstáculos epistemológicos de como os estudantes poderiam vir a representar de forma equivocada como se faz a ciência: neutra, dogmática e infalível. Perde-se, assim, o seu potencial social no sentido de movimento cultural, muito mais amplo e plural. Conforme encontra-se em Moreira e Ostermann (1993) e Moreira (2014), que apontam o contexto de produção científica associada com todas as interações humanas, que exigem dos seus integrantes o constante pensar, sentir e fazer.

Contextos sociais, filosóficos e históricos que representam muito mais típica sequência simplista associada ao método científico: da observação e formulação do problema, hipótese, procedimentos metodológicos para confirmação ou falseamento das hipóteses (tomadas como provisórias), conclusões e aplicações em outros contextos. Os designers de currículos da década de 1960, segundo Hodson (1994), não se beneficiaram das correntes filosóficas, sociológicas da ciência, tampouco das teorias da aprendizagem da época, ao contrário, escolheram a interpretação equivocada da forma de crianças aprenderem com base na descoberta por orientação indutiva.

Ainda em Hodson (1994) é possível encontrar as razões em que os projetistas dos currículos escolheram o caminho mais simples para um design de ensino:

[...] em primeiro lugar, sua aparente simplicidade a visão indutivista da ciência resumida na aprendizagem baseada em descoberta é "mais simples" do que outros modelos de ciência e pode ser seguida "mais facilmente" pelos alunos.

[...] Em segundo lugar está o prestígio pedagógico dos métodos centrados no aluno, que, devido às características linguísticas comuns (investigação, observação, descoberta, etc.), operam a favor de um modelo científico indutivista.

[...] Terceiro, estão as próprias visões inadequadas dos professores sobre a natureza da ciência, que derivam de suas próprias experiências de aprendizagem nos cursos de ciências que frequentaram na escola e na universidade.

[...] Em quarto lugar, podemos apontar para o conforto resultante que vem da crença em um método científico característico, ou mesmo um algoritmo preciso capaz de direcionar investigações científicas. (HODSON, 1994, p. 302).

Conforme Hodson (1994), esta última motivação induziu parcialmente a forma de representar a sequência de um algoritmo que seria capaz de direcionar qualquer investigação científica, uma sequência de procedimentos resultante que vem da crença de um método científico singular, muitas vezes ainda encontrada nas publicações de livros direcionados à escola básica e, sem avaliar, afirmar se são livros bons ou ruins, mas acabam por replicar uma concepção equivocada e simplificada da produção científica e da pluralidade das metodologias de investigação científica e, ainda sem personificar os cientistas, ou pior, reforça-os muitas vezes como figuras geniais e estereotipadas.

Incorremos em erro quando nós, professores, repassamos aos estudantes a representação distorcida dos que produzem ciência e/ou apresentamos uma representação simplificada do método científico, muitas vezes por influência, segundo Lemke (1993), de currículos de ciências na escola básica que apresentam “materiais e experiências cujas únicas conexões com a ciência do trabalho são por meio de uma cadeia leve de semelhanças abstratas que só podem ser construídas de trás para frente” (LEMKE, 1993, p. 4).

Criar imagens de uma metodologia experimental com um formato peculiar e único, pode sugerir como algo infalível e como algo que passa a ideia de uma certa neutralidade, de tal forma que pode vir a criar obstáculos epistemológicos de como os estudantes entenderão e conceberão a ciência.

A seguir são apresentados alguns apontamentos relativos à simplificação das metodologias científicas, enquanto técnica experimental, ensinado como método experimental no LabD.

- De acordo com Hodson (1994), algumas representações equivocadas em relação ao laboro com o método científico como uma espécie de algoritmo universal e rígido de descoberta científica, representação equivocada, pois na transposição didática passou-se uma visão simplista e equivocada de como é o contexto de produção científica e criação dos saberes sábios.

- Representa-se um suposto método científico, segundo Kuhn (2013) e Hacking (2012), com um certo indutivismo ingênuo, que se inicia com a observação, constitui um equívoco ao ignorar que o observador pensa a respeito de como proceder a observação de uma fração da natureza, o qual é delimitado por teorias, leis e modelos, portanto o observador não observa de forma neutra e sim sob a ótica das suas concepções.

- A representação no ensino de ciência na escola básica de que o método científico é indutivo constitui outro equívoco alerta Hodson (1994). Portanto, o LabD deve superar tais aspectos de empiricismo e promover o caráter construtivo e inventivo do conhecimento. No LabD, muitas vezes se pratica um tipo de indutivismo ingênuo de descobertas ou verificação de leis.

- Apresentação do conhecimento como acumulativo e linear, trata-se de outra distorção derrubada pela história da ciência, pois no sentido kuhniano um paradigma será substituído por um novo e sem um sistema de conversão, e que resolva um número maior de problemas. Assim, quanto mais falseável no sentido popperiano, melhor. Argumento da ciência como uma construção humana.

- Outro equívoco é representar o conhecimento científico como definitivo, pois, Kuhn (2013) já ensinou que um paradigma é substituído por outro e, Popper (1985) também afirmou que vale este modelo até ser falseado e substituído pelo próximo. Afinal, os modelos que explicam porções da natureza são invenções, e estas podem estar equivocadas, exageradas ou completamente erradas.

O debate em torno da relevância do LabD remonta desde a década de 50, com os adventos dos projetos como PSSC, e com uma proposta similar surgiram outros grandes projetos de reforma curricular como o de Havard Physics Project também nos Estados Unidos da América, o da Fundação Nuffield na Inglaterra, e no Brasil, patrocinado pela *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO), o Projeto de Ensino de Física (PEF) da Universidade de São Paulo, com destaque na elaboração de materiais e atividades experimentais.

A inferência da influência do PSSC no ensino de física do Colégio Estadual do Paraná surgiu dos documentos investigados que demonstraram um protocolo de práticas demonstrativas, com uma proposta de reprodução de roteiros de forma automatizada e informativa, com pouca interação por parte dos estudantes. A concepção de experimentação na qual os roteiros de experimentação eram construídos, por tradição na sua estruturação e metodologias assemelhavam-se com a mesma racionalidade proposta pelo projeto PSSC. Será mostrado conclusivamente o protocolo tradicional do uso da experimentação do LabD de Física, com a delimitação para análise documental dos arquivos do laboratório do CEP, em torno da segunda lei de Newton trabalhada no laboratório até meados dos anos 2000 e que replicavam um roteiro de laboratório proposto originalmente nos manuais dos tempos do PSSC.

Na próxima subseção, trata-se da utilização convencional da experimentação no laboratório didático tradicional por muitas décadas do Colégio Estadual do Paraná, cujos resultados em parte foram apresentados no IV Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnológica (IV CIECITEC), realizado em 2017, em Santo Ângelo no Rio Grande do Sul. Os comentários tornam-se pertinentes, uma vez que a referida pesquisa contribuiu para delimitar o problema complexo e local da noosfera de ensino de Física no CEP, além de orientar o primeiro ciclo da pesquisa desta tese, com o desenvolvimento dos primeiros princípios do design de ensino que resultou da nossa pesquisa-aplicação.

2.2.1 A Tradição do Laboratório Didático do Colégio Estadual do Paraná

Há de se destacar que o trabalho de Muchenski (2017) encontrou nos arquivos do laboratório de Física do CEP roteiros dos catálogos da empresa Otto Bender (já extinta), do projeto do Physical Science Study Committe e dos catálogos da empresa Azeheb, todos possíveis influenciadores da base epistêmica e metodológica do LabD e dos professores da noosfera do ensino de Física do colégio. Esses roteiros caracterizaram a experimentação como uma cópia ruim, simplificada da realidade da natureza e prática da ciência profissional, além de estabelecer proposta de ensino de inspiração na teoria behaviorista de aprendizagem. Essa tradição no protocolo de um viés de experimentação de cunho exclusivamente informativo, demonstrativo, automatizado, não problematizado e tampouco contextualizado, manteve-se ao longo de décadas, apesar da evolução dos aparelhos tecnológicos e dos diversos trabalhos em termos de processos de ensino e aprendizagem com significação dos saberes da ciência.

As práticas experimentais do laboratório de Física do CEP foram influenciadas pelo movimento que aconteceu no Brasil, a partir da década de 1960, com o decreto federal n.º 9.355 em junho de 1946, em que o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC), buscava aperfeiçoar a formação científica dos estudantes da escola de nível médio.

A iniciativa do IBECC, com apoio da UNESCO, acompanhou os projetos norte-americanos, os quais ao investigarem seus jovens estudantes com escolaridade equivalente ao ensino médio, através dos membros da National

Science Foudation, perceberam na formação dos estudantes a falta de conhecimento básico em Matemática, Física, Química e Biologia. Diante disso, foi que os EUA buscaram, por exemplo, a reformulação do ensino de Física, através de uma força tarefa a partir de 1956, formado por professores universitários do Massachusetts Institute of Technology (MIT) e professores de escolas de nível médio, para formarem o Physical Science Study Committe, com esforços mútuos de cientistas, professores, técnicos em filmagem, fotógrafos, escritores, psicólogos e outros.

O projeto foi uma tentativa de contraponto ao ensino exclusivamente teórico, pois o PSSC propunha a inclusão também da experimentação, além da elaboração de material didático e produção de videoaulas, enfim um conjunto de ações para melhorar a educação científica dos jovens estadunidenses. Outros grandes projetos curriculares acompanharam essa iniciativa do PSSC, como o da Fundação Nuffield, na Inglaterra, o Havard Physics Project também nos Estados Unidos e o Projeto de Ensino de Física da Universidade de São Paulo, no Brasil. Este último foi patrocinado pela UNESCO e também dava ênfase à elaboração de materiais e atividades experimentais.

Na noosfera de ensino de Física do CEP não foi diferente, a concepção de experimentação na qual os roteiros de experimentação eram construídos, assemelhavam-se à racionalidade do projeto PSSC. Diante disso, podemos apontar como exemplo do protocolo tradicional do uso da experimentação do LabD de Física, a experimentação da Segunda lei de Newton que se trabalhou até o início da década de 2000, com o mesmo roteiro de laboratório dos manuais originais dos tempos do PSSC. Apesar da pluralidade de estudos de outras formas da utilização do LabD, durante décadas no CEP permaneceu o protocolo convencional de construção de roteiros das práticas experimentais, que se inspiraram em teorias behavioristas de base skinneriana, manifestadas, por exemplo, com construções de guias instrucionais similares ao método Keller.

Os trabalhos do Padre Aloysio Vienken (1966) ajudaram a conhecer mais sobre a história do laboratório de Física do CEP, pois eles apontaram uma expectativa de melhoria do ensino de Física com a experimentação alinhado com o projeto do PSSC. O padre Vienken percorreu regiões do país para promoção de cursos de formação para utilização da experimentação, através da empresa Otto Bender com o laboratório itinerante de demonstrações experimentais.

O movimento ao qual o Pe. Aloysio Vienken fazia parte, contrapunha-se à proposta de ensino brasileira, de viés informativo por meio da transmissão de conteúdo, cujos livros-texto adotados pelas instituições de ensino, limitavam-se exclusivamente ao seu papel propedêutico, pois tinham o foco na preparação para os concursos vestibulares. Limitava-se a uma forma de ensino de física a partir de um amontoado de fórmulas matemáticas postas para memorização e, sequências de problemas matemáticos para treinar o aluno em uma perspectiva behaviorista. Era, portanto, uma proposta de ensino que não promovia o formalismo da linguagem físico-matemática, mas sim, conforme Zanetic (1989), um tipo de “formulismo”.

Apesar na iniciativa virtuosa do movimento de implementação de experimentação, desde as andanças do Pe. Vienken pelo país, a sua inserção no LabD, em princípio, alinou-se ao behaviorismo de Skinner (FERRARI, 2008)⁷, além de também falhar na transposição didática de algumas características da mentalidade do Positivismo que, supostamente, era da natureza e da prática da ciência profissional.

Essas Características do Positivismo são mencionadas por Hacking (2012):

- (1) Ênfase na verificação (ou alguma variante dela, como a falsificação): proposições significativas são aquelas cuja verdade ou falsidade podem ser determinadas de alguma forma; (HACKING, 2012, p. 107).
- (2) Desprezo por explicações: as explicações podem ajudar a organizar os fenômenos, mas não apresentam respostas para questões de por que, exceto quando dizem que os fenômenos regularmente ocorrem de tal forma. (HACKING, 2012, p. 108).
- (3) Antientidades teóricas: os positivistas tendem a ser não realistas, e isso não apenas porque restringem a realidade ao observável, mas também porque são contra as causas e duvidam das explicações. (HACKING, 2012, p. 108).

As duas primeiras características pontuadas por Hacking (2012) são as limitações impostas pela transposição didática da metodologia científica para o ensino, pois ocorreu a simplificação e mitificação do chamado método científico, que produziu um certo indutivismo ingênuo que empobreceu o processo em si da técnica experimental, além da sua condução conforme a teoria de aprendizagem de caráter

⁷ O enfoque do behaviorismo de Skinner ainda se faz presente, por exemplo, em cursos de jovens e adultos que apresentam cursos em módulos, basicamente seguindo o método Keller inspirado no método das aproximações sucessivas de Skinner, cursos de ensino à distância, cursos de inglês online e cursos preparatórios para vestibulares e, atualmente, nas plataformas alicerçadas na chamada tecnologia de aprendizagem adaptativa. No cotidiano de sala de aula, na prática pedagógica, vivenciamos professores conscientemente ou inconscientemente praticando o behaviorismo de Skinner quando reforça alguns comportamentos, com a intenção através de discriminação de algumas respostas e aproximações sucessivas obter a resposta terminal almejada.

mais comportamental, a qual percebe o estudante como um organismo governado por estímulos ambientais externos e, nesta perspectiva, se ignorou por completo sua parte de cognição.

Há de se destacar que não é uma crítica à Escola Positivista a partir de Augusto Comte, mas sim da tentativa equivocada da TD de tais características da mentalidade positivista, pois foram transformadas, simplificadas e incorporadas enquanto forma de se ensinar o método experimental. Um ensino de base behaviorista de abordagem skinneriana, inclusive por assemelhar-se à proposta de Fred Simmons Keller⁸ através do sistema de instrução programada, modelagem ou método de aproximações sucessivas, o chamado método Keller.

A proposta de ensino de base comportamentalista aparece nos chamados “kits” de experimentação com seus respectivos manuais e as lacunas para serem preenchidas conforme a instrução programada. A experimentação tinha o viés epistemológico de que os estudantes redescobrissem a ciência, além dos aspectos de comprovação de leis da física com o princípio da verificabilidade. “Assim, o pensamento de Hume é o lugar em que começa o critério de verificabilidade que intencionava distinguir o *nonsense* (a metafísica) do discurso dotado de significado (a ciência, principalmente)” (HACKING, 2012, p. 111). Porém, a simples presença do LabD e da experimentação com a proposta de acrescentar cor, contraste, curiosidade de objetos não usuais e eventos distintos “é sedutor! Além de evidente, é um empirismo colorido. Não é preciso compreendê-lo, basta vê-lo. ” (BACHELARD, 2013, p. 37). São capazes de melhorar o processo de ensino aprendizagem? Ou atrapalhar ao criar obstáculos epistemológicos com a sedução pela imagem colorida que bloqueia a razão e a possibilidade de pensar o experimento?

Por fim, a terceira característica das entidades teóricas, conforme Hacking (2012), prejudicou o desenvolvimento do realismo científico das entidades teóricas, pois o laboratório não pode restringir-se ao que é observável, tendo em conta que muitas entidades teóricas se tornam mais reais na medida em que são medidas e visualizadas nos instrumentos do laboratório. Exemplificando: ao medirmos a tensão elétrica a que um resistor elétrico está submetido, mas que

⁸ Fred Simmons Keller foi um dos responsáveis pela introdução dessa metodologia no Brasil em suas passagens pela Universidade de São Paulo e Universidade de Brasília. Originalmente, foi professor na Universidade de Colúmbia por 26 anos.

podemos visualizar em um voltímetro o quanto de energia foi necessária para transportar um coulomb de carga, ou a teoria cinética dos gases que associamos com o conceito de temperatura e, cujo significado e realismo, aumentam ao visualizarmos um número em um termopar ou ao verificar o termômetro em um calorímetro sob a teorização das leis da termodinâmica.

No CEP implementou-se a experimentação com priorização da parte empírica em que foi “tão agradável para a preguiça intelectual limitar-se ao empirismo, chamar um fato de fato e proibir a busca de leis!” (BACHELARD, 2013, p. 37), que produziu imagens do LabD na escola de uma representação ingênua e única da pluralidade dos métodos científicos, representado como algo infalível e, que o cientista que segue tal metodologia realiza provas científicas e extrai da natureza leis e teorias, que estavam escondidas e prontas para serem descobertas.

O IBCEC ao acompanhar o movimento iniciado pelo PSSC, propôs um curso de capacitação de professores na década de 60, com a intenção de formação de professores para que se tornassem multiplicadores e difundissem a proposta alinhada com o PSSC por todo o país. A investigação mostrou circunstancialmente que os professores do CEP foram influenciados pelo novo modelo de se ensinar ciências, em particular para o ensino de Física, pois no acervo do laboratório de Física foram encontrados aparatos experimentais produzidos através da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), fundada em 1966, além das caixas de experimentação Otto Bender com os manuais alinhados com o PSSC.

A contribuição da atividade experimental tradicional existiu no sentido dos estudantes, talvez, adquirirem algumas habilidades e técnicas em termos de manuseio dos aparelhos experimentais, mas no sentido de seguir uma receita sem problematização e tampouco algum contexto ou até pretexto para a aprendizagem de um saber científico. Um modo de ensino de Física que “ao reviver a psicologia dos observadores iludidos, vamos constatar a implantação de uma era de facilidade que retira do pensamento científico o sentido do problema”. (BACHELARD, 2013, p. 36).

Uma proposta de ensino de ciência que negligenciou o aprender dos conceitos científicos e que se limitou, de forma discutível, à promoção dos estudantes adquirirem algumas habilidades motoras no manuseio do equipamento experimental, oferecendo uma “falsa” facilidade de realização científica passando a

impressão que se seguido aqueles passos definidos por um guia os estudantes chegariam às mesmas conclusões que os cientistas.

Por exemplo, estudantes aprendendo a utilizar material de laboratório ou técnica de laboratório específica, realizando uma série de observações e medidas de fenômenos previamente determinados pelo professor, são levados por um indutivismo ingênuo à crença de que descobrirão ou formularão uma lei a partir de proposições de observação de um determinado fenômeno. Tal entendimento com relação aos dados coletados durante as observações e medidas é ingênuo em assumir que os dados são imediatos, na perspectiva de que são lidos diretamente da amostra de mundo observada e, que não são problemáticos.

Diante disso, a pesquisa de Muchenski (2015) mostrou que não existiu evolução didático-metodológica em relação às orientações para a execução das práticas experimentais em torno da segunda lei de Newton - evidências a partir das comparações entre os documentos do PSSC e do CEP. Mesmo com a inovação tecnológica de muitos dos equipamentos do laboratório, por exemplo, com aparelhos interfaceados a partir de sensores aos computadores, os roteiros ainda privilegiaram uma concepção de ciência altamente automatizada, reprodutivista e informativa.

Episteme e métodos que não atendem aos avanços e concepções de ensino e aprendizagem que privilegiam a cognição, principalmente aquelas que procuram tratar da criatividade e curiosidade como norteadoras da construção dos saberes científicos. Compreendemos, portanto, que a experimentação do LabD do CEP precisava de reformulação, tendo em conta que a atividade experimental, como importante ferramenta na apresentação da Física, deve avançar em termos de sua relação epistemológica, ou seja, da concepção de comprovação científica, de demonstração de leis e teorias ou reprodução de modelos, deve sim evoluir para uma concepção de experimentação com características do pensar e fazer associados com a investigação científica.

A experimentação deve funcionar como um elemento que faz ressalvas à teoria, que pode validá-la parcialmente, mas não possui o status e nem o pressuposto de prová-la, tampouco deve ser dogmática e nem formar imagens de uma ciência pronta. Tal fato levou o mote da nossa pesquisa em desenvolver uma proposta de ensino teórico e experimental, que além da aprendizagem da técnica experimental também pudesse contribuir com a aprendizagem dos saberes da Física. Um design de ensino teórico e experimental com equidade no sentido

colocado por Bachelard (2009) e Bachelard (2013), apresentado em contextos problematizados e provocativos a alguma investigação, para que os estudantes tomem para si os problemas da disciplina, por existir conexão com o seu mundo da vida.

2.2.2 Demanda por Desenho de Ensino de Ciência com Experimentação

A investigação de Laburú e Silva (2011) aponta a crescente e sistemática produção de trabalhos, cujo escopo é da utilização da atividade experimental na educação científica. Esses trabalhos a partir de uma abordagem sistêmica apontam pontos fortes e fracos acerca da experimentação no LabD, por questões epistemológicas e metodológicas que favoreçam o nosso desenho de ensino, interessou-nos aqueles que ressaltam os pontos favoráveis, por exemplo, o ideário dos grandes projetos europeus, haja vista o trabalho de Sére (2002), que utiliza da experimentação no ensino de ciência nas suas diversas modalidades, além da vinculação das suas práticas e dos seus objetivos gerais em favor da educação científica em todos os níveis de ensino.

Sére (2002) defende a relevância da experimentação no laboratório, apesar do tema controverso, em termos das funções e/ou finalidades da sua utilização para incrementar o ensino de ciências. Enfim, “as potencialidades e funções do laboratório suscitam muitas reflexões e controvérsias, posto que seu papel sempre será uma questão polêmica para o ensino de ciências” (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 723).

Porém, além da controvérsia, interessa-nos o LabD e o seu potencial enquanto espaço de aprendizagem com significação, principalmente propostas de ensino por experimentação pautadas em teorias de aprendizagem cognitivista. Por exemplo, os trabalhos de Waldrip, Prain e Carolan (2006); Tytler, Prain e Peterson (2007) e Laburú e Silva (2011) defendem o laboratório de multimodalidade representacional e múltiplas representações, por incrementar as imagens que estudantes podem formar acerca dos saberes da ciência, além de aumentar no ideário deles o seu realismo científico no sentido de Hacking (2012). Uma vez o ideário alargado, poderá potencializar o discurso científico dos estudantes, na medida em que passam a integrar sua forma de comunicação e negociação a

respeito de temas da ciência e da tecnologia, pois segundo Waldrip, Prain e Carolan (2006), devemos esperar dos estudantes: habilidades que permitam transitarem com um certo formalismo e uma interação não leiga a partir das múltiplas representações dos conhecimentos científicos.

Múltiplas representações significam as diferentes formas de percepção semiótica de determinado conceito científico, podem ser obtidas a partir da multimodalidade representacional, ao permitir diferentes meios de apresentação dos saberes científicos. Por exemplo, o modo de representação a partir dos “modelos-réplica” de Dutra (2005), em razão de oferecerem aproximação com situações reais e, também, pela sua exigência de que estudantes pensem a experimentação para a delimitação de um certo fenômeno, para a aplicação, por exemplo, de leis e teorias. Além de que a utilização dos modelos-réplica implica especular de forma complexa, a partir das ferramentas da linguagem físico-matemática, o fazer e pensar a experimentação no sentido de Hacking (2012). Os modelos-réplica não se limitam à similaridade do modelo como ícone ou imitação de um sistema físico, mas sim da plausibilidade de aplicar um conjunto de leis para um sistema físico real idealizado nele. Portanto, o sistema real pode acontecer em certas condições de contorno. Eles não se limitam a interpretar a teoria ou dar significado aos cálculos, mas sim contribuir na sua formulação ou retificação.

Portanto, apesar de existir quem afirme a ineficácia do laboratório no ensino, preferimos tomar parte daqueles cujo o discurso o colocam como auxílio fundamental na sala de aula de ciência. Por exemplo, Laború e Silva (2011), a despeito das críticas, preferem a utilização da experimentação como instrumento de ensino, quando usam do “laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional” (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 721), cuja atividade experimental disponibiliza diversos aparatos experimentais, nos quais determinado saber científico é disposto em contexto e com problematização, e o estudante ao investigar o saber científico em cada aparelho experimental, poderá formar a partir da multimodalidade representacional, múltiplas representações acerca desse saber.

À defesa da experimentação e do laboratório por Laború e Silva (2011) cabe uma reparação de nível funcional, basta ver que o encargo do LabD e da experimentação não é de auxiliar, mas sim desempenhar o papel de protagonista juntamente com o corpo teórico à educação científica, sem hierarquia entre o

racional e o empírico, ou seja, não deve existir em uma proposta de ensino a separação entre teoria e prática experimental, mas sim a coexistência e equidade das partes.

Por que separar o ensino teórico e experimental na educação científica? Se é possível entrelaçar ambos em uma proposta de ensino de Cultura de Laboratório, de tal forma que não limite o laboratório como um espaço complementar em uma perspectiva de auxílio, mas sim que integre a experimentação como parte em equidade com o aporte teórico. Assim, para o desenvolvimento do design de ensino teórico e empírico, buscou-se trazer imagens da natureza da ciência e da prática científica profissional, pois no laboratório da ciência trabalhadora há um “conjunto de abordagens e atitudes em relação a informações, ideias e procedimentos considerados essenciais para os praticantes da ciência” (HODSON, 1994, p. 303), que podem auxiliar da forma que desejamos representar a ciência na EB.

Por outro lado, trata-se de movimento arriscado, pois pode reforçar a crença em que designers de currículos escolares muitas vezes se baseiam, como o mito exemplificado por Hodson (1994), de que estudantes prefeririam idealizar imagens associadas aos cientistas, quando nas suas práticas científicas “adotam uma postura de objetividade livre de valores e teoricamente livre de preconceitos, imparcialidade e uma vontade de considerar outras ideias e sugestões evitando fazer julgamentos precipitados” (HODSON, 1994, p. 303). Diante disso, é necessário para implementar um desenho de ensino com objetivos de valorizar o pensar e fazer na fabricação da ciência, examinar as seguintes questões:

1. As práticas de laboratório que oferecemos na escola podem estimular essas atitudes?
2. Essa imagem de ciências encorajará os alunos a escolherem cursos de ciências?
3. Os verdadeiros cientistas possuem essas características? (HODSON, 1994, p. 303).

Hodson (1994) questiona: o que realmente os estudantes esperam das atitudes dos cientistas? Portanto, faz-se necessário conhecer mais sobre como os estudantes enxergam os trabalhadores da ciência e os seus laboratórios, pois imagens idealizadas podem constituir obstáculos epistemológicos por se afastarem muito da realidade da natureza e prática científicas. Realmente parte dos estudantes esperam uma postura objetiva, neutra e sem preconceitos dos cientistas, uma

“aparente supressão da individualidade destacada pelo ideal estereotipado de atitudes científicas (a imagem fornecida pelo Sr. Spock da nave *Enterprise*)” (HODSON, 1994, p. 303).

À frente disso, o design de ensino deve propor-se a desconstruir possíveis mitos de uma certa imparcialidade desinteressada do cientista, tendo em vista que os trabalhadores da ciência são influenciados por contextos sociais, filosóficos, históricos e, até mesmo, políticos e econômicos, que permeiam a prática e a natureza da ciência. Outro viés é o de proporcionar aos estudantes o vislumbre de que trabalhadores da ciência se assemelham a eles, quando são:

[...] atenciosos, sensíveis, divertidos e apaixonados, bem como diligentes e persistentes. Ou, mais importante, eles precisam perceber que as pessoas que são atenciosas, sensíveis, divertidas e apaixonadas podem se tornar cientistas. (HODSON, 1994, p. 303).

Por fim, em relação às questões colocadas por Hodson (1994), o design de ensino precisa contribuir com o letramento científico do estudante, para ele enfrentar um mundo que exige dele conhecimento do pensar e fazer científicos presentes na prática e na natureza da ciência, até para reconhecer contextos em que ele consiga diferenciar o que é consenso científico do que é negação da ciência, tão importante em tempos que surgem movimentos e discursos contra o consenso científico, que beiram o nonsense.

Outro aspecto em relação à proposta de ensino é em termos das avaliações, em uma organização de ensino que prioriza processos de ensino e aprendizagem dos saberes científicos com significação, exige uma adequação entre a imersão dos estudantes em nuances do pensar e fazer da ciência e o sistema avaliativo, pois agora a busca do sistema instrucional não são as chamadas “resposta corretas” no sentido de Hodson (1994) e Moreira (2014). Trata-se de uma outra realidade de sala de aula que exige uma outra forma avaliativa, que valorize, por exemplo, processos desenvolvidos por estudantes em projetos de investigação científica, ou então avaliar ampla discussão em equipe em relação a questões abertas apresentadas na forma de problematizações, ou até produções na forma de seminários, vídeos de divulgação científica e podcast. Diante disso, na pesquisa-aplicação e nas reflexões que surgiram existem algumas das características que ajudaram a definir a forma e a essência do design da Cultura de Laboratório, inclusive corroborados com outras características, por exemplo, por referenciais psicanalíticos:

Que buscam métodos alternativos de avaliação dos estudantes mais apropriados às características pedagógicas desenvolvidas em ambiente de laboratório. Outros buscam identificar as dimensões do interesse, analisando o benefício de um experimento em termos dos resultados das atitudes dos alunos frente a um estilo de instrução mais aberto e questionador, se comparado a um estilo expositivo e mais fechado. Incluem-se, ainda, os que buscam as diferentes percepções dos alunos e professores a respeito do propósito do laboratório e que comparam o planejamento das atividades práticas com as razões para esse planejamento. (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 723).

Temos, também, a preocupação em como avaliar um método de ensinar ciência que busque alguma semelhança com a pesquisa da ciência profissional, incluindo também o caráter interdisciplinar e transdisciplinar, tendo em conta que problemas complexos não se limitam na fronteira da componente curricular, de tal forma que incluímos no desenho da proposta de ensino a utilização das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) de Fourez (1995), à medida que seus princípios podem contribuir para a arquitetura da proposta de ensino teórico e experimental da Cultura de Laboratório, até por alinhar-se, nesses termos, a Bachelard (2009 e 2013) e Hacking (2012).

Projetos de pesquisa científica e reformulação da função da experimentação no laboratório podem auxiliar na elaboração das representações dos conceitos científicos pelo estudante, por tratar-se do aperfeiçoamento do perfil epistemológico desses no seu ideário e, com o conseqüente alargamento da sua racionalidade. Os diferentes modos de representação e o inquerir, a que se referem Laburú e Silva (2011), podem implicar que os estudantes inseridos na Cultura de Laboratório, adquiram a característica do desenvolvimento do discurso científico, da forma de representar, de raciocinar e, também, do inquerir científico. Em termos das “ampliações” ou “alargamentos” da racionalidade, traz -se Paty (2003):

Sabemos, em muitos casos, que os conhecimentos realmente novos surgem ao destronar certas ideias admitidas anteriormente como evidentes em nome do senso comum (por exemplo, na matemática ou na física, das geometrias não euclidianas até a física quântica, e também em outras disciplinas como a biologia evolucionista ou a biologia molecular etc.). Uma vez assimiladas e plenamente compreensíveis, tais ideias passam a ser ensinadas e até divulgadas, atingindo o grande público e, simultaneamente, servem de base para se avançar na direção de outros conhecimentos ainda mais inovadores. Um novo “senso comum” foi reconstituído a partir delas, diferente daquele que o precedeu, mas exercendo a mesma função para a compreensão e a comunicação. Deste modo, o senso comum é enriquecido pela assimilação dos conhecimentos científicos e, de maneira geral, pela experiência humana. (2003, p. 10).

Hacking (2012) mostra um caminho para formar diferentes modos de representação de conceitos científicos com a utilização da linguagem físico-matemática, gradativamente, desde as formas mais simples de geometrização até formas mais elaboradas do cálculo e de outros articuladores, em que a subjetividade do estudante passa por objetivação, com atividades experimentais apresentadas em diferentes contextos problematizados próximos das suas vivências cotidianas, em diferentes níveis de dificuldade, processo no qual o estudante ganha confiança como experimentador, pois ao manipular e pensar o experimento articula cálculos matemáticos, tabelas, gráficos e consegue reconhecer anomalias da experimentação.

Mas, e o papel do professor no LabD? É de buscar os contextos da fabricação dos objetos da ciência e da tecnologia, além de trazer para a sala de aula, por meio de TD, a interpretação do mundo real feito pelo cientista e as leis e teorias que procuram explicar parcialmente esse mundo, um saber científico na forma de modelos parciais e de aproximação do mundo real a serem ensinados na ciência escolar. Enfim, modelo no saber ensinado deve responder a muitas necessidades: “ele deve ter coerência interna, deve manter ligações com o real, deve fornecer um quadro interpretativo e deve ser susceptível de decomposição, permitindo apresentar um processo de reconstrução”. (PIETROCOLA, 2000, p. 106).

Para auxiliar na transposição didática do saber a ensinar para auxiliar nas diversas formas de representação dos estudantes, deve-se ir atrás do saber sábio, em termos epistemológicos, filosóficos e históricos do contexto científico em que foram produzidos tais saberes. As histórias da fabricação do saber sábio auxiliarão na forma pela qual os estudantes representarão os conceitos científicos e “se os mesmos conceitos forem estimulados em variados modos e formas de representação, tal ação contribui para a ocorrência de apropriações conceituais mais profundas e permanentes” (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 724). Basta ver que, em termos culturais, uma pessoa com educação científica possui a capacidade de esgotar parcialmente os modos de representar um tipo científico, uma evidência forte de aperfeiçoamento do perfil epistemológico acerca desses conceitos científicos, que garantem o alargamento da racionalidade do estudante, no sentido de Paty (2005).

Para identificar a evolução do perfil epistemológico dos estudantes em termos de como representa o tipo científico, pode ser a partir de como utiliza as ferramentas da linguagem físico-matemática para especular a complexidade associada ao saber científico, ou também, na forma como consegue manipular e associar com outros saberes pertencentes ao mesmo bloco de conteúdo. Mas, também os aspectos de como manipulam e compreendem o saber científico em diferentes aparelhos experimentais.

Outro viés, de suma importância, está na forma como estudantes com a racionalidade alargada podem adquirir alguma especialização, desde avaliar um conserto de aparelho tecnológico, por exemplo, ao se comunicar com um técnico ou especialista durante a avaliação de um possível conserto. Tendo em conta que:

Os conhecimentos científicos se fazem presentes no cotidiano, tanto através de objetos e processos tecnológicos que permeiam as diferentes esferas da vida contemporânea quanto pelas formas de explicação científica, com a disseminação de suas tecnologias e a divulgação fragmentada de seus resultados e modelos explicativos. Tais produtos, mais do que seus processos, são fontes de validação ou questionamento de decisões políticas, econômicas, e de até de 'estilos de vida'. (ANGOTTI, 2015, p. 8).

Por fim, mais não menos importante, pode fazer parte da qualificação do senso comum reconhecer os contextos da produção desses saberes científicos, o que representaria o aumento do realismo científico dos saberes e personificaria os trabalhadores da ciência que se envolveram na produção desses objetos da ciência e da tecnologia. Em síntese, na pesquisa-aplicação que pauta este trabalho e que serviu de base para seguirmos os estudantes nas suas vivências, para investigarmos manifestações de estudantes nas formas descritivas, figurativas e de gestos performáticos que muito possivelmente podem vir a embasar a comunicação e o discurso científico desses alunos, podendo caracterizar evidências fortes da segurança conceitual dos tipos científicos quando são empregados, por exemplo, para sustentar posições e argumentar em favor ou contra determinado fato científico.

2.3 DESIGN DE ENSINO PARA AMPLIAR A CULTURA GERAL

A ciência profissional é um construto humano aproximado e provisório, cujo processo investigativo de “quebra cabeças” kuhnianos une aspectos de pensar e fazer, teoria e prática, constantes conjecturas, formulação de hipóteses,

especulações, experimentação, criação de modelos explicativos, discursos científicos, divulgação na forma de publicações, interação entre comunidades científicas, controvérsias entre pesquisas concorrentes, fomento para linhas de pesquisa e, o elemento que permeia toda esta mobilização, a delimitação de problemas e a apresentação de possíveis caminhos para sua solução. Atividade científica cuja natureza é rica em processos de interação, investigação, criação, produção e com histórias de sucesso e fracasso, permeadas de epistemologia e filosofia próprios.

Nesse contexto da produção do saber sábio, há um constante trabalho teórico e experimental, e que pode ser transposto didaticamente na Cultura de Laboratório, com a evolução do LabD como um dos seus elementos culturais, com o incremento das interações, dos discursos científicos, das modelagens, dos processos, do *modus operandi* dos pesquisadores, enfim o movimento cultural que faz parte do pensar, do fazer, do inventar e do imaginar na noosfera de investigação de problemas.

Diante disso, por que se apresenta na escola a ciência como um conjunto institucional de verdades? Na educação científica convencional é assim, representa-se a noosfera do saber sábio de forma falseada, uma verdadeira justaposição de descobertas por personalidades mitificadas, os gênios da ciência, a partir do mundo real, no qual descobriram leis, teorias e modelos científicos transformados em fatos e, assim, informados na escola para serem memorizados e replicados.

De certa forma, promove-se a imagem de ciência como uma farsa! Cria-se a ideologia de ciência neutra, verdadeira, infalível e distante dos seus pressupostos históricos, filosóficos e sociais. Em sala de aula, o saber ensinado, mas talvez não aprendido, é de caráter automatizado e panfletário, pautado por técnica de memorização e reprodução, cujo sucesso do estudante baseia-se no quanto é capaz de replicar avaliações as “respostas corretas” (MOREIRA, 2014, p. 2), relativas às verdades memorizadas.

Mas, por que propostas de ensino de ciência afastam-se da cultura científica? Oliveira (2012) aponta que a forma de divulgação científica da noosfera de produção do saber sábio, pode constituir um problema para a TD para o ensino, haja vista que restringe-se aos periódicos especializados, cujo público alvo são outros cientistas que se interessam pelos mesmos temas, de tal forma, conforme alerta Zanetic (1989), sua comunicação afasta-se da cultura popular, até por falta de

preocupação dos cientistas em adaptar a linguagem e as suas tecnicidades para serem melhor compreendidas por pessoas do povo, entre elas professores da escola básica.

Por outro lado, defendemos que os produtos da ciência e da tecnologia, mas também seus procedimentos metodológicos devem, ao menos parcialmente, chegar de forma fidedigna por meio de processos de ensino e de aprendizagem aos estudantes, pois conforme Borges (2012), contribui com a formação do cidadão, a compreensão e a utilização da ciência e da tecnologia nos coletivos sociais. Nestes termos há urgência, salientado na Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), do letramento científico:

Na área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais da ciência. Em outras palavras, apreender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania. (BRASIL, 2017, p. 273, grifos originais da obra).

A urgência à educação científica é constantemente reforçada em documentos oficiais nacionais e internacionais. Por exemplo, a UNESCO orienta acerca da cultura científica e do ensino de ciência, ao entrelaçar questões de CTS, instituições escolares, a formação dos professores e o potencial de desenvolvimento econômico e científico.

Capacidade em ciência e tecnologia é um elemento chave no desenvolvimento econômico e social. Promover a educação científica a todos os níveis de escolaridade e alfabetização científica na sociedade em geral é um alicerce fundamental para a construção de capacidade de um país em ciência e tecnologia. A educação científica tem sido uma prioridade para a UNESCO desde sua criação.

Ciência, tecnologia, engenharia e educação matemática (STEM) são importantes para o desenvolvimento, assim como para os países desenvolvidos, para aumentar a consciência pública, compreensão e respeito para com a alfabetização em engenharia, ciência e tecnologia, e também para permitir aos países em desenvolvimento a criar uma massa crítica de cientistas, pesquisadores e engenheiros que lhes permitam participar plenamente na economia global. Particular ênfase é dada para encorajar os jovens, especialmente jovens, para prosseguir uma carreira científica. [...] (UNESCO, acessado em 12/06/2016).

E, particularmente, diretrizes da UNESCO no mesmo sentido da educação científica para o Brasil.

O grande desafio do país é fazer com que os investimentos realizados no ensino de ciências cheguem cada vez mais de forma homogênea à população e possam efetivamente melhorar a sua qualidade de vida. [...] A UNESCO tem importante papel a desempenhar no avanço da educação científica, e também na política de Ciência e Tecnologia. Particularmente, iniciativas devem ser implementadas com vistas a fortalecer o ensino científico nas escolas do ensino fundamental e médio. De conformidade com a Conferência Mundial sobre Ciência de Budapeste, a UNESCO deverá apoiar os esforços nacionais que visem promover a inclusão social por meio de estratégias para o uso da informação em Ciência e Tecnologia. (REPRESENTAÇÃO DA UNESCO NO BRASIL, acessado em 12/06/2016).

Portanto, nos documentos oficiais está posto, mas quando se iniciará a educação científica de forma contundente e ampla na escola básica brasileira conforme a diretriz da UNESCO e da menção na BNCC? A escola básica brasileira demanda por educação científica que contribua com a formação de estudantes, para compreender a força social de elementos técnico-científicos. Para agregar na formação dos estudantes a habilidade que Fourez (1995) chamou de *negociação*, pois a educação científica “deve possibilitar a incorporação de saberes que forneçam ao indivíduo a capacidade de negociar suas decisões diante de situações naturais e/ou sociais” (PINHEIRO, 2002, p. 2).

A característica negociadora do estudante poderá surgir com o tempo, na medida em que se torne investigador, por meio do estímulo em projetos de investigação científica, em que adquirirá uma certa *autonomia* em lidar com o conhecimento, a julgar por naturalizar-se e familiarizar-se com a literatura científica. Mas também, aperfeiçoar sua capacidade de *comunicação* ao compreender e se fazer entender com outros interlocutores, a partir do domínio da linguagem com teor técnico e científico adquirir suficiência para enfrentar situações problemáticas presentes nas vivências cotidianas, “pois conhecer implica tanto em poder, quanto em responsabilidade diante das situações”, (PINHEIRO, 2002, p. 2).

Inteirados dos processos de educação científica, cultura científica e divulgação científica, Fonseca e Oliveira (2015) e Oliveira (2012) renovam a urgência da reformulação de ensino de ciência, já ressaltado em outros tempos por Delizoicov (2001) e Zanetic (1989), para contribuir em termos de cidadania, e um dos alicerces seria a educação científica como um dos processos de democratização. Segundo Oliveira (2012), o público em geral deveria ter como parte do seu conhecimento geral, a cultura científica. E, a Cultura de Laboratório em termos instrumentais das representações dos saberes científicos, do discurso consistente e cinesia, caracteriza-se como movimento cultural. A CL nesse sentido

de contribuir com o letramento científico poderá compor a cultura científica e, assim, integrar-se à cultura geral dos estudantes.

Tal representação da educação científica como cerne da cultura e a utilização expandida para o conjunto da vida social, não foi sempre assim. Pelo menos até o século XIX, havia inúmeras razões apontadas de reticências de tomar a ciência como formação, pelo seu caráter cambiante, uma vez que havia sim preferência “as humanidades clássicas (grego, latim, histórica, retórica) continuaram preponderantes até o final do século XIX” (FONSECA; OLIVEIRA, 2015, p. 446).

Talvez houvesse uma resistência pela ciência, as chamadas naturais, por sua conotação também prática e de manuseio mundano com a inserção do componente experimental, que a colocava em uma posição menor em relação às outras áreas de conhecimento, de representação mais intelectualizada e elitizada. Até, mesmo da própria área das ciências naturais, em que perdurou muito tempo a separação por exemplo do físico teórico e do físico experimental.

Interessante ressaltar que as mesmas razões que faziam parte de se preferir as humanidades clássicas do “desenvolvimento das capacidades mentais, como raciocínio, observação, comparação, arranjo ordenado das ideias” (FONSECA; OLIVEIRA, 2015, p. 446), atualmente justificam o porquê da necessidade de uma formação sólida em educação científica. Portanto, a formação deve transitar pelas duas culturas (a cultura científica e a cultura humanística), como sugerido por Snow (1995). É necessário, portanto, construir pontes entre as duas culturas, para diminuir as barreiras que Snow (1995) menciona existir entre elas:

São dois grupos polarizados antiteticamente: os intelectuais das humanidades em um polo e, no outro, os cientistas. Entre os dois polos, um abismo de incompreensão mútua. Às vezes (especialmente entre os jovens), há ainda hostilidade e antipatia, mas acima de tudo, falta de compreensão recíproca. (SNOW, 1995, p. 4).

O livro *Duas Culturas e uma Segunda Leitura* de Snow (1995) aponta que tal distanciamento entre as culturas dá-se por preconceito mútuo que existe entre as partes, os literatos acreditam que os cientistas são demasiadamente otimistas, característica positivista da ciência, inconscientes da condição humana; por outro lado, os cientistas consideram os literatos completamente desprovidos de previsão, peculiarmente indiferentes ao seu semelhante, anti-intelectuais e ansiosos por restringir a ciência e a arte ao presente imediato.

Snow (1995) apresenta a partir da perspectiva intelectual e antropológica a cultura científica, pois os cientistas possuem atitudes comuns, padrões, formas de comportamento comuns, abordagens e postulados comuns e que reagem da mesma forma, que sem dúvida caracteriza uma cultura. Ainda, os cientistas com mentalidade positivista carregam o futuro dentro de si, colocando os limites da natureza como desafios, obstáculos que devem ser superados, dando à ciência um caráter de inacabada e que impulsiona o seu crescimento. É este viés cultural que se associa ao modus operandi dos que pensam e fazem ciência que podemos emparelhar com aspectos da episteme e método da Cultura de Laboratório, a partir da qual estudantes adquirirão algumas características como:

O raciocínio, o linguajar, a imaginação, o aparato conceitual, o sistema de informação, a metodologia, os instrumentos, os procedimentos, as instituições, a especialização, a hierarquização, as descobertas, as aplicações e suas potencialidades. (FONSECA; OLIVEIRA, 2015, p. 447).

A preocupação com a educação científica nas escolas brasileiras é antiga. Por exemplo, Anísio Spínola Teixeira (1900 - 1971) ocupa um dos lugares de destaque quando se pensa na educação pública brasileira por aqueles que a defendem em caráter humanista e progressista, visão de ensino público que Anísio Teixeira desenvolveu a partir da filosofia educacional e social progressista do norte-americano John Dewey (1859-1952), ao cursar Mestrado sob a orientação de Dewey em Educação no Columbia Teachers College entre 1929 e 1931. Teixeira ocupou posições estratégicas desde secretarias de educação e saúde, direção do Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos⁹ e, como presidente da Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (a atual CAPES), assim como um dos idealizadores e fundadores da Universidade de Brasília (UNB), da qual foi reitor.

Na sua publicação “Ciência e humanismo” (TEIXEIRA, 1955), enquanto diretor do Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos, dá o devido destaque ao que chamava de “espírito científico e o mundo atual” (TEIXEIRA, 2006), ao ressaltar o papel da ciência e sua importância na cultura, com o devido destaque ao espírito científico como antidogmático, autocrítico e democrático. Segundo Teixeira (2006), a abordagem heurística da ciência para as necessidades modernas associadas aos problemas humanos, necessitavam de um realismo científico na busca de soluções

⁹ Órgão do governo federal que durante a presidência de Fernando Henrique Cardoso, passou a ser denominado de Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira, ou INEP.

dos seus problemas, pois a partir da postura antidogmática e autocorretiva pode incrementar como movimento aprimorar valores dentro de uma cultura.

Teixeira (2006) reforça a profissionalização dos procedimentos de pesquisa, em particular na educação científica, com o espírito científico como componente da cultura geral, por isso defendia a inserção do ensino de ciências em todos os níveis de ensino. Sob uma perspectiva deweyneana ao admitir o conhecimento como um instrumento, em contraponto à mera erudição, mas sim no sentido de promover reflexões diante de problemas e sempre na busca de soluções e do desenvolvimento social.

Portanto, cabe à Cultura de Laboratório instrumentalizar os estudantes com o gênero de raciocínio de laboratório, para contribuir no sentido de perfil autônomo, antidogmático, autocrítico e autocorretivo, elementos fundamentais de alicerce de um espírito científico, de cunho humanista e progressista. Fonseca e Oliveira (2015) mencionam que Teixeira defendia a modernização das universidades, cuja estrutura via antiquada, por meio da inserção na estrutura da vida universitária a cultura científica e tecnológica como instrumentação de modernização e com viés progressista. Porém alertava que modernização dependia da melhoria da escola básica, por meio da formação dos professores. Portanto, era o esforço de Teixeira em duas frentes:

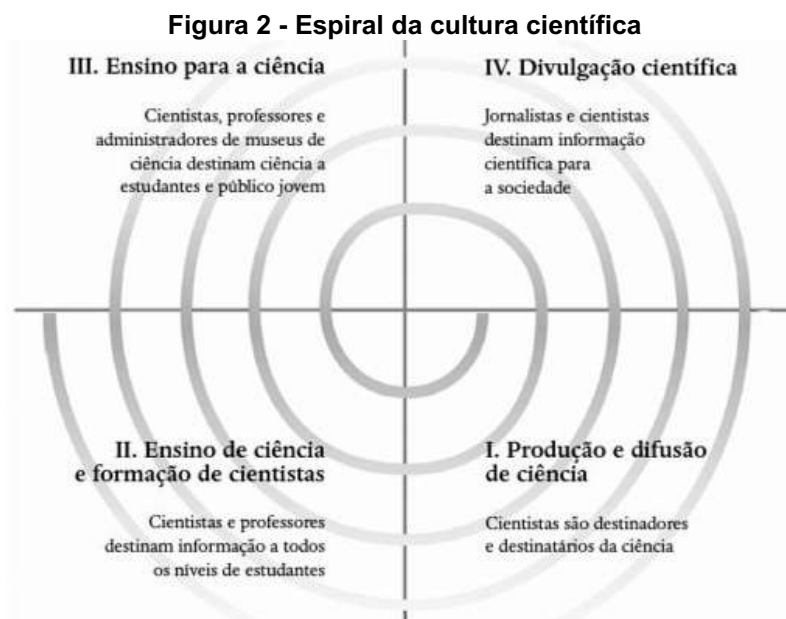
Na implementação do direito de todos a um ensino básico de qualidade e na reforma universitária que potencializasse a transformação da cultura e o desenvolvimento social. (FONSECA; OLIVEIRA, 2015, p. 452).

Em outro tempo histórico, Maurício Rocha e Silva (1910-1983), um dos fundadores da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), na publicação de “Ciência e humanismo” enfatizou que para superar “o atraso na mentalidade do país” teríamos que buscar inspiração nos avanços tortuosos da ciência pura (ciência experimental) e nos processos metodológicos da investigação científica. Foi contundente ao afirmar que no Brasil um dos entraves estavam dentro das universidades, na tradição dos professores catedráticos e sua resistência aos laboratórios de pesquisa, pura e experimental. Silva (1969) foi categórico em afirmar que a cultura científica era a evolução da cultura humanística e, tinha que segundo Fonseca e Oliveira (2015), “Na sua visão, era a investigação científica pura, que ele considerava ser a fonte de toda a tecnologia industrial, o que de fato revolucionava o mundo” (FONSECA; OLIVEIRA, 2015, p. 454).

Em tempos mais próximos, ressaltamos Carlos Alberto Vogt (1943-) em termos da cultura científica, este com viés mais contemporâneo e já conectado com questões de CTS. Formado em letras e doutor em ciências, entre inúmeros cargos do governo do estado de São Paulo, preferimos sua passagem como professor reitor da universidade estadual de Campinas e como editor-chefe da revista *Ciência e Cultura*, da SBPC. Segundo Fonseca e Oliveira (2015), a contribuição de Vogt (2003) é no sentido do entendimento sociológico e antropológico em relação à cultura científica:

Vogt incorpora a dimensão sociológica e antropológica ao tratamento da cultura científica, ou seja, destaca os processos de interação e regulação social, bem como a significação simbólica na constituição da ciência. Vista assim, a atividade científica engloba diferentes atores, características, audiências, instituições e estilos. A ênfase de Vogt é na comunicação e difusão do saber. Ele mostra como são limitadas e problemáticas as noções usuais de 'alfabetização científica', 'popularização/vulgarização da ciência' e 'percepção/compreensão pública da ciência'. (FONSECA; OLIVEIRA, 2015, p. 455).

A espiral da cultura científica de Vogt (2003) mostra que a pessoa nas suas iterações com contextos sociais, por meio da educação científica, ao regressar ao ponto final não coincide com o ponto inicial, “mas a um ponto alargado de conhecimento e de participação da cidadania no processo dinâmico da ciência e de suas relações com a sociedade” (VOGT, 2006, p. 25), pois quando se termina um ciclo da espiral não se retorna mais ao ponto inicial de partida, a racionalidade das pessoas foram ampliadas em termos de cientificidade. Até porque, segundo Vogt (2006), a cultura científica apresenta aspectos críticos e evolutivos. Pessoas pertencentes a esta cultura, possuem suas perspectivas e seus valores, e nas suas reflexões identificariam as limitações da ciência, a sua não neutralidade e não seriam ludibriados pelas mídias não especializadas e suas divulgações em caráter panfletário e mítico. O desafio para o design de ensino a partir da espiral de Vogt (2003):



Fonte: Vogt (2003).

Trata-se de um desafio, pois o segundo quadrante e o terceiro quadrante relativos ao ensino de ciência em nível superior e na escola básica e, tomado o corpo da cultura científica, esses dois quadrantes podem pautar-se no design de ensino de Cultura de Laboratório, a partir da transposição didática dos contextos de produção dos saberes científicos, nas escalas de saber a ensinar em termos universitários e o saber ensinado no nível da escola básica.

A expressão “cultura científica”, conforme Vogt apresenta, é um conjunto de discursos, instituições, práticas, artefatos, técnicas, crenças, posturas, valores e formas de vivenciá-los (*éthos*), de organizar os grupos e suas relações. A percepção da dinâmica cultural e de seus processos de resignificação ajuda a entender o empreendimento científico, mas há que reconhecer também que sua abrangência traz consigo certa imprecisão. (FONSECA; OLIVEIRA, 2015, p. 457).

Portanto, o termo *cultura* que está aderido ao termo *laboratório*, deve ir além da transposição didática do saber, mas também dos processos envolvidos no contexto da investigação científica, ao considerarmos o modo de raciocinar, de formar representações, de agir, de gesticular, de se comunicar e, de enfrentamento de problemas com um caráter investigativo com uma criatividade na apresentação de soluções, ou seja, aspectos que podem ser tomados do ponto de vista social e antropológico como culturais. Os indivíduos que passam a se sentir classificados nessa Cultura de Laboratório, mesmo em nível de ensino de escola básica, se sentirão em um movimento cultural e agirão alinhados com tal movimento.

Logo, não há mais tempo para o desconhecimento do que acontece nos laboratórios da ciência trabalhadora, pois conforme Postman (1994), a inserção da ciência e a tecnologia em uma cultura geral, não resulta na cultura geral somada com a ciência e a tecnologia, mas sim uma cultura geral transformada, por possuir mecanismos dinâmicos e, também, orgânicos associados com a ciência e a tecnologia, não há mais como separá-las, fazem parte de uma coisa só e, aqueles à margem dessa cultura são marginalizados.

Por outro lado, quando a cultura geral do estudante é enriquecida por meio do ensino de ciências, na opinião de Hodson (1994) sustenta-se em três aspectos principais:

Aprendizagem de ciências, adquirindo e desenvolvendo conhecimentos teóricos e conceituais. - Aprender sobre a natureza da ciência, desenvolvendo uma compreensão da natureza e dos métodos da ciência, tendo consciência das complexas interações entre a ciência e a sociedade. - A prática da ciência, desenvolvendo conhecimentos técnicos sobre investigação científica e resolução de problemas. (HODSON, 1994, p. 305).

De tal forma que um design de ensino que contribua com a ampliação da racionalidade do estudante, por meio de um letramento científico que permita a ele transitar também em questões de CTS, até para auxiliar nas suas tomadas de decisões junto aos seus contextos sociais, econômicos e políticos. Nos referidos contextos, surgem problematizações que exigem do estudante um discernimento pautado em reconhecer o que é consenso científico e o que é negação de teorias e conceitos científicos, para não correr o risco de perceber a natureza da ciência e a prática da ciência de modo ingênuo, com nuances de imparcialidade e de neutralidade.

Segundo Oliveira (2012), é por meio do ensino de ciência que atinge os três aspectos principais mencionados por Hodson (1994), que o estudante adquire cultura científica. Oliveira (2012) não deixa de salientar que o estudante pertencente a um mundo onde a cultura científica é hegemônica, ele deve dominar certos conceitos e teorias relativos ao consenso científico para integrar-se de forma não passiva à essa cultura vigente.

Hodson (2018) afirma que a educação científica pode auxiliar estudantes em uma perspectiva crítica para o tipo de ciência e de tecnologia que se envolvem em termos dos juízos políticos, sociais, econômicos e éticos que podem ajudar o seu

desenvolvimento e, questionar-se em termos do que pode sofrer transformação da realidade, a fim de alcançar com algum ativismo, democracias socialmente mais justas.

Por exemplo, questões relacionadas com o aquecimento global e, outras com as chamadas energias renováveis como: promover discussões que permitam o contraditório, principalmente em se tratando de temas hegemonicamente divulgados por mídias de massa e que, muitas vezes, com dados ajustados, para dar consistência e credibilidade científica para determinados modelos escolhidos segundo interesses de alguns grupos; que os estudantes devem ter uma postura crítica, por exemplo, em relação às hipóteses colocadas aos modelos divergentes de aquecimento ou resfriamento do planeta. Basta ver que o primeiro modelo se trata de consenso científico, já o segundo modelo figura no discurso daqueles que negam a ciência. Os estudantes devem ser capazes de tomar posição, escolhendo um modelo ou outro ou nenhum, mas por convicções próprias e não em tom de “escolha por torcida”.

2.4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO DESIGN DE ENSINO

Os contextos da ciência trabalhadora, do simulacro da ciência que se ensina e se aprende na escola e da ciência que os estudantes se defrontam fora da escola, são muito diferentes! O que nos leva a considerar a provocação de Lemke (1993): “o que deve ser uma educação em ciências que seja tanto uma educação sobre a ciência quanto uma educação científica para a vida e o trabalho além da escola?” (p. 8). A expressão “working science” de Lemke (1993, p. 3) ou sua tradução “ciência trabalhadora”, pode representar muito acerca dos trabalhadores da ciência, por exemplo, sobre a forma peculiar que escrevem e falam, mas também como desempenham um *modus operandi*, quando atuam nos seus laboratórios, durante a fabricação de fatos da ciência e dos objetos tecnológicos. Laboratórios de onde emergem forças técnico-científicas tão estranhas à maioria dos coletivos sociais, mas que influenciam profundamente as vivências desses coletivos.

Diante da importância dos cientistas e seus laboratórios, as nuances presentes nas suas vivências profissionais precisam ser estudadas, enquanto epistemologia e tecnologia sociais, a partir do enfoque construtivista-relativista,

proposto por Latour e Woolgar (1988) e ressaltado por Navarro e Hernández (2013), pois “interessa-se por mostrar a natureza social dos fatos científico-técnicos partindo de estudos sobre a atividade científica *in situ* (em laboratórios e centros de pesquisa)” (2013, p. 8).

Ao considerarmos que a educação científica tradicional no CEP, com claras evidências de ineficácia dos processos de ensino-aprendizagem, tanto da técnica experimental quanto dos conceitos científicos com significação e, diante da importância em destaque no trabalho de Hodson (2018), de que os estudantes precisam conhecer normas, valores e tradições das vivências internas dos trabalhadores da ciência, das suas importantes relações com diversos setores da sociedade, das suas influências em termos da força técnico-científica, faz-se necessário procurarmos em termos de concepção e de modelo de ensino de ciência compreender como os estudantes podem aprender de modo que se tornem especuladores complexos dos fatos da ciência e dos objetos tecnológicos.

Entretanto, Hodson (1994) alerta que não é suficiente para aprender sobre a complexidade da natureza da ciência restringir as atividades à sua prática, pois, “os alunos devem descobrir que a prática científica é uma atividade complexa construída socialmente” (HODSON, 1994, p. 310).

Essa consciência não pode ser criada apenas com base no direcionamento de investigações pessoais sobre temas de interesse pessoal. Da mesma forma, limitar o currículo a atividades abrangidas pelo aprendizado de ciências e pelo aprendizado sobre a natureza da ciência não pode equipar os alunos para praticar as ciências por conta própria. Embora necessários, o conhecimento conceitual e o conhecimento sobre os procedimentos que os cientistas “podem adotar, e adotaram em circunstâncias particulares no passado, são insuficientes para permitir que um aluno participe com sucesso na investigação científica. Tal habilidade só se desenvolve com a experiência. Em outras palavras, a prática da ciência é o único meio de aprender a fazer ciência e de vivenciar a ciência como um ato de investigação. (HODSON, 1994, p. 310).

À frente disso, busca-se um método de ensino teórico, empírico e criativo que os estudantes venham a vivenciar para adquirirem as habilidades com a experiência, que proporcionará na especulação complexa dos artefatos tecnológicos o que Cupani (2013) relaciona como “tipos básicos” da atividade tecnológica: “adquirir uma habilidade (crafting), inventar, projetar (designing), manufaturar, trabalhar, operar e manter. São atividades que se sobrepõem” (CUPANI, 2013, p. 19), para enriquecer de volição as atitudes do estudante diante da realidade de

contextos envolvendo CTS, com o olhar treinado para a ciência e a tecnologia, para especulação complexa das ações, processos e aparelhos tecnológicos.

O laboro teórico e experimental da Cultura de Laboratório contribuirá com características de adquirir habilidade de: inventar, projetar, manufaturar, imaginar, manter e operar. Com o devido destaque aos papéis de inventar e projetar durante o laboro na CL, a invenção, conforme Mitcham (1994), é “ distintamente moderna”, além do entendimento de projeto por Mitcham (1994) que: pode estar associado com a ideação, características necessárias ao estudante imerso em projetos de investigação científica.

Esses papéis desempenhados pelas pessoas nas ações, nos processos de produção dos fatos da ciência e da tecnologia que coexistem no pensar, fazer e inventar da ciência, podem ser transpostos no desenvolvimento do design de ensino, inclusive na reformulação do LabD, até para que as representações acerca do Laboratório sejam superadas em relação à imagem convencional de mero espaço físico de aprendizagem da técnica experimental.

Procura-se outro caminho para a reformulação do LabD, além da imagem de simples espaço físico no qual se realizam experimentações, isto é, ampliar a sua dimensão em termos das habilidades postas por Mitcham (1994), por exemplo em termos de ideação para criação, tais como encontramos na história da ciência com os experimentos de pensamento, “os historiadores costumavam dizer que Galileu era muito mais alinhado ao Platonismo, haja vista que fazia as coisas na sua cabeça do que um experimentador que fazia coisas com as mãos. ” (HACKING, 2012, p. 333). Portanto, idear, criar, imaginar são características humanas. Desta forma, por que elas não podem fazer parte do mundo da vida acadêmica do estudante?

Neste ponto, há a controvérsia entre os historiadores de Galileu Experimentador que “afirmam que suas ideias lhe ocorreram ao manipular bolas e planos inclinados, animado pela constante preocupação de dialogar com os fatos”, (THUILLIER, 1994, p. 117). Os historiadores partidários do Galileu Teórico afirmam que se “Galileu formulou corretamente uma teoria do movimento, é porque foi, antes de tudo, um teórico, capaz de fazer especulações ousadas sobre os fenômenos” (THUILLIER, 1994, p. 117). O debate do Galileu experimentador realista ou idealista não tem relevância, pois realizou experimentos, sejam eles nas formas de pensamento ou concretos, logo serviu de inspiração às gerações de físicos depois de Galileu.

Por exemplo, em um recorte do “Principia” de Newton, também se justifica a valorização do racional e do empírico e o processo de aperfeiçoamento epistemológico de tipos científicos. No prefácio, à primeira edição, Newton entrelaça dois aspectos da mecânica, o racional e o prático: “racional - a qual procede rigorosamente por demonstrações; e, prática - à mecânica prática pertencem todas as artes manuais” (NEWTON, 2008, p. 13).

Portanto, assumimos para a CL o *modus operandi* de Galilei, enquanto teórico, experimentador e inventor, pois para o desenvolvimento dos princípios de design de ensino interessa essas nuances da pessoa que nas suas vivências na ciência pensa, faz e inventa, até por se credenciar enquanto componente cultural, basta ver as relações complexas presentes nos contextos epistemológicos, sociais e históricos da produção científica. À frente disso, a transposição didática para o ensino deve considerar aspectos dos contextos epistemológicos da invenção científica e, enquanto caráter cultural, poderá enriquecer o *modus operandi* dos estudantes nas vivências de natureza acadêmica.

Assim, a TD deverá proporcionar material instrutivo potencialmente significativo aos olhos do estudante, o qual o instigue e o provoque na busca de soluções para problematizações, por exemplo, a partir das IIR, inclusive para gerar também “alguma autonomia, possibilitando que o aprendiz tenha capacidade para negociar as suas decisões, alguma capacidade de comunicação e algum domínio e responsabilização face a situações concretas” (PIETROCOLA, 2000, p. 106).

As IIR de Gérard Fourez são uma proposta de educação científica e tecnológica, com o objetivo de contribuir com a formação de estudantes críticos, autônomos e negociadores em assuntos que demandam conhecimento pautado nos saberes científicos. Para que o estudante domine três características:

Autonomia (possibilidade de negociar suas decisões perante as pressões naturais e sociais), uma certa **capacidade de comunicar** (encontrar maneiras de dizer), um relativo **domínio e responsabilidade**, frente a uma situação concreta (FOUREZ, 1997, p. 62, grifo do autor).

A metodologia de ensino de Fourez é organizada em oito etapas: 1. Elaboração de um Clichê da situação estudada; 2. Elaboração de um Panorama Espontâneo; 3. Consulta aos Especialistas e às Especialidades; 4. Ir à Prática; 5. Abertura aprofundada de alguma Caixa Preta para buscar Princípios Disciplinares; 6. Esquematisando a situação pensada; 7. Abrir algumas Caixas Pretas sem a ajuda

de um Especialista; e, 8. Síntese da Ilha Interdisciplinar de Racionalidade. Por fim, as ilhas interdisciplinares de racionalidade contribuem para o nosso design de ensino por seu pressuposto teórico acerca de:

Trata-se de inventar, frente a um projeto, um modelo adequado, suficientemente simples, utilizando conhecimentos provenientes de diversas disciplinas e também saberes da vida cotidiana indispensáveis em situações concretas (FOUREZ, 1997, p. 69, grifo do autor, tradução nossa).

Entretanto, há de se destacar que a etapa oito da IIR pode constituir um problema por exigir a consulta de profissionais fora da noosfera escolar, portanto muitas vezes o especialista poderá ser outro professor da própria escola, tendo em vista que a intenção é justamente, em termos interdisciplinares, a religação dos saberes. No sentido de Rosnay (2010), as diferentes componentes curriculares e, outras vezes, as especialidades e técnicas podem ser encontradas pelos estudantes a partir da revisão de literatura científica, em pesquisa nas bases de dados na busca de respostas para as suas questões.

Enfim, a partir das IIR visa-se “produzir uma representação teórica apropriada em uma situação precisa e em função de um projeto determinado” (FOUREZ, 1993, p. 121), com uma abordagem sistêmica para a religação dos saberes em uma perspectiva do pensamento complexo, com a modelização inventada pelos grupos das ilhas depois de serem apresentadas a eles leis, teorias, problematizações conectadas com o seu mundo cotidiano e que eles assim tomarão para si os problemas associados com o conhecimento curricular e identificarão outros problemas que envolvam seus contextos cotidianos.

Na perspectiva de encorajar os estudantes em acarear o saber curricular com o saber cotidiano, com a intenção de desconstruir muitas das concepções ingênuas do senso comum dos estudantes, muitas vezes repletos de explicações rápidas e fáceis, fundamentadas em um “realismo ingênuo” e um “empirismo claro” (BACHELARD, 2013, p. 69), mas que em geral estão equivocadas e repletas de obstáculos epistemológicos.

Normalmente, propostas de ensino convencionais não consideram o quanto o senso comum dos estudantes pode ser repleto de obstáculos epistemológicos, verdadeiros pré-conceitos à aprendizagem de saberes científicos. Tais formas de educação científica, cuja função informativa apresenta-se no formato livresco e automatizado, que se baseia em processos de ensino e aprendizagem com técnicas

behavioristas, que ao apostar exclusivamente na memorização e reprodução das “respostas corretas”, afastam-se dos contextos reais da ciência trabalhadora, ou na pior das hipóteses, contribuem negativamente com o senso comum dos estudantes quando formam falsas imagens dos contextos da prática científica.

A formação de caráter informativo de manual científico pode fazer outros estragos, à medida que traz somente a história linear da ciência vencedora, portanto suprime a riqueza das controvérsias comuns em processos de fabricação científica. Manual com a organização de blocos de conteúdo dos saberes científicos, devidamente justapostos em uma cronologia que ignora o tempo histórico da fabricação dos fatos da ciência e objetos tecnológicos. Portanto, uma forma de ensino por manuais atribui sucesso ao estudante que treinou mais os exercícios e memorizou mais experimentos exemplares, no sentido de Kuhn (2013), para reproduzi-los nas provas e mostrar evolução propedêutica na escola.

Forma tradicional de ensinar ciências exclusivamente analítica e especializada com viés informativo, que ignora os pré-conceitos no senso comum dos estudantes, constitui “obstáculos pedagógicos” sob a perspectiva de Bachelard (2013), pois professores ao desconsiderarem as primeiras vivências no mundo da vida desses estudantes “mais do que os outros se possível fosse, não compreendem que alguém não compreenda. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão”. (BACHELARD, 2013, p. 23).

Claro que não queremos aqui fazer coro à narrativa de que os problemas da educação científica da escola básica brasileira são exclusivos e de responsabilidade dos professores, pois há problemas maiores de estrutura, financiamento e falta de remuneração digna e de suficiência para os docentes. Porém, enquanto professores, devemos fazer *mea culpa*, até para admitirmos o problema e, assim, enfrentarmos sistemas de ensino que, ao desconsiderarem os aspectos da prática e natureza científicos, deixaram de promover o letramento científico.

Portanto, nós professores, com coragem precisamos romper com a postura de erudição de “alma professoral, ciosa de dogmatismo, imóvel na sua primeira abstração, fixada para sempre nos êxitos escolares da juventude, repetindo ano após ano o seu saber” (BACHELARD, 2013, p. 12). Postura que ignora por completo a racionalidade do estudante, reconhecida e evidenciada quando procuram responder com explicações fáceis e prontas, apoiadas em aparatos metafóricos com

outras situações particulares já experimentadas, cheios de intuições primeiras equivocadas, formadoras de um senso comum pré-científico.

Portanto, por princípio, não podemos desconsiderar que a aprendizagem começa quando os estudantes entram na sala de aula, a julgar por já possuírem no realismo ingênuo e no empirismo formas de representação de mundo e que constituem o seu senso comum, de tal forma que ao desenharmos a proposta de ensino “não podemos conceber a compreensão e a comunicação de ideias sem fazer referência ao senso comum”, (PATY, 2003, p. 9). Diante disso, a proposta de ensino da Cultura de Laboratório precisa admitir tais representações de mundo, pois assim poderá contribuir para que o estudante evolua em termos de racionalidade, com um modo de pensar característico do “espírito científico” da perspectiva de Bachelard (2013).

A racionalidade a partir do senso comum dos estudantes é colocada à prova em tempos que vivemos várias formas de negacionismo e diversionismo, nas mais diversas áreas do conhecimento, condição que exige dos designers de ensino a compreensão da necessidade de aperfeiçoar o senso comum em termos de criticidade e de autocrítica, para assim com algum viés de pensamento científico e de reconhecimento de mundo, diferenciar discursos sobre consenso científico daqueles que não passam de “teorias” obscurantistas. “Desse modo, o senso comum é enriquecido pela assimilação dos conhecimentos científicos e, de maneira geral, pela experiência humana”, (PATY, 2003, p. 10).

Porém, para os alargamentos da racionalidade, por meio do letramento científico, o design de ensino precisa promover a articulação entre a teoria, a experimentação e a invenção, pois por princípio, a metodologia deverá buscar aperfeiçoar o senso comum em termos do pensamento científico e da consciência das forças técnico-científicas em termos de ferramentas de ativismo social em favor da coletividade. Essa nova força sóciotécnica, conforme Navarro e Hernández (2013), deve integrar a racionalidade dos estudantes imersos na Cultura de Laboratório para tornarem-se negociadores com técnica e, assim, melhores comunicadores nas questões relacionadas com CTS.

A proposta de ensino da Cultura de Laboratório objetiva aperfeiçoar a racionalidade, por meio da provocação de contradições no ideário dos estudantes ao imprimir de forma rotineira o exercício de contradizer o que a razão do estudante, de forma precipitada, teima em afirmar como verdadeiro, “perturbada a todo momento

pelas objeções da razão, pondo sempre em dúvida o direito particular à abstração, mas, absolutamente, segura de que a abstração é um dever, o dever científico”, (BACHELARD, 2013, p. 13).

Portanto, devemos perseguir a abstração no ensino de ciência, até por constituir um princípio do espírito científico. Assim perpassa nos desdobramentos da CL para que o estudante venha a adquirir o estilo de raciocínio do experimentador, a julgar por “a maioria dos físicos experimentais mantém posturas realistas quanto a algumas entidades teóricas, exatamente aquelas que utilizam” (HACKING, 2012, p. 370), de modo que o realismo científico presente nas práticas experimentais auxilie o estudante em ampliar as formas que representam os saberes científicos, pois há na experimentação, possibilidades dele se envolver com a manipulação de entidades teóricas, na medida em que podem ser medidas, calculadas e articuladas com outras entidades abstratas e concretas.

De tal forma que no desenvolvimento da CL consideramos que ocorre normalmente, por parte do estudante, a fuga do pensamento abstrato mais profundo, pois é mais fácil entregar-se à confiabilidade da ciência, prontamente divulgada na educação científica convencional ou por mídias não especializadas, sempre na forma panfletária e com selo de garantia do comprovado cientificamente. Isto leva os estudantes a racionalizações apressadas, normalmente entrelaçadas ao seu espírito pré-científico, deixando de exercitar a razão para se apoiarem em informações de fatos prontos e previamente valorizados

Trata-se, conforme Bachelard (2013), que “o método dos fatos, cheio de autoridade e poder, se arroga um ar de divindade que tiraniza nossa fé e constrange nossa razão” (p. 52). Esses tais “fatos” de comprovação científica, apresentados como conhecimento objetivo no ensino doutrinário de ciência, podem constituir obstáculos epistemológicos para o estudante, como experiência primeira, que não poderá ser substituída, mas somente retificada. O ensino de ciência, enquanto conjunto de fatos provados ou atestados cientificamente, representam a ciência na forma de doutrina ou até com aspectos míticos, não sobra, portanto, espaço para que a razão possa questionar os fatos supervalorizados.

Com o objetivo de alargar a racionalidade dos estudantes no sentido de Paty (2003), por meio do aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos saberes científicos na perspectiva de Bachelard (2013), mas também pautar a reformulação do LabD a partir da abstração do pensamento do experimentador no sentido de Hacking (2012),

trazemos o operador conforme Muchenski e Miquelin (2016), o que auxilia a compreensão da estrutura da experimentação na Cultura de Laboratório, no formato de multimodalidade representacional, para propiciar no rol das práticas experimentais a possibilidade de proporcionar aos estudantes múltiplas representações dos tipos científicos. O operador possui sempre o caráter provisório e aproximado, pois ele demanda de constantes aperfeiçoamentos ao longo do desenvolvimento dos princípios do design de ensino.

Justifica-se trazer o operador, pois ele representa parcialmente a origem de um dos princípios de design de ensino, o da utilização da experimentação como elemento para propiciar a aprendizagem com significação dos fatos da ciência e dos objetos da tecnologia. Também por constituir a fase da elaboração do protótipo da proposta de ensino, a partir das primeiras referências epistemológicas que ajudaram na elaboração do operador que passou a ser utilizado na reformulação do LabD, desde a harmonia da sala de aula na intersecção entre o teórico e o experimental.

É inerente da episteme e do método da PA emergirem teorias no processo de fabricação da proposta de ensino, mas também os princípios do próprio design, foi assim para o princípio associado com a reformulação da experimentação no laboratório do CEP, de tal forma que é relevante discutir acerca do trabalho que apresentamos na XI Jornadas Latino-Americanas de Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia (ESOCITE), em 2016, de Muchenski e Miquelin (2016), sob o título de *“Investigação no laboratório didático de Física como proposta de metodologia de ensino”*. Este trabalho traz a estrutura que se passou a utilizar no LabD do CEP como operador das atividades experimentais.

Pautou-se a sequência didática na especulação complexa, segundo Hacking (2012), do aparelho experimental e dos saberes da termodinâmica, com a intencionalidade da especialização na utilização dos aparelhos e do aumento do realismo científico das entidades teóricas.

Contextos de experimentação preparados para que os estudantes passem a especular de forma complexa, através de elementos articuladores da linguagem físico-matemática, os saberes da física térmica, na medida em que os manipulam em diferentes aparelhos artesanais e tecnológicos. Segundo Hacking (1995), é possível que indivíduos que se sintam pertencentes a um grupo cultural, por exemplo em uma Cultura de Laboratório, passam a apresentar determinadas ações, reflexões, representações e comportamentos característicos daquela cultura.

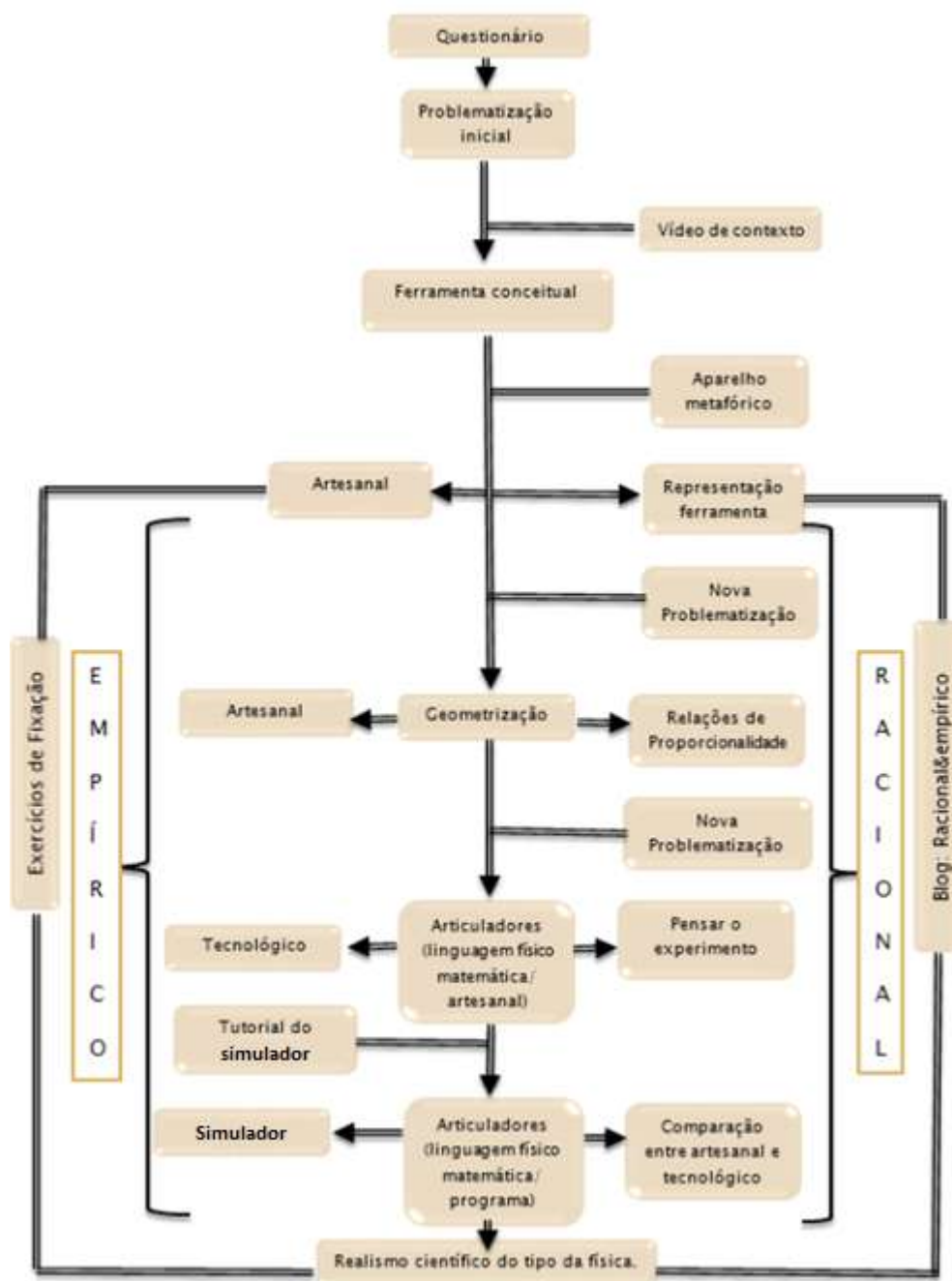
As bases da construção do operador da experimentação inspiraram-se na forma como os cientistas trabalham, físicos em particular, em épocas de “ciência normal” (KUHN, 2013), quando investigam fenômenos físicos e que se utilizam de teorias, leis e modelos para delimitar aspectos desses fenômenos naturais. Esses cientistas ao estarem imersos em contextos de invenção de soluções de problemas, passam a pertencer a comunidades de certa cultura científica e, portanto, adquirem características peculiares dessa cultura. Os cientistas não vão para o laboratório para comprovar leis ou teorias, mas sim utilizam-se dessas ferramentas conceituais para investigar aspectos da natureza.

Juntamente com as problematizações, consideramos no formato da experimentação promover a desconstrução do senso comum ingênuo do estudante, aquele que determina uma valorização à priori de uma qualidade imediata, que “percebida numa intuição direta pode enterrar os futuros progressos do pensamento científico [...]. Falta-lhe o percurso teórico que obriga o espírito científico a criticar a sensação”. (BACHELARD, 2013, p. 127). A cada prática da sequência didática os estudantes devem manipular os saberes da termodinâmica em diferentes problematizações e em contextos (aparatos) experimentais também diferentes, “no arriscado jogo do pensamento sem suporte experimental estável” (BACHELARD, 2013, p. 13), pois obstáculos epistemológicos são difíceis de serem superados.

Sem negligenciar e tampouco subestimar as primeiras impressões dos estudantes, busca-se ampliação, segundo Paty (2003), da racionalidade dos estudantes através do letramento científico como proposta de ensino, haja vista que “de modo geral, o senso comum é enriquecido pela assimilação dos conhecimentos científicos e, de maneira geral, pela experiência humana” (PATY, 2003, p. 10).

Por fim, para sintetizar, a intenção principal do operador da experimentação é o de aumentar o realismo científico de saberes associadas com a termodinâmica e, neste sentido, Hacking (2012) fornece um caminho para que os estudantes possam trilhar, por meio da constante manipulação nos aparelhos experimentais e através do aumento gradativo da abstração através da articulação, utilizando a linguagem físico-matemática, o aumento do realismo científico desses saberes. A imagem seguinte, apresenta o organograma provisório de organização de atividades experimentais e racionais.

Figura 3 - Operador da experimentação enquanto princípio de design de ensino



Fonte: Muchenski e Miquelin (2017).

Operador de uma sequência didática racional & empírica

Para aumentar o realismo do tipo científico, a sequência de atividades acontece inicialmente de forma artesanal, com a criação de fenômenos que permitiram as primeiras representações. Aqui, os aparelhos não precisaram apresentar estruturas para medições precisas, pois a ideia é apenas que os

estudantes tenham o primeiro contato com a experimentação e que permitam o início da desconstrução das imagens do laboratório e da experimentação, pois normalmente os estudantes apresentam representações de senso comum ingênuo desses elementos.

O instrumento de organização da experimentação alinha-se aos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), mas também se pauta a partir da abordagem sistêmica com problematizações iniciais com a associação de elementos CTS. Os guias instrucionais que orientam a estrutura da experimentação possuem um caráter investigativo, com questões que se conectam com os temas da termodinâmica conectados com os contextos históricos, filosóficos e sociais acerca dos processos de fabricação das máquinas térmicas. Utiliza-se dos modelos-réplica de Dutra (2005), necessários para idealizações das leis da termodinâmica e outros conceitos da calorimetria e termometria associados com as antigas e atuais máquinas de fogo, relativos à sua fabricação, mas também como transformaram a história da humanidade.

A experimentação, a partir do operador, forma as primeiras representações através da criação de fenômenos, em contextos de aparelhos de caráter mais artesanal, mas sempre com o viés de perturbar as concepções primeiras do estudante para, assim, retirá-lo da zona de conforto, com a crescente exigência em termos de raciocínio e abstração. O estudante deve ser colocado sempre para pensar o experimento, por exemplo: montar o aparato experimental na medida em que são convidados para essa tarefa; resolver problemas de execução do aparelho experimental; discutir o que observar e o que deixar de lado de acordo com a escolha de isolar ou fechar o sistema; a especulação complexa dos tipos da física articulados através de ferramentas da linguagem físico-matemática, com articuladores como o cálculo, tabelas, gráficos, médias e aproximações com os modelos.

No decorrer da SD, proposta no operador, leva-se a atividade experimental a outro patamar, pois se aumenta a complexidade dos aparelhos experimentais, além da proposição do aparelho experimental enquanto projeto de investigação. Assim sendo, estabelecer objetivos, conhecer o aparelho, pensar o experimento, compartilhar informações. Chama-se a atenção da exigência que as estruturas da linguagem físico-matemática implicam em que os estudantes têm que manipular aparelhos mais sofisticados, como por exemplo: calorímetros, termopares,

dilatômetros lineares, cilindros de motores à combustão interna e modelos-réplica da entropia, além dos simuladores do PHET¹⁰.

O diagrama do operador mostra que em paralelo a SD correspondente à atividade experimental, trabalha-se com o aporte histórico e filosófico, a partir da disponibilização de textos científicos para leitura no blog <http://racionalempirico.blogspot.com.br/>, que permite a interação entre os estudantes através dos comentários que podem trocar desde a atividade do blog. Além da proposição de exercícios de fixação para que os estudantes sejam estimulados a resolver “quebra-cabeças”, até para compensar a falta de tempo imposto por grades curriculares com número menor de aulas de Física.

A partir da revisão da literatura científica e dos nossos trabalhos anteriores, foi possível construirmos os dois primeiros princípios do primeiro protótipo de ensino, a reformulação da experimentação no LabD para o aperfeiçoamento e alargamento da racionalidade dos estudantes e, o outro relativo à investidura dos estudantes em projetos de investigação científica sob as IIR. Entretanto, a imersão dos estudantes na literatura científica despertou a inquietação em relação ao envolvimento dos mesmos em projetos de investigação, os quais exigem muita energia, tanto dos estudantes quanto dos professores. Em outras palavras: o que essa imersão na literatura científica poderia trazer de vantagens em relação aos processos de ensino e aprendizagem e ao letramento científico?

Na seção a seguir, trazemos parte da justificativa de se conhecer mais sobre os processos de produção de fatos da ciência, até para o estudante saber diferenciar o que é consenso científico do que é factóide ou estratégias de diversionismo.

2.5 NEGAÇÃO CIENTÍFICA VERSUS CONSENSO CIENTÍFICO

Vivemos tempos de ataques sistemáticos ao consenso científico, talvez porque a ciência e os seus laboratórios ficaram cada vez mais distantes e estranhos à maioria da população, o que criou um abismo entre os cânones da ciência e a

¹⁰ PHET - fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PHET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As simulações do PHET baseiam-se em extensa pesquisa em educação e envolve os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e da descoberta. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR. Acesso em 17 abr. 2020.

percepção e compreensão a partir do senso comum das pessoas em geral. Assim, propiciou-se a proliferação de “teorias conspiratórias e obscurantistas” que passaram a preencher o ideário do cidadão comum, que passou a negar ou divergir do consenso científico por simples falta de letramento científico.

Uma realidade desafiadora que precisa ser enfrentada para quem ensina Ciência na Educação Básica. Entretanto, o professor que decidir trabalhar com controvérsias científicas, deve investir tempo de pesquisa em relação aos contextos epistemológicos, sociais e históricos que circundaram a noosfera da fabricação de determinado saber científico, para enfrentar as falsas controvérsias que podem surgir a partir de manifestações dos estudantes, a julgar por possuírem o acesso a informações disponíveis na esfera pública, por meio de algumas mídias com a intenção de confundir o público em geral.

Por exemplo, não há controvérsia científica entre aquecimento e resfriamento global, mas sim, segundo Esteves e Cukierman (2012), há controvérsia entre aquecimento global antropogênico e o aquecimento natural acerca das variações da atividade solar. Portanto, há sim o debate científico entre a vertente hegemônica da maioria dos pesquisadores, que defendem o modelo de aquecimento associado às ações humanas na emissão de gases na queima de combustíveis fósseis, na agropecuária, no desmatamento e tantas outras atividades, que contribuem com a concentração de gases e o efeito estufa. Porém, esse modelo é contraditório a partir da posição minoritária dos pesquisadores que apontam que o aquecimento global está associado à variação da atividade natural do Sol, mas também da ciclicidade climática do planeta, portanto com causas relacionadas com fatores naturais.

Portanto, na comunidade científica há consenso que há o aquecimento global, sem espaço para ideias relacionadas com o resfriamento global. Consenso apontado no trabalho de Oreskes (2004), que investigou artigos relacionados ao tema sobre aquecimento global e alterações climáticas entre 1993 e 2003, um total de 928 trabalhos, todos alinhados com a posição de consenso de aquecimento global. Mas, então de onde surge a ideia do resfriamento global? Sob o interesse de quais grupos ocorre a divulgação para o público em geral a respeito da negação do aquecimento global?

Bom, esta prática à indução da dúvida sobre temas que na ciência já há consenso, é protocolo comum na sociedade atual! E o caso da fabricação da

controvérsia sobre aquecimento e resfriamento global, ela se dá longe dos laboratórios e dos cientistas, mas sim no meio midiático no formato de “uma verdadeira guerra cultural” (LEITE, 2014, p. 179). E, com certa facilidade, ao se olhar para o outro lado, é possível apontar os financiadores dos grupos que se interessam em discursar com base na negação do aquecimento global, que são as indústrias de combustível fóssil e as de geração de energia elétrica nas termoelétricas.

De tal forma, uma metodologia de ensino que se propõe ao letramento científico na formação dos seus estudantes, não pode ignorar a guerra posta de consenso científico versus estudo de negação da ciência, estudo que objetiva sustentar um método de produção da dúvida ou da ignorância, estudo em que já há termo de designação de “*agnotology*” (PROCTOR E SCHIEBINGER, 2008), que ao contrário do estudo do saber pela epistemologia, a *agnotology*, que se pode traduzir como agnotologia (do grego *agnosis*, como “não conhecimento”), propõe:

Promover o estudo da ignorância, desenvolvendo ferramentas para compreender como e porque várias formas de conhecimento não ‘emergiram’, ou desapareceram, ou foram retardadas ou negligenciadas por longo tempo, para melhor ou para pior, em vários pontos da história” (PROCTOR; SCHIEBINGER, 2008, p. vii).

Conhecer os paradigmas científicos, principalmente nas suas fronteiras onde há anomalias, surge um terreno fértil para a implementação da dúvida e da promoção da ignorância. Tal ignorância “não é fruto do acaso, mas resultado de uma intervenção política e cultural ampla, que tem como objetivo obscurecer a informação e a compreensão sobre o tema” (LEITE, 2014, p. 180).

O produto do método de promoção da ignorância é a dúvida, portanto manter de forma artificial uma controvérsia científica, consiste em trabalhar na parte da ciência ainda precária e provisória, no seu campo hipotético e dos seus modelos matemáticos, que trabalham com previsões, mas que ainda não se tornaram fatos. No livro de Oreskes e Conway (2010), sob o título “Mercadores da Dúvida” (do original “*Merchants of doubt*”), entende-se um pouco mais sobre manter a suposta controvérsia “viva”, longe do protocolo científico em que já existe consenso e, portanto, não há controvérsia, mas próximo do senso comum da maioria da população, que não possui ferramentas para distinguir a ciência do nonsense.

A estratégia dos que promovem a negação científica é utilizar de cientistas com reputação acadêmica e produção científica, mas que são financiados por

grupos que se interessam em negar a ciência em debates para a população em geral, onde um discurso com alguma logicidade pode levar à formação de representações equivocadas sobre temas da ciência, pois há um terreno fértil nas pessoas em que falta o letramento científico e pela falta de reconhecer o protocolo de como se faz e pensa ciência, acabam suscetíveis a ideias mitificadas de cunho conspiratório e de caráter obscurantista. Letramento científico compreendido:

Como um trabalho diário de conhecimento da ciência, é tão necessário quanto a leitura e a escrita (letramento, no sentido geralmente entendido) para um modo de vida satisfatório no mundo moderno. Eu desejo sustentar que o letramento científico é necessário para que haja uma força de trabalho competente, para o bem-estar econômico e saudável do tecido social e de cada pessoa, e para o exercício da democracia participativa. (AYALA, 1996, p. 1).

Por exemplo, no caso da fabricação da controvérsia entre aquecimento e resfriamento global, segundo Oreskes e Conway (2010), o mesmo grupo que se opunha ao consenso científico do aquecimento global, se refastelava no senso comum da opinião pública americana. Na pesquisa de Doran e Zimmerman (2009), aponta-se que “apenas 52% da população acredita que o aquecimento global tem causas antropogênicas e que apenas 47% acreditam que exista um consenso na comunidade científica sobre isso” (LEITE, 2014, p. 180). Esse grupo de cientistas, por três décadas, dedicou-se em manter a suposta controvérsia “viva” sobre a temática do aquecimento e resfriamento. “Os mercadores da dúvida utilizavam suas credenciais científicas passadas para obscurecerem as diferenças entre as controvérsias científicas e as disputas de opinião na mídia” (LEITE, 2014, p. 181).

O protocolo de promover a dúvida sobre pesquisas científicas era o mesmo utilizado pela indústria do tabaco, em desacreditar a relação entre o tabaco e alguns tipos de câncer. Por exemplo, Oreskes e Conway (2010) apontam que os dois físicos Fredrick Seitz e Siegfried Singer, que faziam parte do pequeno grupo de defesa do resfriamento global, já tinham estado à frente do programa estruturado pela indústria do tabaco e que promoviam a dúvida e, assim, desacreditavam das evidências que corroboravam sobre a conexão entre o fumo e câncer. Coincidência? Teoria conspiratória? Ou negar a ciência com método?

Mas, Oreskes e Conway (2010) trazem no seu livro a descoberta valiosa para entender o protocolo de negação da ciência, pois descobrem que o físico Fredrick Seitz, o ‘Fred’ Seitz, (1911 - 2008), juntamente com os físicos Robert

Jastrow (1925 - 2008) e William Nierenberg (1919 - 2000), que fundaram, em 1984, o Instituto George C. Marshall, compuseram com o também físico Siegfried Singer (1924-2020), um grupo que exerceu funções durante a guerra fria e, que mantinham fortes vínculos com setores conservadores e empresariais norte-americanos.

Até o governo Reagan, havia um consenso bipartidário quanto à importância da ciência e da tecnologia para o progresso e a defesa nacional, mesmo em temas como o meio-ambiente, sendo que a Agência de Proteção Ambiental (EPA) e a moderna legislação ambiental do país foram criadas pela administração Nixon. Mas, para os falcões da guerra fria, isso se rompe, nos anos 1980, em duas frentes. De um lado, quando a maior parte dos cientistas, que já tinham questionado o envolvimento no Vietnã, passam a colocar em questão a nova política frente à URSS. (LEITE, 2014, p. 184).

É neste contexto que o Instituto George C. Marshall, por meio de Robert Jastrow, lança a iniciativa de combater o que passou a denotar de ambientalistas pacifistas influenciados pelos soviéticos. Na verdade, era para abrir a guerra cultural entre os movimentos ambientais que lutavam por políticas de regulação ambiental, com os movimentos neoliberais com políticas de estado mínimo e de promoção da desregulamentação. Por exemplo, Fred Singer e Fred Seitz em campanha de descrédito e em nome do combate a um suposto socialismo:

Encabeçam uma campanha de denúncia de uma ciência que afirmam estar baseada no exagero, na distorção e na fraude, e a qual corresponderia, de fato, a quase toda a ciência ambiental e a boa parte da epidemiologia da saúde pública, que prescreviam medidas de regulação estatal, para eles sinônimo de socialismo. (LEITE, 2014, p. 185).

E, no Brasil, há quem pratique o método de negar o aquecimento global? Sim, o principal é o também físico Luiz Carlos Molion (1947), com suas credenciais de cientista, representa um pequeno grupo que, por exemplo, enviou ao atual governo federal uma carta com a demanda de “inação climática já!”, na qual:

Eles argumentam que não há evidências “físicas” da influência humana no clima global, que essa hipótese causa um “risco às políticas públicas” e o governo deveria investir dinheiro para pesquisar coisas mais relevantes, como o que aconteceu com o clima 2,6 milhões de anos atrás. A carta é assinada por 20 pessoas que o site “Notícias Agrícolas” chamou de “cientistas brasileiros”, liderados pelo meteorologista Luiz Carlos Molion, professor aposentado da Universidade Federal de Alagoas. É endereçada, com esperança, ao ministro do Meio Ambiente, Ricardo Salles, que tem sistematicamente manifestado que o aquecimento global é uma discussão “acadêmica”. (ANGELO, 2019).

Para responder ao jargão dos que negam o aquecimento global e defendem como teoria exagerada e que não passa de ideias de conspiração, uma rápida pesquisa no Google, mostra os patrocinadores das palestras do negacionista Luiz Carlos Molion. A exemplo, a palestra proferida para uma plateia de 400 produtores de soja, representantes do coração do agronegócio brasileiro, durante a qual Molion foi longamente aplaudido ao afirmar que o aquecimento global não passa de um mito, a seguir parte da fala dele, referindo-se à indicação dos financiadores da sua negação do consenso científico:

A temperatura mundial não está aumentando, nós vivemos ciclos de aquecimento e resfriamento que sempre existiram”, dizia **Molion**, conhecido cético sobre a noção de mudanças climáticas, em outubro do ano passado. Sua palestra havia sido patrocinada pela **Agrosul**, concessionária da multinacional de máquinas agrícolas **John Deere**, pela fabricante de adubos **Fertilaqua** e pela **Fundação Bahia**, entidade de pesquisa bancada por produtores baianos. (INSTITUTO, 2018).

Mas, por que negar a ciência? Para ao menos dar uma resposta basta seguir os interesses do capital, pois com as evidências científicas colocadas em dúvida perante a opinião pública, projetos de poder são eleitos pela população, e muitos desses estão alinhados com o neoliberalismo e com o enfraquecimento das instituições e da ideia de um estado menor. Enfraquecer o estado, desregulamentação de normas, ataques às instituições podem parecer ideias conspiratórias, ao menos assim é o jargão que mercadores da dúvida utilizam como resposta, que também se faz presente no discurso daqueles à frente de projetos de estado mínimo, mas por trás do discurso liberal da defesa das liberdades individuais, está o movimento de desregulamentação.

De tal forma, que é possível, por exemplo, desvincular o desmatamento, as queimadas e a emissão de gases na produção industrial do aquecimento global. Outro exemplo, em nome das liberdades, é a estratégia de atacar a lei do desarmamento, com o intuito de armar a população. Pode-se continuar a lista de exemplos de desregulamentação com o setor agrícola e o quanto foi facilitada a aprovação de novos “defensivos” agrícolas, os conhecidos agrotóxicos.

Enfim, não há semana que no noticiário não apareça movimentos de desregulamentação e desconsiderar sua conexão com as estratégias de negação da ciência, dos grupos com credenciais que fazem sua defesa e seus financiadores, seria no mínimo ingenuidade da nossa parte! Entretanto, os professores e a escola

básica não têm o direito de negligenciar o ataque com método ao protocolo e ao consenso científico, pois a falta de enfrentamento negligencia a proliferação do negacionismo da ciência e do obscurantismo. Portanto, é tempo de percepção de que a Ciência:

Não é mais um conhecimento cuja disseminação se dá exclusivamente no espaço escolar pela via da transposição didática e da informática, nem o seu domínio está restrito a uma camada específica da sociedade, que a utiliza profissionalmente. Faz parte do repertório social mais amplo, está muito presente nos meios de comunicação e influencia decisões éticas, políticas e econômicas que atingem a humanidade como um todo, ou seja, grandes contingentes que habitam desde metrópoles a pequenas cidades, ou mesmo a zona rural. (ANGOTTI, 2015, p.09).

Mas, na esfera escolar, como instrumentalizar os estudantes na guerra cultural para enfrentarem os grupos que promovem a dúvida em relação as temáticas onde já existe consenso científico? O letramento científico com viés na compreensão dos protocolos de fabricação dos fatos da ciência e dos objetos tecnológicos com seus contextos filosóficos, sociais e históricos pode contribuir em reconhecer as diferenças entre uma legítima controvérsia científica da invenção de uma controvérsia.

Talvez, a melhor denominação fosse chamar de controvérsia falsificada, uma vez que no debate entre a narrativa científica e a narrativa de negação, cria-se um embate falso entre o protocolo científico e o nonsense, não se trata de uma disputa científica legítima, pois atua em campos diferentes, do científico e da pseudociência. “Essas controvérsias são a negação da ciência e uma maneira de afirmar a pseudociência travestida de ciência, remetendo para o terreno da agnotologia” (LEITE, 2014, p. 182).

Na ciência, quantos anos ou décadas são necessários para se estabelecer um fato ou objeto fabricado pela ciência? Enquanto que uma sentença falsificada pode ser fabricada facilmente na mídia ou redes sociais! Debates em que cientistas que se utilizam do protocolo científico, com dados que sustentam o consenso científico ao tema, enfrentam argumentos de protocolos comuns aos tribunais com seus advogados, sofismo construído para ganhar a discussão independente do suporte científico. Mas, sim com tática onde persiste a “distorção, ataques pessoais, falsas notícias, interpretações unilaterais pagas por lobbies e corporações e outras violações da ética na mídia” (LEITE, 2014, p. 182).

O estudante que conhece o protocolo da fabricação dos fatos na ciência, diferencia uma controvérsia científica de uma controvérsia inventada, pois a percepção desse que se suporta no rigor científico consegue reconhecer ataques ao consenso científico, mesmo em debates em que especialistas utilizam discurso com logicidade para implementar a dúvida na população em geral. Portanto, também faz parte do letramento científico conhecer mais do *métier* do cientista na sua atividade profissional, desde as technicalidades do laboratório até as páginas dos periódicos.

3 DESIGN “CULTURA DE LABORATÓRIO” E A REALIDADE DA CIÊNCIA TRABALHADORA

Para desenvolvermos nova proposta de ensino, procuramos conhecer mais sobre as experiências da educação científica tradicional na Educação Básica, por exemplo, da avaliação de Lemke (1993) afirma que a ciência escolar se distancia muito da ciência profissional, por falta dos contextos reais do que caracteriza a atividade científica. O mesmo se dá no discurso dos livros didáticos que substituem a linguagem escrita da ciência trabalhadora, da fala dos professores de ciências no lugar de fala de cientistas, enfim há tentativas de educação científica que não passam de simulacros muito distantes da real prática e natureza científicas.

Diante disso, nesta seção traremos visões acerca da educação científica convencional e de como ela não conseguiu aproximar a ciência do cientista, da ciência que se ensina na sala de aula e alguns possíveis porquês desse distanciamento. Atentaremos também sobre aspectos do *modus operandi* dos cientistas quando atuam em processos de fabricação de fatos da ciência, a partir de observações *in situ* de pessoas que seguiram esses cientistas nos seus laboratórios.

3.1 POR QUE SABER MAIS DA FABRICAÇÃO DOS FATOS?

Há desenhos de ensino que acabam por negligenciar o pensar e fazer nos processos de fabricação da ciência e o quanto são influenciados, segundo Hodson (1994), por “considerações socioeconômicas, culturais, políticas, éticas e morais” (p. 307), tal desatenção é muito grave, pois é do laboratório e das suas investigações tecnocientíficas que emergem o que Navarro e Hernández (2013) chamam de forças sóciotécnicas que contribuem com a transformação da sociedade e dos seus coletivos. Mas se há tanta importância nos contextos do mundo dos laboratórios, por que sua compreensão é estranha para a maioria dos coletivos sociais e, ao mesmo tempo, ignorada por propostas de ensino?

À frente disso, aumenta a responsabilidade dos que desenvolvem designs de ensino, para não repetirem tentativas de transposições didáticas simplificadas do que realmente cientistas em seu *modus operandi* pensam e fazem na fabricação dos

fatos da ciência e objetos tecnológicos, mas que acabam em apenas simulacros da prática e natureza científicas.

Portanto, seguindo a orientação de Hodson (1994), propostas de ensino necessitam trazer imagens do laboratório para os temas da ciência da escola, que representem atividades experimentais com menos prática e mais reflexão, pois os excessos de trabalhos práticos convencionais e interferências de professores contribuem para distração dos estudantes em relação à aprendizagem dos saberes científicos. Não é raro que a maior parte do tempo de laboratório seja gasto com pequenos afazeres associados com a técnica de manipulação de aparelhos experimentais, mas com “tempo curto no que se refere ao tempo de contato que permite manter a essência conceitual de aprendizagem” (HODSON, 1994, p. 306). Neste ponto, concordamos que a educação científica na escola básica:

[...] deve girar em torno de descobrir as chaves do mundo físico e compreender (e empregar) o conhecimento conceitual e procedimental que os cientistas desenvolveram para ajudá-los nessa tarefa, o primeiro passo que se deve dar no ensino de ciências é familiarização com esse mundo. (HODSON, 1994, p. 306).

Entretanto, não é suficiente aos estudantes a familiarização, eles também precisam “experimentar essas coisas diretamente e manusear objetos e organismos por conta própria, a fim de desenvolver um corpo de experiência pessoal” (HODSON, 1994, p. 306). De tal forma, o design de ensino da Cultura de Laboratório, desenvolve-se a partir de uma metodologia de pesquisa-aplicação, cuja episteme e método permitem um duplo produto: a proposta de ensino e a emergência de teoria dos ciclos iterativos.

No decorrer das fases de desenvolvimento, surgiram quatro princípios de design para a proposta de ensino, que pretendem por meio do letramento científico permitir ao estudante vivenciar e experimentar nuances da fabricação da ciência, mas não apenas para familiarizar-se com aspectos das essências e costumes da produção científica, mas também para naturalizar e praticar o pensar, fazer e explicar científicos. Logo, na revisão da literatura do capítulo dois, emergiram os dois primeiros princípios do design de ensino. O primeiro relacionado com nuances de investigação científica e o segundo com aspectos da atividade experimental.

Porém, ao longo dos ciclos iterativos e dos protótipos da proposta de ensino, estabeleceu-se mais dois princípios de design: o terceiro relacionado com a

utilização especializada dos aparelhos smartphones na sua forma de inscritesores, mas também nos termos da Transposição Informática no sentido de Balacheff (1994) e do Conectivismo de Siemens (2004); o quarto associado com o potencial dos estudantes em se tornarem influenciadores digitais em termos de divulgação científica.

Outro ponto importante diz respeito à escolha da expressão do design de ensino como Cultura de Laboratório, a qual em capítulo anterior qualificou-se como protocolo que busca se assemelhar ao pensar e fazer científicos, característico das pessoas que atuam em processos de investigação científica com os “*matter of fact*”, conforme Latour (2013). Entretanto, o design de ensino da CL estaria qualificado para de alguma forma representar, mesmo que parcialmente, imagens dos cientistas e do que realmente pensam e fazem nos seus laboratórios?

Em outras palavras, a proposta de ensino teria potencial para realmente refletir ou melhor replicar nuances características da cultura do meio científico? Ou simplesmente, poderíamos ser questionados se já frequentamos o meio cultural do laboro científico, ou se apenas estamos utilizando do bom senso para argumentar? Para responder tais questões e tantas outras, utilizaremos da perspectiva de Bruno Latour por acompanhar *in loco* o mundo da vida de cientistas e dos seus laboratórios, por exemplo do Instituto Salk¹¹, Califórnia - EUA:

Cheguei ao Instituto Salk apenas casamatas de concreto. "Parece que estamos em um filme de ficção científica", diziam com frequência os visitantes. Na esplanada de mármore vazia, desenhada pelo arquiteto Khan, encontrei-me diante de urna mistura de templo grego e mausoléu. Apresentado a Jonas Salk, vi-me diante de um sábio. Disseram-me que para todos os norte-americanos médios este sábio, o homem da vacina contra a poliomielite, é a própria imagem do saber - como Pasteur, o homem da raiva, na França. (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p. 13).

Entre 1975-1977 Latour teve a oportunidade de deixar a leitura sobre histórias dos laboratórios contadas pelos cientistas, para no laboratório vivenciar algumas das histórias e contracenar com alguns dos seus atores principais. Entre as várias histórias uma delas é esmiuçada nos seus livros “A vida de laboratório: a

¹¹ O Instituto Salk incorpora a missão de Jonas Salk de ousar transformar sonhos em realidade. Exploramos os próprios fundamentos da vida, buscando novas realidades em neurociência, genética, imunologia e muito mais. Somos pequenos por escolha, íntimos por natureza, sem medo diante de qualquer desafio. Vivemos para descobrir. Seja câncer ou Alzheimer, envelhecimento ou diabetes, entendemos que toda cura tem um ponto de partida. Salk é onde começam as curas. Disponível em: <https://www.salk.edu/about>.

construção dos fatos científicos”, (1997) e “Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora”, (2011). Sobre uma disputa entre dois grupos de neuroendocrinologia, sobre o TSH (hormônio tireoestimulante), fato hoje estável em qualquer manual de medicina.

Mas antes da primeira sentença tornar-se “*matter of fact*”, houve muita controvérsia científica esmiuçada a partir da realidade aumentada com a etnografia como método da antropologia, que credenciou Latour como sociólogo da ciência, pois fez do mundo da vida dos cientistas e da imersão nos seus laboratórios seu “campo”, empreendendo “um estudo empírico detalhado das atividades cotidianas dos cientistas em seu habitat natural”, (KROPF; FERREIRA, 1998, p. 589).

Latour e Woolgar (1997) e Latour (2011) apontam para a simetria dos estudos das sentenças em disputa a partir do centro da controvérsia, portanto muito antes que a caixa preta sobre o hormônio tireoestimulante (TSH) associada com a neuroendocrinologia fosse fechada. Além de destacarem um princípio fundamental, em termos de valor metodológico para qualificar o peculiar da atividade científica, ao tomarem como alicerce a norma da observação da atividade científica enquanto e como ela acontece.

Abordagem que Navarro e Fernández (2013) colocam como enfoque construtivista-relativista de Latour e Woolgar (1987), o qual se destaca por mostrar “a natureza social dos fatos científico-técnicos partindo de estudos sobre a atividade científica *in situ* (em laboratórios e centros de pesquisa)” (NAVARRO e FERNÁNDEZ, 2013, p. 14). Mas, também é importante salientar tratar-se de uma etnografia da investigação científica a partir de um estudo no laboratório e não um estudo acerca do laboratório. Portanto, é diante da importância desse mundo da investigação tecnocientífica, que qualquer proposta de educação científica precisa conhecer mais sobre a natureza e a prática científicas, para assim realizar a transposição didática de algumas essências e costumes da “ciência trabalhadora” (LEMKE, 1993), para o ensino de ciências na escola básica.

Exemplificando, a ciência exige dos seus agentes a peculiaridade de uma racionalidade de alto grau cognitivo, que obviamente é qualificada e necessária como prática social, uma vez que envolvidos na vida de laboratório também precisam, enquanto atores sociais, de instrumentos persuasivos para o convencimento acerca das sentenças e dos processos em que ocorrem a fabricação

dos fatos, “em função de um processo social de convencimento que possibilitou que eles fossem reconhecidos enquanto tais”, (KROPF; FERREIRA, 1998, p. 592).

Latour e Woolgar (1987) e Latour (2011) contribuem em focar o estudo etnográfico, com o uso da simetria como princípio metodológico, sobre as sentenças ainda em controvérsia entre laboratórios rivais, portanto em processo de afirmação, mas que podem atingir ou o status de “fato” ou de “ficção”, ou seja, com o olhar nos processos de fabricação das sentenças que disputam a controvérsia, mas que recebem agora a mesma atenção e o mesmo grau de importância histórica, social e filosófica. Portanto, longe do ponto de vista privilegiado e assimétrico de quem analisa um enunciado científico depois que este já se tornou fato, já é tratado como natural.

O empirismo da abordagem etnográfica para explicar o caráter social da fabricação de fatos, permitiu que o conceito de “simetria”, por Latour e Woolgar (1997), fosse alargado além do protocolo tradicional das categorias de “fator social” ou “contexto social”, a julgar porque tiveram de definir outras categorias para qualificar as particularidades do mundo da vida das pessoas que fabricam enunciados científicos. Por exemplo, é no meio científico, fabricante de enunciados, que se destaca a argumentação persuasiva, que faz uso do laboratório com seus inscitores para agregar ao discurso os pontos fortes da retórica, assim, o cientista não está só quando discursa, pois agora é porta-voz dos dados, tabelas, curvas gráficas, aparelhos e outros suportes.

Foram os estudos desses processos de construção de fatos presentes no laboratório, a partir dos seus inscitores, que a elaboração de conceitos que transcendeu o protocolo usual da sociologia. Mas, também ficou evidente o quanto a natureza do laboratório e das suas práticas científicas interagem de forma ativa, mas também passiva, em relação aos contextos e fatores sociais, transformando-os a partir dos fatos da ciência e dos objetos da tecnologia, mas que o laboratório também é transformado pela sociedade. Trata-se de singularidade social e cultural, cuja compreensão pode permitir transpor algumas das nuances da vida de laboratório para a educação científica.

Por exemplo, interessamo-nos do quanto as pessoas que atuam no laboratório mostram capacidades de inscrição desde os aparelhos, da mania de marcar, de codificar e de fichar, haja vista que tais características em destaque da prática científica, são como as qualidades exigidas daquelas pessoas que exercem

uma profissão literária, neste caso em particular, na literatura científica com todas as suas técnicas. Diante disso, por meio do design da Cultura de Laboratório, os estudantes poderão adquirir tais habilidades, pois ao envolverem-se nos processos de investigação científica, poderão transformar instrumentos de laboratório, por exemplo, o uso especializado do celular na forma de um inscitor, há de destacar que a noção de inscitor é:

[...] sociológica por sua própria natureza. Ela permite descrever toda uma série de atividades que se desenvolvem no interior do laboratório, sem que tenhamos que nos preocupar com a grande diversidade de material...Mas um mesmo aparelho, uma balança, por exemplo, pode ser considerado ora como um inscitor (quando utilizado para obter informações sobre um novo composto), ora como máquina (quando usado para pesar um pó), ora ainda, como um aparelho de controle (quando empregada para verificar se uma outra operação se desenvolveu de acordo com o previsto). (LATOUR; WOOGAR, 1997, p. 45).

As medidas, curvas gráficas, espectros e outros registros que são obtidos a partir da manipulação nos instrumentos do laboratório, podem ganhar prestígio de inscrição literária ao sustentarem a fabricação dos enunciados científicos, eles passam a determinar a realidade que se referem, ou seja, não representam a natureza, mas sim tornam-se a própria natureza. O laboratório constrói a realidade como a conhecemos, construção a partir dos inscitores e manifestados pelos cientistas como entidades “objetivas”, trata-se do protocolo de aumentar o realismo dos saberes científicos, o mesmo acontece com o movimento de apagar a trilha da fabricação das inscrições literárias, para atingirem a posição de fato, pois faz parte do protocolo a promoção do seu caráter de cunho natural e de “pura técnica” (LATOUR E WOOLGAR, 1997).

A fabricação da literatura científica é de grande complexidade, pois desde as inscrições dos aparelhos experimentais até o fato da ciência, há um longo caminho desde a elaboração dos enunciados científicos, da construção das narrativas e das disputas das controvérsias, elementos complexos e representativos da natureza e da prática da produção da ciência. Uma vez que incorporados, mesmo que parcialmente, em processos de ensino e aprendizagem podem mostrar aos estudantes os reais contextos da ciência trabalhadora, não somente para familiarização dos contextos históricos, sociais e filosóficos, mas também para sua naturalização na forma e na essência no perfil discente, pois estudantes também podem pensar e fazer ciência em algum grau, desde as primeiras observações em

instrumentos inscritores até as manifestações escritas e faladas. Portanto, a questão até pode soar clichê, mas seria possível estudantes aprenderem ciência ao fazerem ciência?

Defendemos que sim! Mas, não na concepção ingênua de uma metodologia de ensino que formaria pequenos cientistas, pois já houve tentativas equivocadas, as quais se basearam em imagens simplistas da realidade da ciência trabalhadora e dos seus laboratórios. Desta forma não passaram de simulacros das reais vivências dos agentes da fabricação dos fatos da ciência e dos objetos tecnológicos. Entretanto, como na proposição de um design de ensino de Cultura de Laboratório, não cometer os mesmos erros de trazer imagens reducionistas da ciência para a educação científica?

Uma possível resposta está em admitir a complexidade dos processos de investigação científica, mas também reconhecer a necessidade da religação dos saberes científicos das diversas áreas do conhecimento, pois sempre estiveram presentes na fabricação dos fatos, além de que fizeram parte dos costumes e das essências dos trabalhadores da ciência nas suas vivências em contextos sociais, históricos e filosóficos,

Portanto, depois de se tomar como requisito da proposta de ensino admitir a complexidade da realidade da natureza e prática científicas, é possível avançar e vasculhar no *modus operandi* dos trabalhadores da ciência, no modo de pensar e fazer científicos, nuances que podem ser transpostas de forma didática para o ensino de ciência na escola básica. Por exemplo, em relação ao mundo da vida no laboratório e a partir das inscrições ali produzidas:

Que os cientistas elaboram seus enunciados e essa é uma segunda noção importante para a compreensão da atividade do cientista no laboratório. Os enunciados são de diferentes tipos e, através de um conjunto de operações sobre e entre eles, os cientistas buscam transformar os que se apresentam como assertivas meramente especulativas em enunciados referentes a um fato plenamente instituído. (KROPF; FERREIRA, 1998, p. 593).

Especulações a partir das inscrições, elaboração de enunciados e construção de base argumentativa para criar narrativas de disputas em debates, podem ser habilidades do perfil do estudante, pois podem qualificar os estudantes em rotinas de pensar e fazer ciência quando constroem bases de determinados

enunciados, qualificação estudantil inspirada no laboro do cientista no laboratório quando aperfeiçoam enunciados para atingir a posição de “*matter of fact*”.

Compreender a racionalidade peculiar relativa às inscrições científicas e ao processo que as conectam na elaboração dos enunciados, ajuda a mostrar os contextos reais dos procedimentos para construção dos fatos. Fato científico que Latour (2011) caracteriza, quando um enunciado isolado de qualquer outro enunciado que pudesse modificar a sua natureza, em outras palavras, quando se encerrou a disputa em relação a qualquer controvérsia, estabeleceu-se, assim, um consenso científico. Esses estudos sobre o protocolo de construção de fatos representam o objeto central das investigações sobre a ciência fabricada no laboratório, mas esse protocolo na ciência que o estudante pode pensar e praticar na escola seria importante? Por quê?

Logo surge uma outra questão: como esse mesmo estudante reconhece tratar-se de um consenso científico? A pergunta faz-se oportuna na medida em que se sabe da série de artifícios que agentes da fabricação da ciência apressam-se em eliminar as pistas que poderiam esclarecer a fabricação dos fatos. Os cientistas promovem uma assimetria em relação aos contextos históricos, sociais e epistemológicos da produção de um enunciado, com a intenção de apagar as controvérsias que o antecederam, tornando um objeto novo em um objeto antigo e, quanto mais eficiente esse procedimento, mais fechada e estável estará a caixa preta, enfim é consenso!

Entretanto, com a naturalização do fato com seu realismo científico, além da separação do seu processo de fabricação, não há espaço para formação de juízo a seu respeito, diante disso temos a seguinte questão: como o estudante pode diferenciar um fato científico de alguma ficção? À frente de tantas “teorias” conspiratórias e obscurantistas de negação da ciência, tendo em conta que o contato que o estudante teve com o consenso científico ou com a negação da ciência essencialmente foi a mesma, na forma de caráter de manual informativo.

As três últimas questões poderiam justificar a necessidade de estudantes conhecerem os contextos históricos, filosóficos e sociais que permearam a fabricação dos fatos da ciência e dos objetos tecnológicos, pois ajudaria diferenciarem o que é consenso científico do que é mero negacionismo. Portanto, os estudantes precisam abrir as caixas pretas que guardam a história da fabricação do

que é consenso científico, para reconhecerem os discursos de base negacionista a partir de discursos de base científica e das suas peculiaridades.

A fabricação do fato científico depende essencialmente de delicada negociação entre os trabalhadores da ciência, com múltiplas estratégias incorporadas ao discurso para tornar a argumentação mais persuasiva, mas também pelo viés da ciência enquanto prática social de produção de conhecimento, haja vista toda a interação entre os atores nos contextos e contingentes do laboratório, próprio da descrição etnográfica da cadeia de eventos e práticas que dão forma concreta a essa interação é a contribuição mais original de “*A vida de laboratório*”. (KROPF; FERREIRA, 1998, p. 594).

Nuances importantes devem ser transpostas à Cultura de Laboratório, com o objetivo de provocar a característica de interação na sala de aula, por meio do whatsapp, na troca de e-mails ou por meio do blog Racional & Empírico, mas também nas equipes dos projetos das IIR, nas contingências locais do laboratório didático nos aspectos de manipulação da sua instrumentação e sobretudo na fabricação de enunciados e, por fim, na medida que os estudantes são potenciais influenciadores digitais de divulgação científica, por meio da produção de *podcasts*.

Outro aspecto que podemos destacar é quanto à enunciação científica de Latour e Woolgar (1997) e o ciclo de credibilidade característico dos processos de criação dos fatos científicos, podem ser incorporados pelo design de ensino na medida em que os estudantes a partir dos projetos de IIR, poderão exercitar ciclos de credibilidade. Com a investigação das caixas pretas, podem vir a demonstrar nos discursos características da racionalidade peculiar dos agentes da ciência profissional, como eles podem vir a experimentar a retórica de maior rigor científico e técnico com discursos com mais credibilidade, tendo em vista o alargamento da racionalidade do estudante por meio do letramento científico.

Mas o letramento científico para os estudantes poderia constituir uma forma de capital científico, no sentido de Bourdieu (1983), para ser convertido em outras formas de capital? Capital científico compreendido enquanto “uma espécie particular de capital social que assegura um poder sobre os mecanismos constitutivos do campo e que pode ser reconvertido em outras espécies de capital”, (1983, p. 127). Provavelmente, a educação científica poderia contribuir na forma de empoderamento dos coletivos de estudantes, a partir da compreensão do que Navarro e Fernández (2013) chamam de forças técnico-sociais e que interferem na

sociedade e nos seus coletivos, inclusive nas estruturas relativas aos meios de produção do mundo do capital.

Conforme Bourdieu (1983), o posicionamento inicial no campo científico de pesquisadores pode acontecer a partir dos anseios sociais e econômicos do cientista e na forma como investirá a sua apropriação do capital científico. Os seus ciclos de credibilidade não estão isentos completamente da influência de racionalidade da sociedade de mercado, pois cientistas, enquanto estrategistas, precisam racionalizar suas aplicações em credibilidade e na lógica da produção de ciência que precisa de financiamento em termos similares do “Mercado” e do mundo do Capital.

Portanto, trata-se de um espaço também de disputa concorrencial, associada com condições iniciais de capital científico e de posições hierarquicamente constituídas. Entretanto, devemos mostrar esse lado não altruísta da ciência com perfil mercantilista em uma proposta de ensino de ciência? Imagens não tão belas da natureza e das práticas científicas talvez pudessem afastar ainda mais os estudantes da ciência? Haja vista que os estudantes acabariam por perceber uma ciência essencialmente humana. Diante disso, devemos poupar nossos alunos dos contextos reais da produção científica?

Consideramos apropriado para a educação científica investigar com os estudantes a reputação dos cientistas e da sua produção científica, pois ela é o que é, uma produção essencialmente humana. Basta retomarmos o trabalho de Oreskes e Conway (2010), quando mostram as ações de alguns cientistas com grande credibilidade e, portanto, enorme capital científico, o qual já utilizaram para solidificar seus ciclos de credibilidade, mas que financiados pelo mercado e interesses do capital, utilizaram de toda a sua reputação para mercantilizar a dúvida em setores da ciência, nos quais já havia consensos científicos.

Por exemplo, os cientistas Frederick Seitz (1911-2008) e Siegfried Fred Singer (1924-2020), empreenderam batalhas para relativizar a ciência onde já havia consenso científico. Ambos estiveram à serviço da indústria do tabaco norte-americano, em que inseriram dúvida em trabalhos que apontavam a associação de muitos casos de câncer ao hábito do fumo do tabaco, além da orientação dos executivos das grandes indústrias tabagistas em negarem que a nicotina causava dependência química, mesmo segundo Oreskes e Conway (2010), com pesquisas

internas da própria indústria do tabaco que já apontavam à relação entre o uso da nicotina e da sua respectiva dependência química.

Fred Seitz e Fred Singer, ambos físicos com vasta produção científica nas suas respectivas áreas¹² e, portanto, com renome devido a sua credibilidade, também imputaram dúvida nos modelos científicos que investigam o aquecimento global, mesmo conforme Oreskes (2004), afirmar que havia consenso científico em termos da teoria sobre o aquecimento global. Basicamente, eles lideraram o movimento contrário ao *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) ou traduzido Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, os dois mercadores da dúvida conforme o livro “*Merchants of doubt*” ou “Mercadores da dúvida” de Oreskes e Conway (2010), lideraram o *Nongovernmental International Panel on Climate Change* (NIPCC) ou Painel Internacional Não Governamental sobre Mudanças climáticas, que consistia em criar narrativas negando ou impondo dúvida a tudo colocado pelo IPCC.

Mas, por que os mesmos dois físicos Seitz e Singer, atuaram para colocar em dúvida a produção científica da área médica e depois em questões relacionadas com aquecimento global? Para entender vale a máxima: “siga o dinheiro!”, ou seja, quem financia pesquisadores fora da sua área de pesquisa, para opinar contra o consenso científico? Com o objetivo claro de falsificar controvérsias e transformar o debate científico em debate ideológico, portanto do chão do laboratório para a esfera política.

Por exemplo, podemos ressaltar a partir da mídia investigativa em relação ao Marshall Institute, do qual Fred Seitz e Fred Singer foram membros fundadores:

¹² Fred Singer: Siegfried Fred Singer foi um físico naturalizado norte-americano, nascido na Áustria e professor emérito de ciências ambientais na Universidade da Virgínia, EUA, com formação em física atmosférica. Ele era conhecido por rejeitar o consenso científico em várias questões: das Alterações Climáticas.

Fred Seitz: foi um físico estadunidense. Foi pioneiro na física do estado sólido. Era um cético do aquecimento global antropogênico. Em 2008, colaborou para o relatório do Painel Não Governamental Internacional sobre Mudanças Climáticas.

[...] Em abril de 1998, uma dúzia de pessoas da máquina de negação - incluindo o Marshall Institute, o grupo de Fred Singer e a Exxon - se reuniram na sede do American Petroleum Institute em Washington. Eles propuseram uma campanha de US \$ 5 milhões, de acordo com um memorando de oito páginas que vazou, para convencer o público de que a ciência do aquecimento global está repleta de controvérsias e incertezas. O plano era treinar até 20 'cientistas do clima respeitados' na mídia - e divulgação pública - com o objetivo de "levantar questões e minar a 'sabedoria científica prevalecente' e, em particular, 'os fundamentos científicos do tratado de Kyoto'. (NEWSWEEK, 2007).

Ainda no rastro do dinheiro, por exemplo, quando Naomi Oreskes começou a investigar Fred Seitz, enquanto um dos principais céticos do aquecimento global, Seitz um físico nuclear e ex-presidente da Academia Americana de Ciências, descobriu que se tratava não somente de um fervoroso anticomunista, mas também foi um Liberal e Conservador do partido Republicano, que via em relação a qualquer intervenção estatal, um risco que poderia levar os EUA ao socialismo, mas, que no passado também havia atuado em promover incertezas no campo da ciência médica da oncologia nos temas relacionados com o tabagismo em consultorias contratadas pela indústria tabagista.

Diante do fato, Oreskes despertou para a realidade que seria impossível um suposto especialista que se contrapunha ao modelo de aquecimento global, também fosse um especialista em oncologia, começou a ficar claro para Oreskes que Seitz não promovia um legítimo debate científico, mas sim um debate ideológico ao implementar narrativas que suscitavam ilegítimas controvérsias. Já em relação ao físico Fred Singer, Oreskes e Conway (2010) descobrem a existência de documentos que comprovam as suas relações com a Philip Morris da indústria do tabaco.

Há de se destacar que a manutenção da "controvérsia viva" por meio de suscitar incertezas ao consenso científico, foi realizado com método, com a contratação pela indústria tabagista da firma de relações públicas Hill and Knowlton, cujo fundador e presidente, John Hill, havia traçado a estratégia diversionista, já em 1953, que fazia escola: "As dúvidas científicas precisam continuar". Foi essa firma de relações públicas que ficou na coordenação de colocar em dúvida o consenso científico.

No sentido de manutenção da dúvida que os dois físicos Fred Seitz e Fred Singer, dois notórios céticos do aquecimento global, mantiveram-se durante muito tempo no negócio de promoção de incertezas ao consenso científico, no que diz

respeito em questões que poderiam prejudicar de alguma forma parte da indústria, ao menos a tabagista e a do petróleo. Os dois cientistas no debate ideológico atacavam todo tipo de regulamentação que seriam obstáculos aos objetivos do Capital, em geral regulamentações protetoras do meio ambiente e da saúde humana.

Um grande aliado nessa empreitada protocolar de desacreditar a ciência para desregular, afirmam Oreskes e Conway (2010), foi a imprensa, em especial órgãos de orientação conservadora ou pró-empresarial, como o diário "Wall Street Journal". Protocolo empregado num longo rol de controvérsias sobre: fumo passivo, chuva ácida, buraco de ozônio, DDT, inverno nuclear, aquecimento global, entre outros.

Com um discurso diversionista, Seitz, Singer e seus seguidores atraíam repórteres ansiosos por visões contraditórias e teorias conspiratórias. Em muitos casos, pressionavam os corpos editoriais das emissoras com a diretriz de regulamentação *Fairness Doctrine* (doutrina do equilíbrio), a qual foi:

Criada pela Federal Communications Commission (FCC) para exigir das emissoras a cobertura de temas de importância pública de maneira equilibrada, apresentando os vários lados do assunto em pauta. De maneira subsidiária, a *Fairness Doctrine* dava aos candidatos a oportunidade de responder aos editoriais políticos hostis e também dava o direito similar de réplica a quem tivesse sido pessoalmente atacado (CHUEIRI; RAMOS, 2013, p. 569).

O ato regulamentário fixava em lei a obrigação de emissoras darem espaço equivalente para discursos contraditórios, o que para um primeiro olhar parece muito justa tal regulamentação, quando se trata de debates exclusivamente científicos sobre controvérsias científicas, mas se o debate for entre defensores do consenso científico versus negacionistas. Exemplificando, o Prêmio Nobel de química de Frank Sherwood com Mário Molina e Paul Crutzen sobre a destruição da camada de ozônio, foi questionado por Singer já em 1995, mesmo antes da regulamentação da *Fairness Doctrine*, o mesmo aconteceu em relação aos relatórios do IPCC, duramente criticados por Seitz, Singer e seus colaboradores ao utilizarem-se do mesmo expediente.

O agrupamento dos supostos "céticos" apresenta narrativas de vitimização, com a alegação de ataques dos defensores de um suposto consenso científico, por exemplo, mas que seria fraudulento em favor do aquecimento global e imposto pelo

IPCC ou por órgãos reguladores do estado que se pautam na ciência para fiscalizar atividades ligadas à indústria, com o objetivo de limitar a liberdade empresarial. Portanto, não há economia para esse grupo de “céticos” na defesa da indústria e do enfraquecimento dos órgãos que regulamentam sua atuação, nos termos do uso de meios e de recursos ilícitos, nem que seja necessário destruir a credibilidade da ciência e de cientistas.

Em termos históricos, a ciência não prova a verdade e nem fornece certezas definitivas, basta olharmos às várias rupturas de paradigmas da ciência descritas por Kuhn (2013) em “A estrutura das revoluções científicas”. Porém, em cada tempo de ciência normal no seu tempo histórico, não podemos relativizar tudo na ciência, pois do contrário deixaríamos de resolver alguns dos problemas sob determinado paradigma, precisamos considerar algum consenso de especialistas baseado na acumulação e no escrutínio organizado das evidências, dos experimentos exemplares e da solução de alguns dos problemas. Enfim, é preciso admitir alguma versão da verdade, mesmo provisoriamente, sob a tutela de paradigmas da ciência normal que se pratica.

É importante destacar que o movimento negacionista do aquecimento global impõe uma campanha bem organizada, com protocolo de geração de supostas evidências e discurso com aura de credibilidade, portanto, em relação ao seu propósito de manutenção da dúvida viva, o que acaba por atrasar talvez a real discussão, de ao menos por hipótese, admitir o inevitável aquecimento global e as consequências de estar relacionado com as mudanças climáticas, que já assolam a humanidade e que deveriam ser o foco das discussões e das medidas de enfrentamento. Portanto, não é o caso de promoção da guerra entre “cientismo” versus “ceticismo ambiental” segundo (JACQUES, 2006), mas sim atuar para ações conjuntas e coletivas para diminuir os impactos ambientais e melhorar as condições das populações mais vulneráveis.

Qual o papel da educação científica diante de controvérsias ilegítimas e de debates ideológicos entre a ciência e o negacionismo? Definitivamente, a escola terá que desempenhar um papel fundamental de, por meio do letramento científico, contribuir para que os estudantes se apropriem de capital científico, para conseguir discernir o que é debate científico do que é debate ideológico, o que é controvérsia científica do que é mero negacionismo de consenso científico. É importante os estudantes conhecerem o percurso de estabilização do enunciado científico, até a

configuração na forma de fato da ciência, pois assim poderá diferenciar processos da ciência que desencadeiam em produtos de consenso científico, até para conseguir diferenciar narrativas acerca da construção de um fato, de narrativas acerca da elaboração de alguma ideia negacionista.

O debate científico ou ideológico evidencia a complexidade que pode surgir quando grupos de estudantes são imersos em projetos de investigação científica, uma vez que poderão surgir nós da rede de complexidade que envolvem interesses econômicos, financeiros, políticos, ambientais e tantos outros fios que compõem a teia da literatura técnica e científica. Portanto, aquecimento global, gás carbônico, carros elétricos, painéis solares, petróleo, países produtores de petróleo, sistemas políticos e financeiros, têm muito mais complexidade nas relações do que deixam transparecer. Os estudantes na imersão terão contato com a credibilidade de determinados grupos de pesquisa e dos seus respectivos capitais científicos.

A partir do bloco de conteúdo sobre termodinâmica, que trabalhamos sob o design da Cultura de Laboratório, cuja sequência didática, logo no primeiro momento pedagógico, iniciamos com a situação problematizadora da disputa de narrativas entre aquecimento e resfriamento global, justamente por evidenciar um debate entre consenso científico versus negação da ciência, um debate com aparência de controvérsia científica, mas que não passa de protocolo de manutenção de dúvida, cujo objetivo é o de atrasar ações coletivas em prol do meio ambiente e do bem-estar das pessoas.

3.2 É PRECISO CONHECER OS LABORATÓRIOS DA CIÊNCIA

À frente das forças técnico-científicas e sociais que emergem dos laboratórios e são potencialmente, no sentido de Postman (1994), transformadoras das culturas, a partir dos cientistas que atuam em debates científicos, mas também em debates ideológicos, também influenciam os rumos do mundo da vida social, econômico, político. Enfim os agentes, os fatos da ciência e os objetos da tecnologia estão intrinsecamente amarrados com a sociedade e com a condição humana. Navarro e Fernández (2013) orientam que os coletivos sociais precisam conhecer o laboratório, mas como conhecer, no sentido de Hodson (1993), a verdadeira natureza e prática da fabricação científica?

Já conhecemos representações a partir das narrativas dos nativos do laboratório, mas se faz necessário o olhar etnográfico *in loco* de um observador do laboratório, em termos antropológicos. É essa perspectiva que se encontra em Latour (2011), em seu livro “Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora”, traz aspectos peculiares da sua vivência no laboratório do Instituto Salk, em que traz a proposição de outra tática: a de estudar os cientistas em seu habitat natural, tal como antropólogos investigam comunidades isoladas.

Trabalhos que investigam os nativos do laboratório, no laboratório, podem contribuir para compreendermos as especificidades e a racionalidade características desses agentes da ciência, pessoas que culturalmente têm parte do seu mundo da vida no laboratório, além de auxiliar na compreensão do papel social, político e econômico do laboratório, enquanto espaço de fabricação de fatos e objetos nos campos científico e tecnológico que podem transformar a sociedade.

A metáfora de “abrir a caixa de Pandora¹³” de Latour (2011), de forma análoga, pode representar a ideia das “caixas pretas” das ilhas de racionalidade de Fourez (1994), um protocolo que compõe um dos princípios do design Cultura de Laboratório: o princípio de promover a imersão de estudantes em projetos de investigação científica, no qual aperfeiçoamos o desenho durante os ciclos iterativos da pesquisa-aplicação. Mas, a partir de Latour (2011), é possível avançar com as ilhas de racionalidade ao trazer um outro panorama importante para familiarizar e naturalizar os estudantes em processos investigativos: o das vivências dos nativos na cultura de um laboratório, nas quais há costumes que podem ser transpostos didaticamente para a proposta de ensino de CL.

Interessa-nos o sentido que Latour (2011) escolheu para a expressão “caixa-preta”, pois tratou como item usual da cibernética, ao apresentar um grupo de comandos ou quando uma máquina apresenta muita complexidade. A partir do esboço de uma caixinha preta, sobre a qual não é necessário saber nada, a não ser o que entra na caixa e o que sai dela. Não há escolha melhor de analogia para representar um fato da ciência ou objeto da tecnologia, a julgar por tratar-se da forma estabilizada como são apresentados. Já não há controvérsia, é fato! Esquecidas no passado, apagada e desconectada dos seus contextos de fabricação

¹³ Pandora, o androide mítico enviado por Zeus a Prometeu.

e do seu tempo histórico, tornou-se fato da natureza em termos de realismo científico e da sua tecnicidade.

Ainda em termos metafóricos, a figura de Jano¹⁴ é deveras oportuna para os propósitos do design CL, por razões alegóricas, haja vista que a simbologia vem bem a calhar para iniciar um curso de Física, que se propõe a trazer os contextos históricos, sociais e filosóficos que permearam a fabricação da ciência e da tecnologia. Ao trazer o “calor” das disputas no chão de laboratório, enquanto as narrativas procuram transformar inscrições dos aparelhos em enunciados candidatos de tornarem-se fatos, enfim controvérsias “quentes”! Por exemplo, enquanto máquinas de fogo eram fabricadas, discutia-se as melhores formas de aumentar a sua eficiência, mas, ao mesmo tempo, a origem da vida e a formação do Cosmos. É neste cenário de chamas, explosões, leis da termodinâmica, postulado da entropia e questões filosóficas da origem da vida e do universo, que pessoas nas suas vivências entorno das máquinas à vapor revolucionaram o mundo a partir do “Fogo na fornalha!”, gritariam os mais entusiasmados!

Foi a partir da figura do Deus Jano, da mitologia romana, que abrimos os trabalhos do bloco de conteúdo da termodinâmica, a partir da discussão acerca dos aparelhos tecnológicos e da forma como são apresentados, verdadeiras caixas de pandora cheias de segredos. Escolha apropriada para escancarar para os estudantes a natureza essencialmente humana da ciência, portanto, com todas as suas contradições. Representadas a partir das posições contrárias das “duas faces” da ciência, as quais, Latour (2011) denominou, à esquerda de “Ciência pronta” e à direita de “Ciência em construção”, é neste instante que convidamos os estudantes para investigarmos a face à direita.

¹⁴ Jano trata-se de uma figura mítica romana representada com dois rostos, apresentados olhando em sentidos opostos. Simbolizando dualismo e ambiguidade, feições positivas e a negativa de uma ação ou objeto. As duas faces de Jano, diametralmente contrárias, representam posições opostas, como o ideal e o material, o concreto e o abstrato. As falas contrárias das faces de Jano, suas incoerências intencionavam naqueles que as ouvissem provocar a confusão.

Figura 4 - As "duas faces de Jano"



Fonte: Latour (2011, p. 6).

Na face da direita, é o que há de mais interessante da ciência trabalhadora, por exemplo, é nas engrenagens com graxa, nas válvulas de pressão, nos pistões conectados à virabrequins por bielas, em movimento a partir das explosões dos ciclos motores, que se compreende mais sobre as revoluções industriais, as relações de trabalho e do acúmulo do capital a partir da exploração da mais valia dos minutos, das horas e dos anos dos trabalhadores. Enfim, compreender o mundo social, político, econômico e filosófico a partir dos fatos e das engrenagens das máquinas, pois é do chão dos laboratórios que emergem elementos de força técnico-científica que interferem no mundo da vida dos coletivos na sociedade, nos mais diversos campos, inclusive em sistemas educacionais, tendo em vista o modelo prussiano da indústria escolar que preparava o aluno para o mundo do trabalho na indústria, mas também para a guerra.

Por outro lado, a face da esquerda representa a ciência como caixa preta fechada. Livre das controvérsias, das decisões, da concorrência, das incertezas e do laboro totalmente indubitável em relação ao seu passado. Opondo-se, portanto, da face da direita, pois ela representa as controvérsias em aberto, opta-se por não escolher a grandiosidade da ciência acabada, mas sim o de investigar a trajetória de processos de fabricação dos fatos da ciência: “suspense, jogada, tom, prazo de publicação, boquiaberto, seis semanas no máximo”, (LATOURE, 2011, p. 10).

Em termos da ciência em construção, vejamos o exemplo do cenário da pandemia de 2020 e 2021, em relação à disputa das vacinas para imunização contra a covid-19: de Oxford-AstraZeneca, da Moderna, da Pfizer Biontech, da Gamaleya - Sputnik V, da Sinovac - Coronavac entre tantas outras. Vacinas construídas em laboratórios com diferentes metodologias: vetor viral (vírus geneticamente modificado) ou RNA. Além das questões da eficácia 51%, 62% a 90%, 95% e das condições de armazenamento em temperatura normal de refrigerador doméstico ou

de refrigeradores especiais à - 20^o C ou à - 70^o C, para não mencionar acerca do preço de cada vacina.

Mas, particularmente, na questão brasileira, em que o debate ideológico suplantou o debate científico, o que muito provavelmente provocou mais mortes, em que lideranças políticas com discurso negacionista e de prescrição de medicação inócua para o a Covid-19, pode ter potencializado a pandemia em número de vítimas e de contaminação. Ao menos é o que aponta o trabalho de Ferreira *et al* (2021) com o título “Mapeamento e análise das normas jurídicas de resposta à covid-19 no Brasil”, a pesquisa realizada pelo Centro de Pesquisas e Estudos de Direito Sanitário da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e também por Conectas Direitos Humanos, obteve resultados no mínimo preocupantes, basta ver o processo de propagação da covid-19 e a conseqüente realidade do Brasil ser um dos países mais afetados por ela em relação ao mundo.

O péssimo desempenho do governo brasileiro em combater o progresso da pandemia, aparece no ranking exposto no trabalho de Alyssa Leng e Hervé Lemahieu (2021), do Instituto *Lowy Institute* disponível em: <https://interactives.lowyinstitute.org/features/covid-performance/#rankings>, cuja posição do Brasil no combate a pandemia, entre um total de 98 países investigados, é na última colocação, com uma nota 4,3 de 100 pontos possíveis, informações a partir de:

Dados disponíveis até 9 de janeiro de 2021. Os dados foram extraídos da série Our World in Data, mantida por pesquisadores da University of Oxford e o Global Change Data Lab, sem fins lucrativos. Médias móveis de catorze dias de novos valores diários foram calculadas para os seguintes indicadores: casos confirmados, mortes confirmadas, casos confirmados por milhão de pessoas, mortes confirmadas por milhão de pessoas, casos confirmados como proporção de testes e testes por mil pessoas. (LENG E LEMAHIEU, 2021, p. 6).

Investigações começam a mostrar que, provavelmente, no Brasil houve método em não combater a pandemia e promover a propagação do vírus, por exemplo, o trabalho de Ferreira *et al* (2021) mostrou “a existência de uma estratégia institucional de propagação do vírus, promovida pelo governo brasileiro sob a liderança da Presidência da República” (2021, p. 6), encontra-se também na pesquisa sobre a linha do tempo da pandemia da covid-19 ao longo de 2020, em

que se observa três eixos do protocolo federal da presidência da república de propagação do vírus em ordem cronológica:

1. Atos normativos da União, incluindo a edição de normas por autoridades e órgãos federais e vetos presidenciais; 2. Atos de obstrução às respostas dos governos estaduais e municipais à pandemia; e 3. Propaganda contra a saúde pública, aqui definida como o discurso político que mobiliza argumentos econômicos, ideológicos e morais, além de notícias falsas e informações técnicas sem comprovação científica, com o propósito de desacreditar as autoridades sanitárias, enfraquecer a adesão popular às recomendações de saúde baseadas em evidências científicas, e promover o ativismo político contra as medidas de saúde pública necessárias para conter o avanço da Covid-19. (FERREIRA *et al*, 2021, p. 6).

É opinião dos autores do trabalho de que a marca que o Brasil atingiu de 200 mil mortes até a publicação da pesquisa em janeiro de 2021 “em sua maioria mortes evitáveis por meio de uma estratégia de contenção da doença. Isto constitui uma violação sem precedentes do direito à vida” (FERREIRA *et al*, 2021, p. 7). A pesquisa, por exemplo, ressalta que os eventos foram coletados a partir dos:

[...] boletins anteriores e à base de dados do projeto Direitos na Pandemia, à jurisprudência do Supremo Tribunal Federal e do Tribunal de Contas da União, além de documentos e discursos oficiais. No que se refere especificamente ao eixo de propaganda, foi também realizada busca com descritores na plataforma Google para coleta de vídeos, postagens e notícias. (FERREIRA *et al*, 2021, p. 6).

A investigação analisou leis, decretos, portarias, medidas provisórias, instruções normativas e claro manifestações públicas do Presidente do Brasil o Sr. Jair Bolsonaro, em relação a alguns dos manifestos do Presidente da república Hallal (2021, p. 1) relata na revista *The Lancet*:

[...] Em março de 2020, Presidente Jair Bolsonaro denominou COVID-19 como ‘gripezinha’, um ‘resfriadinho’. Em abril de 2020, ele declarou havia sinais de que a pandemia estava chegando ao fim. Um mês depois, quando questionado por jornalistas sobre o número crescente de casos da COVID-19, Bolsonaro respondeu ‘E daí? Lamento. Quer que eu faça o quê?’, diz Bolsonaro sobre mortes por corona vírus; ‘Sou Messias, mas não faço milagre’.

Ferreira *et al* (2021) afirma que houve empenho e eficiência na atuação da União “em prol da ampla disseminação do vírus no território nacional, declaradamente com o objetivo de retomar a atividade econômica o mais rápido possível e a qualquer custo” (FERREIRA *et al*, 2021, p. 7).

As conclusões de Hallal (2021) corroboram com Ferreira *et al* (2021), quando aponta que além das declarações ultrajantes do Sr. Presidente, a forma como o governo brasileiro enfrentou a pandemia ficou muito aquém do desejado, por exemplo, “ as taxas de testagem ficaram muito abaixo da média mundial, não houve política nacional de implementação de rastreamento de contágio, o isolamento social foi desacreditado” (HALLAL, 2021, p. 1).

Em plena pandemia, mudou-se de ministro da saúde por três vezes em quatro semanas. O primeiro, o médico ortopedista e político Sr. Luiz Henrique Mandetta; o segundo, o médico oncologista Sr. Nelson Luiz Sperle Teich; por fim, o terceiro, o General de três estrelas de divisão do Exército Brasileiro, Sr. Eduardo Pazuello. Até a revisão deste texto, houve mais uma troca de ministro, com o também médico o Sr. Marcelo Antônio Cartaxo Queiroga Lopes (da área de hemodinâmica e cardiologia intervencionista).

Chama-nos a atenção que não há nenhum epidemiologista entre os ministros da saúde mencionados, ao menos dos três ministros da área médica, com destaque ao não médico, mas sim um militar especialista em logística. Os dois primeiros ex-ministros da área da saúde, “Luiz Henrique Mandetta e Nelson Teich, discordaram publicamente de Bolsonaro em defesa da ciência e das recomendações para combater o COVID-19” (HALLAL, 2021, p. 1). Desde os primeiros meses de 2021, com o início da pandemia no Brasil, a situação piorou muito e aponta-se que a União sob o comando do Sr. Jair Messias Bolsonaro foi deveras competente, ao menos quando se olha os números a seguir:

Desde o início da presidência de Bolsonaro em 2019, a ciência foi atacada com cortes no orçamento e negacionismo [...] a trágica política do Brasil sobre a COVID-19 chega com um preço. Com 211 milhões de pessoas, a população brasileira representa 2,7% da população mundial. Se O Brasil representasse 2,7% do total global de mortes por COVID-19 (ou seja, atuando como a média global na luta contra a pandemia), 56.311 pessoas teriam morrido até janeiro de 2021. No entanto, em 21 de janeiro de 2021, 212. 893 pessoas morreram de COVID-19. Em outras palavras, 156.582 vidas foram perdidas no país devido ao baixo desempenho. Atacar os cientistas definitivamente não ajuda a resolver o problema. (HALLAL, 2021, p. 1).

Paralelamente ao cenário da pandemia da Covid-19, os coletivos da sociedade discutem sobre, por exemplo, no setor econômico, mas e, a bolsa de valores? Deve-se investir em ações das fabricantes das vacinas, mas em qual das empresas? Abrir o comércio ou manter o lockdown? Quanto deve ser o valor do

auxílio emergencial? Enfim, para o bem e para o mal, os sobreviventes à pandemia tiveram a oportunidade de conhecer um pouco do chão dos laboratórios, das controvérsias, dos debates científicos, dos debates ideológicos, da disputa entre discursos científicos pautados no consenso científico versus os discursos pautados no negacionismo.

Enfim, há como ficar alheio ao mundo da vida de laboratório e do *modus operandi* dos cientistas? Principalmente diante do que vivenciamos das essências e dos costumes essencialmente humanos em estado bruto, além das consequências dos fatos da ciência e da tecnologia que interferiram nas nossas vivências e incertezas diárias: usar máscara ou não? Tomar Cloroquina e Invermectina ou não? Qual vacina deve-se tomar a dos Comunistas ou dos Liberais Conservadores? Ou não se deve tomar a vacina, pois trata-se de uma “gripezinha”? Trabalhar em home office ou presencialmente na empresa? Diante disso estabelece-se uma certeza: não é possível alienarmos os coletivos ao que acontece no mundo da vida dos laboratórios, deve-se envolver as pessoas por meio da educação científica em propostas de ensino que permitam ao estudante familiarizar-se e naturalizar-se com a fabricação dos fatos da ciência e com os objetos da tecnologia e do seu potencial enquanto forças técnico-científico-sociais.

Entretanto, um designer de ensino de ciência precisa considerar como preparar os estudantes, por meio da proposta de ensino, antes da sua imersão no mundo da ciência e da tecnologia? O que se deve buscar no mundo da ciência trabalhadora para melhor compreender a sua natureza e prática científica? Logo para o desenho de ensino a “entrada no mundo da ciência e da tecnologia será pela porta de trás, a da ciência em construção e, não pela entrada mais grandiosa da ciência acabada”, (LATOUR, 2011, p. 6). Pois é a partir da perspectiva privilegiada de quem investigou a atividade científica, por exemplo, a menção de Latour (2013) a respeito do relato de Shapin e Schaffer (1985), sobre a disputa em que Robert Boyle (1627-1691), utiliza-se da ilustração do laboratório no qual teria inventado uma política científica para a natureza; enquanto que Thomas Hobbes (1588-1679), com o parlamento teria inventado uma ciência política para os homens. O relato ressalta a mediação do laboratório em que Boyle explica o mundo, em que pela primeira vez:

[...] Nos estudos sobre as ciências, todas as ideias relativas a deus, ao rei, à matéria, aos milagres e à moral são traduzidas, transcritas e obrigadas a passar pelos detalhes do funcionamento de um instrumento. Antes deles, outros historiadores da ciência haviam estudado a prática científica; outros historiadores haviam estudado o contexto religioso, político e cultural da ciência; mas ninguém até então havia sido capaz de fazer os dois ao mesmo tempo. (LATOURE, 2013, p. 26).

O relato de Shapin e Schaffer (1985) não é empírico apenas por sua riqueza ao detalhamento de instrumentos no mundo do laboratório, mas sim por fazer a “arqueologia destes objetos”, (LATOURE, 2013, p. 27), emersos do laboratório do século XVII. O trabalho de Shapin e Schaffer (1985) faz de forma parcialmente etnográfica, o que os filósofos da ciência não realizam mais: expor os fundamentos realistas da ciência. Até para que na abertura de uma caixa preta para realizar a arqueologia do saber sábio, haja a compreensão de que contexto e conteúdo se confundem, de tal forma que “convém deixar de lado todos os preconceitos sobre as distinções entre contexto em que o saber está inserido e o próprio saber” (LATOURE, 2011, p. 10). Ainda em relação à arqueologia dos fatos, é importante destacar que Boyle teve a clareza em posicionar o laboratório na intersecção entre a sociedade e a natureza, na medida em que sua função instrumental de mediador transforma contextos, mas também sofre transformação.

Sobre o laboratório e a fabricação dos fatos interessa-nos trazer para sala de aula os temas controversos, mas sempre com a clareza e o afastamento para percepção da controvérsia, até para que os estudantes consigam diferenciar um debate científico de um debate ideológico. Desta forma, entre a ciência que sabe e a ciência que não sabe, escolhemos a segunda por ser a mais ignorante, para suportar a metodologia de não ensinar por doutrina, pois queremos estudantes descrentes que aprendam a conviver com discursos dissonantes, com vozes que se colocam de forma contraditória e que se manifestam simultaneamente. Uma vez que para a face esquerda de Jano fatos e máquinas são suficientemente bem determinados, enquanto que para a face direita fatos e máquinas estão sempre subdeterminados nos seus processos de fabricação. Portanto, o estudante com a clareza de que do ponto de vista a controvérsia na ciência em construção nunca se encerra e, que na ciência pronta existe estratégias para fechar a caixa preta e promover a estabilização do fato ou máquina.

O estudante ao estar a par dos processos de fabricação dos fatos no laboratório, aumenta seu potencial de negociação e o poder de persuadir leigos e

especialistas. Com o perfil de bom explicador sobre os temas científicos, passa a acatar alguns dos fatos e descarta fatos inúteis, pois agora que está convencido que o fato ou máquina funciona será capaz de convencer os outros da sua máxima de bom funcionamento e, teremos a base do discurso persuasivo da ciência normal, o objeto transformou-se numa caixa-preta. “E, por que esse transforma em caixa-preta? Porque é uma boa máquina, diz o lado esquerdo do nosso amigo Jano. ”, (LATOUR, 2011, p. 18).

O aluno pode adquirir a clareza de que o debate científico entorno de uma controvérsia trata-se de disputa entre modelos explicativos, que representam versões da natureza ou da realidade, mas não passam disso, versões. Porém, ele terá a autonomia de optar por uma das versões, escolha condicionada ao seu preparo a partir da apropriação do conhecimento dos meios de fabricação dos fatos, que acabam por integrar o seu capital científico, mas que intrinsecamente por compreender a natureza e a prática científicas terá a consciência de que a versão da realidade possui uma condição de verdade sempre provisória, haja vista que a realidade foi fabricada no laboratório.

Mas, nos projetos de ilhas de racionalidade, por onde os estudantes começarão os estudos sobre ciência e tecnologia? Ou como abrir a caixa de Pandora? Primeiramente, procurar uma entrada, em segundo lugar com a percepção de que o suficiente nunca é o suficiente e, em terceiro, orientar-se conforme a seguinte regra metodológica:

[...] entraremos em fatos e máquinas enquanto estão em construção; não levaremos conosco preconceitos relativos ao que constitui o saber; observaremos o fechamento das caixas pretas tomando o cuidado de fazer a distinção entre duas explicações contraditórias desse fechamento, uma proferida depois dele, outra enquanto ele está sendo tentado. (LATOUR, 2011, p. 22).

A proposta de ensino, nesse sentido, pode contribuir com a formação dos estudantes diante dos problemas abertos, por exemplo, acerca do aquecimento global e suas relações com a sociedade, a ciência, a tecnologia e o meio ambiente. Mas também, diante de problemas fechados, entre os quais, relativo aos chuveiros elétricos (resistores e seu aquecimento/potência versus comprimento), ou o multiplicador de água (relativo ao conceito de pressão e o efeito sifão), bons exemplos de caixas pretas para despertar a curiosidade e o interesse dos alunos.

Temos a consciência que contribuir na formação de estudantes com tal perfil é desafiador, tendo em conta o quadro representativo da ciência em construção revelado é de extrema riqueza e fascinante, mas também desconcertante e cheio de complexidades. Portanto, acreditamos que estudantes engajados poderão se tornar explicadores com características do discurso etnográfico, que utilizam da literatura e da comunicação escrita ou falada, para divulgar como os assuntos da ciência funcionam de fato.

O discurso dos estudantes sobre os processos de fabricação dos fatos científicos ou das máquinas se diferenciará do discurso de outras pessoas, as quais se limitam a tratar ciência pronta com a sua solidez, seja dos seus fundamentos, do seu desenvolvimento ou da sua periculosidade. Portanto, por que a escola não contribui para a formação de estudantes para se interessarem pelos processos de construção da ciência?

Possivelmente porque as metodologias de ensino de ciências não possuem a racionalidade de promover didáticas que provoquem as controvérsias sobre temas científicos, talvez por desencadearem uma postura da estrutura e de docentes em termos de análises sistêmicas. Tal fato exigiria a religação dos saberes disciplinares e, a necessidade de professores e estudantes que precisariam somar ao rigor analítico da organização disciplinar as análises sistêmicas das teias complexas que interligam os diferentes saberes, mas que permitiria o vislumbre da ciência em construção.

Entretanto, muitos dos docentes trocam a complexidade pelo conforto da doutrina da ciência acabada e por um discurso de base ideológica para convertidos, um conformismo que encontra base a partir da:

[...] defesa da ciência e da razão contra as pseudociências, contra a fraude e a irracionalidade mantém a maioria dessas pessoas ocupada demais para estudá-la. Como ocorre com milhões ou bilhões de leigos, o que elas sabem sobre ciência e tecnologia provém apenas da sua vulgarização. Os fatos e artefatos que esta produz caem sobre suas cabeças como um fado externo tão estranho, desumano e imprevisível quanto o *fatum*¹⁵ dos antigos romanos. (LATOURET, 2011, p. 24).

¹⁵ Do latim o significado de "fatum" é destino. Para os romanos o termo "fatum", fado ou destino, representava uma ameaça, nascido da Noite e do Caos, o "fatum" situava-se acima das divindades, que estavam submetidas ao seu poder. Para os Estoicos, o "fatum" surge também acima de todos os homens e deuses.

Mas, para deixar a conformidade de leigo, como diferenciar o que é consenso científico do que não é, tendo em vista que os fatos e os factoides podem ser informados da mesma forma estranha, desumana e imprevisível? Fato é que a lacuna na mente do leigo pode ser preenchida por versões obscurantistas, pois da forma como a ciência lhe foi informada, torna-se uma questão de escolha em acreditar ou desacreditar. Assim sendo, não há diferença, com o risco que a crença ou descrença preguiçosa em compreender de fato a realidade da ciência pode levar o leigo aos “terraplanismos” em diferentes áreas do conhecimento. Portanto, não há mais tempo, precisamos escolher uma posição não partidária da ciência e abrir as caixas pretas dos fatos da ciência e dos objetos tecnológicos.

3.2.1 As Caixas Pretas antes do seu Fechamento

Urge trazer para o ensino de ciência os debates científicos a partir das controvérsias, com as disputas de argumentos e contra-argumentos, as estratégias de melindrar narrativas opositoras, dentre outras nuances comuns da ciência trabalhadora, pois podem ajudar os estudantes a compreenderem a construção de discursos persuasivos daqueles que fabricam os fatos da ciência. Diante do exposto se torna possível conhecer mais sobre a forma como cientistas desde as primeiras leituras nos instrumentos de inscrição, das primeiras sentenças e da fabricação de enunciados realizam processos de construção de fatos na literatura científica, processos de construção que exigem retórica intensa e convincente dos seus explicadores.

Portanto, é importante acompanharmos engenheiros e cientistas, desde os seus campos de investigação científica para conhecermos características desses nativos em seu habitat natural: o laboratório! E, a partir dos contextos que permeiam o chão em que os fatos são fabricados, com o auxílio da simetria, enquanto instrumento da antropologia comparada, é possível desmitificar possíveis imagens características de *modus operandi* dos trabalhadores da ciência, muitas vezes distorcidas por transposições didáticas apressadas.

Por exemplo, “ seguiremos os passos de cientistas e engenheiros nos momentos e nos lugares nos quais planejam uma usina nuclear, desfazem uma teoria cosmológica” (LATOURET, 2011, p. 29). Para investigarmos desde a produção

dos fatos ou máquinas estabilizadas ou “frias” até a instabilidade dos fatos ou máquinas “quentes”. Em vez de buscarmos a compreensão das forças técnico-científico-sociais depois da caixa preta fechada e estabilizada, investigarmos a ciência ainda em ação e da sua interação com os contextos sociais, históricos e epistemológicos na sua contemporaneidade, ou seja, antes da caixa escurecer pelo seu fechamento.

Portanto, posicionar-se em termos da simetria no centro das controvérsias constitui a estratégia de um dos princípios de design da Cultura de Laboratório ao envolver estudantes em projetos de investigação científica e, com a iniciação por um modelo simples de controvérsia, em que diante de uma sentença colocam-se pessoas concordantes versus pessoas discordantes à sentença, em outras palavras: a controvérsia se instaura quando diante de uma informação surgem pessoas que acreditam nela e outras que não acreditam.

No âmbito escolar, muitas vezes, os estudantes se defrontam com supostas controvérsias, mas que na verdade constituem debates entre consenso científico versus negacionismo. Mas, estudantes que aprendem sobre as nuances da natureza e prática científicas, ao experimentarem a investigação científica habilitam-se em perceber que, muitas vezes, a suposta controvérsia resume-se a mero debate ideológico. Portanto, estudantes uma vez habilitados por meio do letramento científico, tornam-se capazes de enfrentar, por exemplo, cenários de ataque à ciência, por diversionismo ou negacionismo.

No cenário atual, Sismondo (2017) alerta que muitas pessoas se preocupam porque estaríamos entrando em uma era de pós-verdade, haja vista o quanto de atenção é destinado às notícias consideradas falsas, um enorme gasto de energia e tempo para realizar a distinção entre o que é real e o que é falso. A CTS “sugere que o surgimento de uma era pós-verdade pode ser mais possível do que a maioria das pessoas poderia imaginar” (SISMONDO, 2017, p. 3). A ideia de fato surge da solidez de configurações estruturadas e com particularidades associadas com instituições, práticas, discursos e políticas epistêmicas, entretanto, “por mais sólidas que essas configurações pareçam agora, não é rebuscado imaginá-las interrompidas” (SISMONDO, 2017, p. 3).

Os movimentos negacionistas atuais também se utilizam de discursos pautados em “teorias conspiratórias” e, de modo geral, atacam o consenso científico. Marques (2015) afirma não se tratar somente da desqualificação dos cientistas, mas

também da instituição ciência. Por exemplo, a negação do aquecimento global estaria lado a lado com outras crenças como do terraplanismo, do movimento pela não vacinação, até mesmo dos descrentes da ida do homem à Lua. Portanto, uma busca de desqualificar a autoridade da ciência em benefício das crenças no mínimo absurdas.

Mas, talvez faltou para Marques (2015) perceber que embora, em princípio, a tal era pós-verdade pareça ter uma aparência em que de tempos em tempos a besteira é altamente valorizada, deve-se analisar com cautela, pois talvez não seja apenas um ataque difuso dos pilares da ciência e dos seus processos de fabricação dos fatos, basta ver os estragos que as falsificações e negacionismos podem causar. É possível apostar que tais tentativas de explodir as estruturas de conhecimento atuais seja realizado com método e, a fabricação das falsificações requerem desde infraestrutura, engenhosidade, esforço, simulacros de validação e, obviamente, financiamento.

Basta olharmos o que Oreskes e Conway (2010) mencionaram a respeito dos Físicos Fred Singer e Fred Seitz, que financiados, primeiro pela indústria do tabaco e depois pela indústria do petróleo, atacaram o consenso científico em áreas da oncologia e da meteorologia, ao promoverem dúvida sobre as relações do tabagismo e alguns casos de câncer e, também, acerca do aquecimento global e da sua relação com as mudanças climáticas.

Outro ponto de cautela é relativo à era da informação e da sua democratização, cuja disseminação das informações, principalmente nas redes sociais, teriam produzido efeitos positivos, pois cada vez mais pessoas têm acesso tanto à informação quanto ao seu compartilhamento, entretanto, o que é fato ou factóide passou a não ter muita importância nessas redes sociais, basta olhar à propagação das chamadas notícias mentirosas ou “Fake News”, além das ideias negacionistas. De tal forma, conforme Sismondo (2017), na suposta era de pós-verdade se inicia com ataques protocolares às atuais estruturas de conhecimento, “então não é provável que seja democratização e, de fato, muito provavelmente leva ao autoritarismo” (SISMONDO, 2017, p. 3).

No primeiro momento, podemos nos perguntar, como as pessoas acreditam no que é falso no lugar do que é fato? E a resposta esteja talvez na forma similar como tanto o consenso científico e a negação chegam nas pessoas, sempre na forma informativa, um almanaque ou manual de informações, não há espaço para

discordar ou interagir. De forma, que sobra terreno para os protocolos a que se referem Oreskes e Conway (2010), o de semear a dúvida onde já há consenso científico. Mas, você pode estar se questionando sobre quem e, os porquês de tanto esforço, engenhosidade, tempo, estrutura e ‘simulacros de validação’¹⁶ para colocar em dúvida a ciência? Por que tornar a narrativa científica pautada no consenso científico em algo discutível, ou melhor duvidoso? Trata-se de uma discordância com bases no conhecimento da ciência em construção?

Oreskes e Conway (2010) afirmam tratar-se de estratégia de buscar meios de enfraquecer órgãos regulatórios do estado, pois setores normativos também se utilizam da ciência para, por exemplo, estabelecer limites para guardar a segurança da saúde das pessoas e de proteger o meio ambiente. Enfim, ataca-se qualquer tipo de regulamentação que pode servir de obstáculo aos objetivos do Capital, afinal já cansamos de ouvir o tradicional mantra da retórica Liberal Conservadora, da tal necessidade de estado mínimo e da garantia das liberdades, liberdade para explorar ao máximo a natureza e a mais valia dos trabalhadores.

Mas, voltamos ao ponto: como promover no discernimento de uma pessoa a habilidade de diferenciar o que é debate científico acerca de controvérsias, de debate ideológico entre consenso científico e promoção da dúvida e, simples dicotomia entre o que é ciência e nonsense? Um dos caminhos possíveis é o estudante, por meio do letramento científico, diferenciar processos de ciência em construção da ciência pronta, mas também de mero negacionismo. Diante disso, a propositura de um design de ensino que se propõe em provocar a imersão dos estudantes nos costumes e essências de natureza e prática científicas. Sabe-se, pois que somente quem respira no chão de fabricação dos fatos da ciência e dos objetos tecnológicos é capaz de reconhecer por familiaridade e por naturalidade os processos comuns ao seu habitat.

O design de ensino precisa do estudante que não acredita, ou seja, o “discordante”, (LATOURETTE, 2011, p. 30), que é de interesse, pois constitui o perfil do descrente, porém até onde vai a descrença de um discordante de senso comum,

¹⁶ Empresas de relações públicas são contratadas e criam campanhas publicitárias com o protocolo não de negar a ciência, mas de promoção da dúvida. Cientistas com credenciais acadêmicas são contratados, com narrativas para desacreditar a literatura científica, distorcer o que é discurso científico para um suposto discurso político, com a intenção de converter para o público o que literatura científica em discurso ideológico. Inclusive os cientistas contratados produzem material para contestar publicações científicas, por exemplo a publicação do NIPCC contesta o IPCC, esses materiais acabam por criar imagens de ‘simulacros de validação’.

uma vez que a ideia não é formar críticos pela crítica, o que retruca por retrucar, mas aquele que perturba a ordem alicerçado por uma racionalidade em ampliação pela literatura científica. Perfil esse que pode interessar para o escopo da pesquisa, relacionado com a questão de que até onde um ingênuo discordante ou concordante vai nas suas incertezas?

Até porque deve-se refletir até que ponto quem discorda sem abrir uma caixa preta, tem argumentos contra uma retórica pautada no consenso científico, construído a partir dos enunciados científicos e com o reforço das inscrições dos instrumentos de laboratório. Discordar por discordar pode levar o estudante a sucumbir da sua posição, afinal o ativismo de confronto é penoso e cansativo para a razão, é mais fácil entregar-se ao grupo maior de convertidos, crentes na doutrina ideológica da ciência pronta, com seus artefatos e fatos práticos já tornados naturais.

Outro ponto de preocupação, são os debates de natureza ideológica que os estudantes têm contato, cuja intencionalidade é tornar o consenso científico discutível por mero diversionismo, com narrativas que não negam propriamente os paradigmas científicos, porém os mantêm como controvérsias vivas a partir de imagens de caixas pretas ainda abertas ou transparentes, como se o fato ainda não estivesse estabilizado. Para não falar das pessoas que simplesmente se entregam às narrativas meramente negacionistas, surgem “os terraplanismos” nas diversas áreas do conhecimento.

Diante disso, é possível perceber uma linha muito tênue relativo aos cuidados que a educação científica precisa ter, pois se defende que a ciência ensinada na escola não pode ser apresentada na forma dogmática, infalível e absoluta para não acabar em ensino de folhetim informativo, porém ao relativizar a ciência e o que é consenso na ciência, corre-se o risco de passarem a duvidar da ciência simplesmente por duvidar, ou seja, dúvida pela dúvida sem postura crítica do que quer abrir a caixa preta e seguir a linha de Ariadne, no sentido de Latour (2011), até a primeira inscrição lida no aparelho e a primeira sentença. Para fugir de tal armadilha, deve-se encaminhar os estudantes para que, na descrença dos fatos científicos, passem a perceber sua construção de essência humana, na proporção em que passem a se familiarizar e a se naturalizar com as nuances dos costumes e das essências dos sujeitos da ciência trabalhadora.

Por que acreditar? Por que discordar? Em relação ao aquecimento global, já existe consenso científico? Ao assumir uma postura de descrença é possível questionar como se comportam os modelos-replica que sustentam a teoria do aquecimento global? Esses modelos de previsão futura, também funcionam para o passado? Quais são as principais fontes financiadoras da teoria e com que interesses? As empresas de energias renováveis financiam os pesquisadores do aquecimento global? Numa mineração na literatura científica encontra-se controvérsia acerca do aquecimento global? Seriam algumas das perguntas possíveis para alguém que resolvesse abrir a caixa de pandora desse consenso da ciência na postura de discordante investigador.

Há quem diga que existe controvérsia científica na disputa de narrativas entre o modelo de aquecimento global versus resfriamento global, basta olhar as campanhas mencionadas por Oreskes e Conway (2010), lideradas pelo instituto George C. Marshall e pelos seus principais porta-vozes Fred Singer e Fred Seitz, com uma estratégia diversionista com a defesa de que o aquecimento global seria controverso e incerto. A proposta da suposta controvérsia era realizada com método e, segundo Oreskes e Conway (2010), com financiamento.

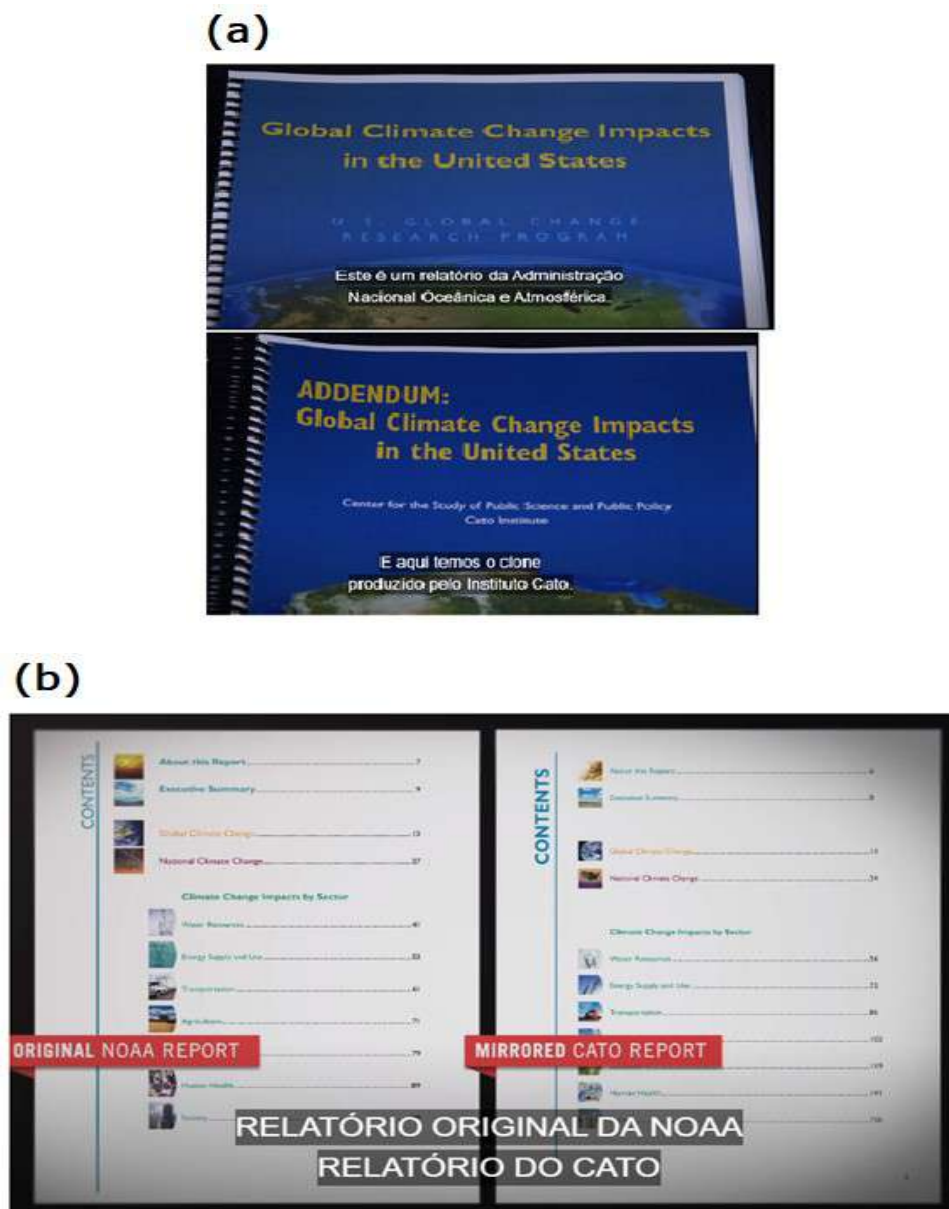
A seguir, algumas imagens retiradas do documentário de 2014 “*Merchants of Doubt*”¹⁷ ou “Mercadores da Dúvida”, baseado no livro de mesmo nome de autoria de Oreskes e Conway (2010). As imagens reforçam essa ideia de debate ideológico suplantando o debate político. Na imagem “a”, temos as capas dos relatórios de 2009 do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) associado ao IPCC e do instituto CATO¹⁸ com vínculo ao *Nongovernmental International Panel on*

¹⁷ A comunidade científica dos Estados Unidos, há muito tempo, lidera o mundo em pesquisas em saúde pública, ciências ambientais e outras questões que afetam a qualidade de vida. Nossos cientistas produziram estudos marcantes sobre os perigos do DDT, da fumaça do tabaco, da chuva ácida e do aquecimento global. Mas, ao mesmo tempo, um subconjunto pequeno, mas poderoso, dessa comunidade lidera o mundo na negação veemente desses perigos. Em seu novo livro, *Merchants of Doubt*, os historiadores Naomi Oreskes e Erik Conway explicam como um grupo frouxo de cientistas de alto nível, com extensas conexões políticas, realizou campanhas eficazes para enganar o público e negar o conhecimento científico bem estabelecido ao longo de quatro décadas. Em sete capítulos atraentes que abordam tabaco, chuva ácida, buraco na camada de ozônio, aquecimento global e DDT, Oreskes e Conway reviram o tapete neste canto escuro da comunidade científica americana, mostrando como a ideologia do fundamentalismo do mercado livre, auxiliado por uma mídia compatível, distorceu a compreensão pública de algumas das questões mais urgentes de nossa era. Disponível em: <https://www.merchantsofdoubt.org>. Acesso em: 25 jan. 2021.

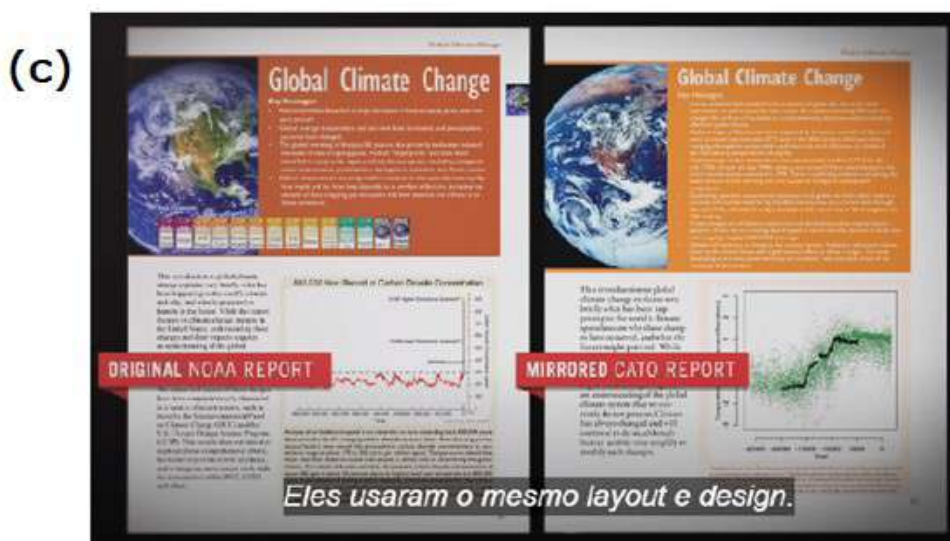
¹⁸ Cujo lema de “Liberdade individual, mercados livres e paz”, foi estabelecido por seus fundadores por Ed Crane, Murray Rothbard e Charles Koch, este último foi presidente do conselho e diretor executivo do conglomerado Koch Indústrias. O foco do instituto é “advocacia pública, exposição na mídia e influência social”. Koch do poderoso grupo lobista fundado pelos bilionários irmãos Koch,

Climate Change (NIPCC). Nas imagens “b” e “c”, é fácil de perceber a mesma semelhança de layout e design entre as colunas da esquerda e da direita, porém basicamente o relatório do Instituto Cato desdiz o produzido pelo NOAA. Parece que a intenção é bastante óbvia, semear a dúvida e manter viva uma suposta controvérsia.

Figura 5 - Imagens "a", "b" e "c" do relatório do IPCC e do NIPCC



American for Prosperity, com uma campanha de muitas articulações, por mais de uma década atacaram e semearam a dúvida sobre a realidade das mudanças climáticas, chegando a equiparar os resultados das pesquisas climáticas com as liberdades individuais.



Fonte: Documentário "Merchants of Doubt" de 2014.

E no Brasil? Há quem se alinhe às narrativas diversionistas implementadas por porta vozes do NOAA? Nos quadros de pesquisadores brasileiros não há muitos críticos do consenso sobre o aquecimento global, mas entre eles, talvez o mais notório, encontra-se o também físico Prof. Dr. Luiz Carlos Baldicero Molion (1950-), sobre o qual em uma consulta rápida no Google encontra-se um breve texto escrito pelo próprio Molion em seu *Currículo Lattes*, disponível em: <http://lattes.cnpq.br/51110326514774369>:

Possui graduação em Física pela Universidade de São Paulo (1969), PhD em Meteorologia, University of Wisconsin, Madison (1975), pós-doutorado em Hidrologia de Florestas, Institute of Hydrology, Wallingford, UK (1982) e é fellow do Wissenschaftskolleg zu Berlin, Alemanha (1990). É Pesquisador Senior aposentado do INPE/MCT e Professor Associado aposentado da Universidade Federal de Alagoas, professor visitante da Western Michigan University, professor de pós-graduação da Universidade de Évora, Portugal. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Dinâmica de Clima, atuando principalmente em variabilidade e mudanças climáticas, Nordeste do Brasil e Amazônia, e nas áreas correlatas energias renováveis, desenvolvimento regional e dessalinização de água (MOLION, 2017, p. 1).

A partir de uma rápida análise, verifica-se que o Prof. Dr. Molion possui uma formação acadêmica respeitável, graduado em Física pela USP e com doutorado em Meteorologia pela Universidade de Wisconsin - Madison, Estados Unidos, cujo título da sua tese em português: 'Estudo climático de fluxos de transporte de umidade na Amazônia com ênfase nos impactos do desmatamento' (1975). Com uma rápida consulta à produção científica de Molion, é fácil perceber um volume considerável de

publicações em periódicos bem avaliados. Portanto, um cientista com credenciais respeitáveis aos olhos do mundo acadêmico e, também, nos mais variados meios midiáticos.

Diante disso, quando Molion impõe um discurso diversionista acerca do consenso do aquecimento global, o público em geral e, até parte da academia, tende a escutá-lo, haja vista a sua área de pesquisa pertencer ao mesmo escopo da meteorologia. Porém, depois de conhecer sobre a atuação do Instituto George Marshall e dos seus principais porta-vozes Fred Seitz e Fred Singer, nas suas atuações que foram financiadas pela indústria do tabaco e do petróleo, por exemplo, contra o consenso da relação da nicotina e a dependência química, dado obtido a partir de estudos financiados pela própria indústria tabagista e, também na atuação, enquanto céticos, contra o consenso do aquecimento global, neste caso em favor do setor petrolífero.

À frente de tais informações exige-se uma postura, no mínimo, cautelosa diante do discurso muito firme e muito atraente do Prof. Dr. Molion. Porém, depois de alguma pesquisa de algumas verificações acerca se há possíveis financiamentos por trás do discurso do cientista e de qual setor do mercado dispenderia tais investimentos em um discurso diversionista, em outras palavras: ao seguir o dinheiro, como diz o ditado, encontram-se circunstâncias bem curiosas e pistas de qual setor poderia estar no financiamento do comércio da dúvida.

A seguir nas figuras 3 e 4, imagens que podem indicar que Molion, no Brasil, poderia estar alinhado com a narrativa de Seitz e Singer:

Figura 6 - Folder de palestra do Prof. Dr. Luiz Carlos Molion

PALESTRA
“DIAGNÓSTICO E TENDÊNCIAS DO CLIMA NOS PRÓXIMOS 10 ANOS”

Prof. Dr. Luiz Carlos Molion
 Um dos maiores especialistas em clima no Brasil atuando principalmente em variabilidade e mudanças climáticas, Nordeste do país e Amazônia.

Físico graduado pela USP
 PhD em Meteorologia (University of Wisconsin)
 Pós-Doutorado em Hidrologia de Florestas (Institute of Hydrology - UK)

11 ABRIL | 14H | GRATUITO
 SEDE DO SISTEMA FAEB/SENAR
 Rua Pedro Rodrigues Bandeira, 143, 7º Andar
 Comercio - Salvador/BA
 INSCRIÇÕES: EVENTOS@SENARBAHIA.ORG.BR
 INFORMAÇÕES: 71 3415-3104

VAGAS LIMITADAS

WWW.SISTEMAFAEB.ORG.BR

FAEB SENAR SINCRADOS

Fonte: Jornal (2018).

Há de destacar que apenas se discutem as circunstâncias e coincidências semelhantes ao mesmo cenário estadunidense com os Físicos Seitz e Singer, mas obviamente não passam disso, circunstâncias. Porém, não deixa de ser interessante analisar o folder no que diz respeito ao argumento de autoridade ou apelo à autoridade, neste caso a credencial acadêmica, olhem é um cientista! Um Ph.D. em Meteorologia! Escutem o Prof. Dr. Molion! Quanta exclamação para uma possível lógica falaciosa, quando se procura conectar o discurso com a reputação da autoridade, neste caso científica, a fim da validação do argumento. Mas, como se destacou acima, possível discurso falacioso, porém não provado, ao menos não ainda.

Outro ponto é a chamada da manchete da reportagem de Patrícia Campos Mello, publicada por pelo jornal Folha de São Paulo e reproduzida por <https://amazonia.org.br/2018/05/agronegocio-banca-palestras>, que destaca o financiamento do cético Molion sobre mudanças climáticas, por setores do agronegócio, por exemplo, conforme a jornalista menciona que a palestra foi patrocinada pela Agrosul, concessionária da multinacional de máquinas agrícolas John Deere, mas também pela fabricante de adubos Fertilaqua.

Figura 7 - Reportagem sobre o financiamento de discurso cético pelo agronegócio



Agronegócio banca palestras de cético sobre mudança climática para ruralistas no Matopiba

REVISTA IHU ON-LINE 24 Mai 2018

f t
A A

Uma plateia de mais de 400 produtores de **soja**, no coração do agronegócio brasileiro, aplaudiu longamente a apresentação do meteorologista **Luiz Carlos Molion**.

A reportagem é de **Patrícia Campos Mello**, publicada por **Folha de São Paulo** e reproduzida por **Amazônia**, 23-05-2018.

"O aquecimento global é um mito: a temperatura mundial não está aumentando, nós vivemos ciclos de aquecimento e resfriamento que sempre existiram", dizia **Molion**, conhecido cético sobre a noção de mudanças climáticas, em outubro do ano passado. Sua palestra havia sido patrocinada pela **Agrosul**, concessionária da multinacional de máquinas agrícolas **John Deere**, pela fabricante de adubos **Fertilacqua** e pela **Fundação Bahia**, entidade de pesquisa bancada por produtores baianos.

"O CO₂ não causa efeito estufa e a ação do homem é insignificante para causar efeitos sobre o clima", afirmava Molion em um auditório decorado com tratores na cidade de **Luís Eduardo Magalhães**, onde se concentra a produção de soja no oeste da Bahia.

Diálogo Interconvicções
Edição: 046
Lêia mais
Cultura Pop. Na dobra do sbvio, a emergência de um

Fonte: Amazonia (2021).

Agora em termos hipotéticos a seguinte questão: por que um trabalhador da ciência, que conhece a natureza e práticas científicas, comercializaria dúvida onde já não há controvérsia, ou seja, onde já há consenso científico? Para ajudar a responder tal questão, com a reafirmação de uma situação hipotética, pode-se mencionar Bertolt Brecht (trecho 1945) quando afirma que "aquele que não conhece a verdade é simplesmente um ignorante, mas aquele que a conhece e diz que é mentira, este é um criminoso" (Apud ROMUAL E SOARES, 2017, p. 3).

Diante disso, deve-se refletir da difícil posição dos estudantes entre as disputas de narrativas, de como ele pode diferenciar um debate científico acerca de uma controvérsia, de debates ideológicos de mero diversionismo ou de simples narrativa negacionista? Conhecer os contextos reais da ciência trabalhadora em que se instaura uma controvérsia, pode ser uma forma de não ser levado por narrativas ideológicas ou factoides, na medida em que realmente passa a conhecer os processos de fabricação de um fato, desde as primeiras sentenças até a estabilização do fato e do conseqüente fechamento da caixa preta.

Por exemplo, para mostrar ao estudante a controvérsia na sua forma mais simples, estrutura-se a partir de uma sentença, na sequência um apontamento de

reforço (favorável) para qualificar e, um outro apontamento de enfraquecimento da sentença (desfavorável) para modificar a sentença. Modalizadas desta forma, é possível mostrar aos estudantes a forma que as controvérsias são instauradas na fabricação dos fatos, portanto deve ser viés do design Cultura de Laboratório também familiarizar os estudantes com essas imagens a respeito da forma de uma controvérsia. Estratégias estas que podem ser utilizadas nas sequências didáticas quando tratar-se de legítimas controvérsias na esfera do debate científico.

Por outro lado, é de esperar que o estudante que conhece de fato uma controvérsia, também saiba reconhecer quando se estabelece uma disputa de narrativas na esfera do debate ideológico, entre consenso científico e a dúvida que o questiona, portanto através de um discurso diversionista. Mas, também o estudante familiarizado com um contexto real de controvérsia saber descartar tentativas de narrativas simplesmente negacionistas.

Vamos imaginar por hipótese, ao tratarmos sobre a sentença do aquecimento global, segundo Oreskes (2004), um consenso científico, um fato! De repente na mídia os estudantes passam a ser bombardeados com reportagens que colocam em dúvida o fato já estabilizado pela ciência e, os contestadores não são aquelas figuras típicas negacionistas, pelo contrário são notórios cientistas, com credenciais sólidas e de excelente retórica e até simpáticos, os quais passam a atribuir sentenças desfavoráveis ao modelo do aquecimento global e as consequentes mudanças climáticas relacionadas. Oreskes (2004) diria, baseada na sua investigação, que ali era estabelecido um debate ideológico, portanto longe de ser um debate científico e, também, longe de ser uma controvérsia. Mas, a maioria dos estudantes nunca ouviu falar do trabalho de Oreskes e a eles é apresentada a organização de uma suposta controvérsia, conforme o exemplo a seguir:

Por exemplo, suposta controvérsia modalizada assim:

- O aquecimento global é provocado pelo efeito estufa devido ao aumento da emissão de gases, principalmente o gás carbônico; (1)
- Documentário listando os maiores produtores de gás carbônico e, com filmes do derretimento das geleiras e o aumento do nível dos oceanos; (qualificador) (2)

- Documentário sobre tese de cientista brasileiro Luiz Carlos Molion sobre estimativas de temperaturas globais do planeta Terra e o seu resfriamento em média. Com filmes do marco no oceano feito por antigos navegadores nos séculos XV, XVI e XVII. (Modificador) (3)

Agora realize o exercício hipotético e, por alguns instantes, ignore as considerações do trabalho de Oreskes (2004) e da investigação de Oreskes e Conway (2010), de que a suposta controvérsia modalizada acima na verdade é um exemplo de debate ideológico. Entretanto, agora relativo ao exercício vamos considerar que fosse realmente uma controvérsia instaurada entre os modelos de aquecimento e resfriamento global, a partir desta perspectiva Latour (2011) chamaria as afirmações (2) e (3) de modalidades, porque são enxertos da primeira oração, a afirmação (2) qualificando e a (3) modificando a primeira oração.

Com funções completamente diferentes, a (2) constitui uma modalidade positiva que afasta o leitor da produção da primeira oração (fato ou artefato práticos), enquanto que a (3) conduz o leitor no sentido da produção do fato ou artefato, aproximando-o no ponto de vista daqueles que dominam o meio de produção do fato ou artefato, antes de ter atingido este status. A apresentação da controvérsia nessa forma contribui para que o estudante tenha a perspectiva de que um enunciado científico se sustenta por modalidade que reforça sua posição como fato, mas existe modalidade que o contradiz e que o enfraquece como enunciado científico e, que vai além ao manifestá-lo como ficção.

De qualquer forma, o estudante ao se defrontar com uma estrutura protocolar de controvérsia, seja ela legítima ou apenas um simulacro, a partir da sua familiarização com a construção de fatos pode reconhecer a função da modalidade negativa (3), por ela caracterizar a posição do descrente, mas também a perspectiva da modalidade positiva (2) e da sua função em contribuir com a solidez do enunciado como fato, na medida em que o estudante realiza o exercício de reconhecer uma discussão entre ponto e contraponto. Obviamente, à frente do debate científico ou ideológico, o estudante fica em posição desconfortável, pois o seu posicionamento em apontar a sentença inicial como fato ou ficção dependerá da investigação da caixa de Pandora!

O estudante que escolhe olhar dentro da caixa exposta pela tampa aberta precisa investir tempo de pesquisa para seguir as pistas depois das primeiras

medições nos aparelhos que transformaram dados em inscrições na literatura científica. Necessita, também, acompanhar até certo ponto, a discussão “quente” entre os enunciados e sentenças a partir dos modelos, até o momento de tomar a decisão por conta própria de fechar a caixa e torná-la preta ao vislumbrar a estabilização dos enunciados em “matter in fact”. Torna-se importante que o estudante tenha a consciência de que a sentença “pode ser tomada mais fato, ou mais ficção, dependendo da maneira como está inserida em outras. Por si mesma, uma sentença não é nem fato nem ficção”; (LATOIR, 2011, p. 35);

Mas, por que é importante o estudante naturalizado e familiarizar-se com tais processos da fabricação científica? Pode servir-lhe como embasamento no seu mundo, na sua vida de estudante e, diante das suas vivências sociais, políticas e econômicas possa perceber em eventuais debates acerca de temas da ciência, o simples discurso diversionista de caráter ideológico, pois ao pesquisar sobre as narrativas, rapidamente poderá encontrar nas origens da fabricação da ciência realmente um fato já estável, sem controvérsia, ou seja, que ali já há consenso científico, como é o caso do debate entre o aquecimento e resfriamento global. Além, de também encontrar nos processos de investigação bons argumentos para rapidamente descartar, se for o caso, narrativas negacionistas.

Entretanto, embrenhar-se no processo de construção literária da ciência é uma tarefa complicada, pois ele sepulta qualquer rastro que poderia fazer ruir os paradigmas da ciência normal, inclusive com o artifício de transformar em anomalia qualquer indício de falseabilidade. Por exemplo, ao tratar do paradigma da teoria cosmológica, ou seja, o já naturalizado Big Bang, cuja estabilização exigiu muito esforço ao longo de décadas, mas houve sucesso da sua transformação em *matter of fact*, haja vista até os manuais dos cursos de Física tampouco mencionarem sobre qualquer outro modelo de explicação das origens do universo, ou longe dos cânones acadêmicos, das mais variadas formas de divulgação científica, o que se tem é sempre a mesma história contada. Entretanto, nunca houve uma outra sentença que afastasse a teoria do Big Bang como fato, podendo transformá-la em ficção, ou seja, nunca existiu controvérsia acerca das primeiras sentenças?

Ao olhar para o interior da caixa preta desse modelo cosmológico encontra-se supostos indícios de uma provável falseabilidade, como o atlas das galáxias peculiares do astrônomo norte-americano Halton Arp (1927 - 2013), a partir do

redshift intrínseco, Chip Arp como ficou conhecido, discordou do modelo cosmológico do Big Bang:

Este desvio para o vermelho intrínseco é frequentemente referido como desvio para o vermelho "anômalo". Isso implica que a lei de Hubble não leva em conta todo o redshift do objeto extragaláctico. Tal afirmação equivale a matar a vaca sagrada da cosmologia, a teoria moderna da cosmologia (a chamada teoria do Big Bang) depende da lei de Hubble estar certa. Não surpreendentemente, Chip teve que enfrentar uma tremenda oposição ou ceticismo da maioria dos quadrantes. Mais, ainda, quando ele produziu evidências de que quasares são objetos com grandes redshifts intrínsecos. (NARLIKAR, 2017, p. 2).

O astrônomo Halton Arp, o “Galileo of Palomar” conforme Narlikar (2017), foi defensor de um outro modelo: o da cosmologia não linear. Entretanto, apesar de apontar falhas no modelo hegemônico, sua divergência da perspectiva científica foi contida pelos agentes da ciência trabalhadora. Trata-se de um protocolo típico da ciência normal kuhniana, onde para proteger o núcleo duro de um paradigma e das suas leis e teorias, muitos esforços são dispendidos para proteger o fato da fabricação da ciência, para manter a caixa de Pandora bem cerrada e para enevoar a história de construção dos elementos paradigmáticos do modelo.

No passado, até tivemos um exemplo de diversionismo pautado no debate científico, mas que se superou à medida que a controvérsia “esfriou”, por movimentos favoráveis ao atual modelo de explicação das origens do nosso universo. Mas, talvez no futuro, Halton Arp volte a ser lembrado caso uma outra versão de modelo substitua a teoria do Big Bang.

Entretanto, é possível suscitar uma questão: por que essa controvérsia sobre modelos cosmológicos não é explorada na esfera do debate ideológico? Por que aqueles mesmos agentes que comercializaram a dúvida acerca da nicotina e da dependência química de usuários, do tabagismo e da sua relação com alguns tipos de câncer, do aquecimento global e da sua relação com as mudanças climáticas, também não vêm a público divergir da teoria do Big Bang? Seria no mínimo mais elegante do que as ideias de terra plana, pois ao menos o debate ideológico teria uma origem no debate científico.

Provocar escolhas para o estudante diante de controvérsias, pode constituir um ponto forte na estratégia de motivar a investigação, pois se o estudante não conseguir se posicionar a favor ou contra a sentença colocada, poderá desencadear a necessidade da pesquisa para dispor da clareza em reconhecer as modalidades

positiva e/ou negativa de uma sentença. O importante é que o estudante em posição de desconforto, sinta-se impelido a saber mais sobre os saberes científicos e das suas disputas nos processos de construção dos fatos, pois este olhar para o período inicial da produção dos fatos produz mais duas vantagens.

A primeira vantagem é que “cientistas, engenheiros e políticos estão sempre nos oferecendo rico material quando uns transformam as afirmações dos outros no sentido do fato ou ficção”, (LATOUR, 2011, p. 36). A segunda vantagem é que no período da controvérsia “mais quente”, os próprios cientistas e engenheiros, nos seus discursos persuasivos e na literatura científica, explicam por que seus oponentes divergem do modo como pensam, fazem e explicam a ciência. As duas vantagens podem ser transpostas para ensinar o estudante a aprender sobre ciência. Portanto, o nosso design de ensino deve trabalhar com enunciados ainda na condição de controvérsias relativo aos temas da termodinâmica, controvérsias para precarização do senso comum dos estudantes, para desconstrução de como representam de forma indubitavelmente a ciência e a tecnologia.

Entretanto, o cenário atual da era de pós-verdade trouxe mais preocupações, pois já não basta investigar o ‘chão quente’ do laboratório e as suas disputas em controvérsias, é necessário, também, conhecer a natureza e a prática científica do laboratório, para discernir das narrativas diversionistas e negacionistas, comuns nos ataques ao consenso científico, porém de natureza ideológica. A julgar por que há cientistas associados com empresas de relações públicas e financiados por setores da indústria, na função de agentes para levarem o debate científico para a esfera do debate ideológico, por meio de discurso diversionista, eles ganharam muitos seguidores na descrença, por exemplo, do aquecimento global e das suas consequências para o meio ambiente e para as pessoas. O debate ideológico tornou mais incômoda a vida dos cientistas da academia, partidários da ciência normal, pois tiveram que sair do abrigo da teia protetora da literatura científica com seus códigos e representações próprias, para o mergulhar no mundo da opinião pública e, digamos que os cientistas não são tão eficientes na retórica com o público, quanto são na retórica no seu ambiente natural e prático da pesquisa.

Esses cientistas, diversionistas do que já é fato, utilizam-se de boa argumentação, comum nos espaços jurídicos, pois o mais importante não é negar o consenso científico, mas apenas implicar a ele a presunção da dúvida, expressão argumentativa dos tribunais de justiça. Os estudantes no meio desse debate

ideológico entre consenso científico versus presunção da dúvida, não podem ser imparciais para não se tornarem, por omissão, parceiros no malfeito. No primeiro olhar, poderíamos pensar que se trata de uma tarefa fácil, o estudante diferenciar o que é fato da ciência do que é simples dúvida do fato, mas há de se considerar que ambos os lados debatedores, entre as narrativas de aquecimento global e resfriamento global, são cientistas que manuseiam a retórica comum da ciência trabalhadora. Diante disso como o estudante tomar parte?

Há muitas questões a serem ponderadas aqui, pois será tão simples assim escolher lado? Devemos, por exemplo, desconfiar de narrativas encabeçadas pelas mídias hegemônicas? Qual o interesse das empresas de energia sustentável e renovável, caso exista, em financiar pesquisas sobre o aquecimento global? E, para aumentar a complexidade de discussão do assunto: o petróleo do Pré-sal brasileiro de alguma forma está relacionado com o interesse na divulgação do aquecimento global, como consequência da emissão de gases da queima de combustíveis fósseis? O petróleo em solo brasileiro é estratégico do ponto de vista de reserva de energia para o país? Ou, deve-se desapegar do petróleo e aceitar o seu extrativismo por empresas de capitais internacionais?

Para aumentar ainda mais a complexidade da teia: a discussão acerca do aquecimento global não ultrapassa sua condição de mero fenômeno terrestre relativo à atividade solar? E, por fim, uma última questão inserida pelos descrentes do aquecimento global: por que um notório defensor do modelo de aquecimento global, o vice-presidente norte-americano, o Sr. Albert Gore, em plena peregrinação pelo mundo na defesa do modelo do aquecimento em um tom catastrófico, teria comprado uma casa, desvalorizada no mercado imobiliário, com vista para o mar na costa do estado da Califórnia, na zona de Montecito, próximo ao condado de Santa Bárbara? Além dessa suposta compra da casa, a narrativa dos descrentes do aquecimento, também afirmam que o vice-presidente é sócio, supostamente, da maior empresa de soluções climáticas do mundo.

Olha o tamanho da complexidade para os estudantes tomar a decisão no debate político, já não basta olhar somente na literatura científica, ele também terá que buscar informações em outras esferas sociais, políticas e econômicas, até do mercado imobiliário. Portanto, mostrar aos estudantes que não existe conteúdo disciplinar isolado, tendo em vista ele estar interligado em uma teia de outras componentes curriculares e, um caminho possível é através da imersão nos projetos

de investigação científica. Tal investigação se justifica para a compreensão de objetos que transitam pela ciência, tecnologia e sociedade, pois somente a parte analítica das disciplinas não é suficiente para compreensão dos fatos científicos, a complexidade exige também uma visualização sistêmica, os saberes exigem a sua religação no sentido de Rosnay (2010).

À frente disso, não é de se estranhar, na falta do letramento científico na educação escolar, o quanto há proliferação dos discursos diversionistas pautados na presunção da dúvida dos fatos, mas também pautados em simples negação do fato em uma era de informação sob um toque. Mesmo o debate entre as narrativas acerca dos modelos de aquecimento global e resfriamento global estar na esfera majoritariamente ideológica, pois acerca da estabilização do modelo de aquecimento a caixa preta está praticamente fechada, a controvérsia esfriou e o consenso científico, conforme Oreskes (2004), está instaurado. Mas, ainda é possível explorar o debate político, tendo em conta que cabe ao estudante também saber lidar com a mercantilização da dúvida na esfera ideológica.

Nesse sentido, utilizar na educação científica a familiarização da controvérsia pelo estudante pode ser uma boa alternativa, entretanto na medida em que os estudantes investirem tempo e energia nas suas investigações, perceberão ao imergirem na literatura científica, que as controvérsias não se mostram tão evidentes e gritantes, pois houve muito esforço dos trabalhadores da ciência para esfriá-las.

Na teia da literatura científica existem nós que suscitarão uma forma de controvérsia mais sofisticada, da perspectiva que não se mostrará tão claramente para o investigador, pois será mais difícil a percepção das modalidades positiva e negativa, haja vista que a negativa foi enfraquecida no processo de fabricação. Em outras palavras, a complexidade de compreensão aumenta com a construção coletiva dos fatos, pois o grau de certeza da afirmação aumenta quando a sentença seguinte que a retomar forçar a sua condição de fato, no fim você não discorda mais de um artigo e de um cientista, mas sim de artigos e de grupos de cientistas.

Por exemplo, ao tratarmos na esfera ideológica sobre a presunção da dúvida sobre o assunto do aquecimento global, em particular sobre a temperatura média da Terra e a insolação por ela recebida, podem surgir dúvidas nos estudantes sobre sentenças em trabalhos científicos, acerca de serem compreendidos nas modalidades positiva ou negativa da sentença primeira. Neste sentido, imagine que

os estudantes já tenham dados relativos às previsões de aumento da temperatura média global obtidos a partir dos relatórios do IPCC e associados, entretanto, se defrontam com a seguinte notícia, em um jornal impresso não especializado em ciência, mas de circulação nacional:

Figura 8 - Notícia sobre previsão de 'Pequena Era Glacial'



Fonte: O Globo (2015)

As sentenças dos cientistas com previsão de uma 'Pequena Era Glacial', entre 2030 e 2040, fortalecem ou enfraquecem o modelo de aquecimento global? Esta é uma questão que estudantes teriam que enfrentar e, se há ou não controvérsia? Inclusive se existe, é de extrema sutileza, pois mesmo para o mais convertido na crença sobre o modelo de aquecimento global, a inserção de outras sentenças em relação ao ciclo do Sol, fenômeno colocado como o Mínimo de Maunder, poderiam suscitar outras dúvidas. A intersecção entre modalidades positiva e negativa torna-se mais sutil e como decidir da validade da contestação ao aquecimento global, se o leitor talvez nunca tenha ouvido falar em mínimo de Maunder. Ou, ainda, mesmo que aconteça uma mini glaciação no futuro, ela não poderia ainda ser explicada pelo modelo de aquecimento global?

Outra preocupação para a educação científica relativa ao que os estudantes precisam enfrentar, são os céticos do aquecimento global antropogênico, a julgar por se utilizarem de outros instrumentos retóricos para incrementar o discurso de duvidar do modelo de aquecimento. Questionam sobre se realmente a produção de gás carbônico pela humanidade é o principal agente de aquecimento global, assim transferem as razões do aquecimento exclusivamente à natureza do Sol e da

alteração da sua atividade magnética que ocorre de forma cíclica e, provoca a diminuição ou aumento da intensidade de insolação sobre o nosso planeta.

Todavia, enquanto a previsão de uma nova Pequena Era Glacial em nosso futuro próximo não se concretiza, é possível trabalharmos com outros fatos ou objetos para integrar a discussão acerca do debate entre aquecimento e resfriamento global, ou seja, as nuances que permearam os processos de fabricação das máquinas térmicas e a construção dos fundamentos teóricos da termodinâmica. Assim, abre-se um leque de possibilidades para sua apresentação na forma da abertura das suas respectivas caixas pretas, pois:

Comprar uma máquina sem questionar ou acreditar num fato sem duvidar tem a mesma consequência: fortalece a situação do que está sendo comprado ou acreditado, robustece-o como caixa preta. Desacreditar ou, digamos, “descomprar” uma máquina ou um fato é enfraquecer sua situação, interromper sua disseminação, transformá-lo em beco sem saída, reabrir a caixa preta, seccioná-la e recolocar seus componentes em outro lugar. Deixados à própria mercê, uma afirmação, uma máquina, um processo se perdem. (LATOURET, 2011, p. 42).

Abre-se aqui, a possibilidade de conhecer verdadeiramente um fato “de dentro para fora”, pela sua manipulação e de conhecer o processo da sua fabricação, elementos que podem vir a compor o potencial discursivo de estudantes, pois pode ocorrer a sua especialização por conhecimento do processo de fabricação. Neste sentido, o laboratório didático como um dos princípios de design de ensino pode ater-se às máquinas, principalmente para ajudar estudantes em decisões de “comprar” ou “descomprar” um objeto da tecnologia. Por exemplo, auxiliar os estudantes em como qualificar as características técnicas divulgadas em favor da máquina, se verdadeiras ou falsas? Eficientes ou ineficientes? Caras ou baratas? Fortes ou fracas?

Apesar de todas estas questões valerem também para avaliar um fato, no laboratório é possível esmiuçar algumas das máquinas, para que os estudantes tenham a consciência do valor oficial/mercado e do valor real de um aparelho, ao perguntarem, por exemplo, quanto custa de fato a fabricação de um iPhone? Depois do estudante conhecer sua tecnicidade e valor real de fabricação, poderá questionar a si mesmo se ainda o compraria? Ainda poderá questionar, por que não há fábricas de smartphones de tecnologia brasileira?

Para romper com a marginalização do estudante em relação aos objetos da sociedade técnico-científica, é preciso alfabetizá-lo a partir da apropriação das particularidades dos fatos e das máquinas. Essas apropriações podem ser decididas pelos estudantes o tempo todo, desde que se envolvam em projetos coletivos de investigação científica. Haja vista que o princípio de construção dos fatos e das máquinas caracteriza-se por um processo coletivo.

Portanto, é oportuno e de suma importância o design da Cultura de Laboratório incorporar a realização de tarefas coletivamente, seja na atividade experimental do laboratório didático ou nos projetos de ilhas de racionalidade, pois as investigações desencadeadas terão sempre uma necessidade de trabalho coletivo. Não poderia ser diferente, pois admitiu-se desde o início do desenvolvimento da proposta de ensino naturalizar e familiarizar os estudantes com as vivências dos agentes na construção dos fatos e máquinas, fatos que ocorrem na coletividade.

E, um estudante ao se propor a enfrentar o mundo da ciência, tecnologia e sociedade estaria em posição desfavorável. Diante disso, o design de ensino que desenvolvemos pretende promover o letramento científico com viés coletivo para a religação dos saberes, para integrar o analítico ao sistêmico. Precisamos romper com o ensino convencional que apenas informa o fato e demanda do estudante de crença, pelo contrário, precisamos sim para a educação científica, duvidar da crença, de cada modelo, de cada fato, de esmiuçar máquina por máquina. Entretanto, qual é o melhor caminho para os coletivos de estudantes conhecerem mais do *métier* da natureza e prática científica?

O design de ensino Cultura de Laboratório investe como um dos seus princípios, envolver professores e estudantes em projetos de pesquisa dos objetos que alicerçam a retórica mais forte da ciência, até para que os estudantes aprendam sobre o *métier científico* ao praticarem o pensar e fazer ciência, ao exercitar acerca das tecnicidades da literatura científica. Tendo em conta que a ciência trabalhadora na construção coletiva do fato pauta as narrativas segundo uma literatura cada vez mais técnica, até para diminuir o grupo de pessoas que possam divergir do enunciado ou manter a controvérsia viva, portanto o melhor lugar para um coletivo de estudantes iniciar seu projeto de investigação é no início da criação do fato e, bem longe do fechamento da sua caixa preta, pois é lá que o debate científico é mais quente.

E, quanto mais nos aproximamos, mais as coisas se tornam controversas. Quando nos dirigimos da vida “cotidiana” para a atividade científica, do homem comum para o de ciência, dos políticos para os especialistas, não nos dirigimos do barulho para o silêncio, da paixão para a razão, do calor para o frio. Vamos de controvérsias para mais controvérsias. É como ler um código penal e depois ir para um tribunal e ver um júri hesitar diante de evidências contraditórias. Ou melhor, é como ler o código penal e ir ao Parlamento, quando a lei ainda é projeto. Na verdade, o barulho é maior, e não menor. (LATOURE, 2011, p. 43).

Porém, a caminhada é difícil, haja vista quanto mais avançamos no sentido da inflamação das controvérsias, maior é o grau de tecnicidades, ao considerar o habitat natural dos cientistas e seus laboratórios. De tal forma, era de se esperar o aumento da especialização e, aos discordantes quanto às afirmações não resta outra saída senão continuar no caminho sentido quanto à origem da fabricação e ao encontro de tantas outras caixas pretas, para compreensão dos contextos que influenciaram as afirmações.

Mas, não é fácil o papel do discordante, pois ele não discorda do cientista, mas sim do consenso científico sob a imensa envergadura instituição ciência, dá para encarar sozinho? Haverá demandas de mais recursos e mais pessoas, pois fica claro que na medida em que a controvérsia é mais quente, o nível de especialização técnica só aumenta e, claro o discurso será persuasivo e a retórica repleta de tecnicidades. Diante disso, é melhor para a investidora em pesquisa acerca dos processos de fabricação dos fatos e máquinas, o trabalho de coletivo de estudantes. Em relação aos projetos das IIR, eles poderão acompanhar a evolução de controvérsias no sentido da sua inflamação, consequência normal da diferença de opiniões sobre as sentenças em disputa.

O contato com as tecnicidades levará os estudantes à especialização, para depois dar suporte ao perfil de explicadores de temas científicos, para serem compreendidos pelos leigos. Na comunicação técnica e de relevância com especialistas, pois no cenário atual de disputas de narrativas científicas, mas principalmente ideológicas, os coletivos sociais demandam de letramento científico para compor seu capital científico e aperfeiçoar sua cultura científica.

Os coletivos sociais precisam assumir seu papel protagonista na sociedade técnico-científica, não cabe mais a terceirização das decisões que envolvem as forças técnico-científico-sociais, simplesmente porque elas transformam o mundo da vida dos coletivos. Portanto, a vida dos laboratórios precisa ser não somente de conhecimento dos estudantes, mas eles precisam vivenciar parcialmente os

processos de fabricação de fatos, vivenciar nuances do que é natural e prático do chão de laboratório.

Na medida em que os estudantes conhecerem a complexidade dos processos da construção da literatura científica, desde as primeiras inscrições dos aparelhos do laboratório, mas também do ponto simétrico da primeira sentença acerca dos contextos epistemológicos, históricos e sociais do ponto da controvérsia mais inflamada, eles poderão tornar-se potenciais influenciadores, principalmente digitais, sobre temas que emergiram do debate científico, mas que muitas vezes foram convertidos em debate ideológico em cenários que aparentemente estabelece-se disputas entre consenso científico e discursos diversionistas. Estes em geral bem aparelhados por recursos retóricos em promoção da presunção da dúvida acerca de fatos científicos.

É preciso refletir sobre a potencialidade do aparelho retórico, em virtude de ser possível argumentar em favor da retórica fundamentada a partir da literatura científica na forma dos artigos científicos, mas aquela outra que era retórica da autoridade zombada por Galileu Galilei, por exemplo referente à Física de Aristóteles, Galileu argumentava que tal retórica da autoridade poderia ser deposta, simplesmente por um interlocutor com a verdade ao seu lado.

Galileu Galilei rechaçou a retórica da autoridade, no sentido de como ser mais forte que um monte de opiniões, tendo a verdade do seu lado! Entretanto, a retórica que Latour (2011) nos orienta, traz uma reflexão nova a respeito da potencialidade da autoridade do aparelho retórico, justamente aquele recheado da autoridade das publicações em periódicos, portanto apontar uma anomalia em um paradigma estabilizado característico da ciência normal é muito mais complexo. Veja o exemplo, referente ao processo de fabricação sobre o fator de liberação do hormônio do crescimento e, o processo da literatura científica em que seu articulista principal A. V. Schally, estava envolvido:

“Autoridade”, “prestígio”, “status” são termos vagos demais para explicar por que o artigo de Shally na *Nature* é mais forte do que o do Dr. Beltrano no *The Times*. Na prática, o que fez o Sr. Sicrano mudar de opinião é exatamente o oposto do argumento de Galileu. Para duvidar de que há um tratamento para o nanismo, ele de início precisa resistir à opinião do amigo, mais a opinião de um doutorzinho tapeador, mais um jornal. É fácil. Mas, no fim, a quantas pessoas ele tem de se opor? Vamos contar: Shally e seus colaboradores, mais o conselho da Universidade de Nova Orleans, que deu a Shally um cargo de professor, mais o Comitê do prêmio Nobel, que laureou seu trabalho com o mais alto galardão, mais as muitas pessoas que orientam o Comitê nesse sentido, mais o Conselho Editorial da *Nature*, que escolheu o artigo, mais os Conselhos Científicos da National Science Foundation e do National Institute of Health, que garantiram fundos para a pesquisa, mais os muitos técnicos e auxiliares designados pelo autor na parte dos “agradecimentos”. É um monte de gente, e tudo isso antes de ler o artigo, só para contar as pessoas que estão engajadas em sua publicação. (LATOURE, 2011, p. 47).

Sozinho duvidar de um é fácil, mas duvidar de dezenas, talvez centenas de reputação e trabalho colocado à prova, será muito mais árduo de contestar posição e pode provocar o isolamento. Temos aqui, uma evidência de que temas isolados colocados em textos isolados, sem a presença de aliados, indica que o texto que enuncia o tema está afastado do status de científico. Ao contrário, na investigação nas IIR sobre as controvérsias, “a cuidadosa indicação da presença de aliados é o primeiro sinal de que a controvérsia está suficientemente acalorada para gerar documentos técnicos”, (LATOURE, 2011, p. 48).

O que demonstra outra característica importante da ciência em construção, a alternativa de quando muitas opiniões divergem da fabricação de um enunciado científico, daí a necessidade de uma literatura com mais tecnicidades, tornando-se cada vez mais complexa. Aprendemos com isto, apontar a pesquisa cada vez mais para o centro da controversa, lá é o local “mais quente” da divergência de opiniões.

Sempre com a clareza em saber distinguir entre a literatura técnica da literatura de ficção, que se distingue não pela denominação, pois ambas podem ser narrativas convincentes. O que as distingue, é que a literatura admitida de ficção é circundada por menos recursos, a outra do fato arregimenta muito mais recursos humanos e financeiros no tempo e no espaço. Porém, na proximidade mais inflamada da controvérsia um texto pode equilibrar-se entre fato ou ficção, de acordo com os interesses. E, na medida em que avança a estabilização, acontece a substituição de multidões de aliados duvidosos por grupamentos “bem alinhados de partidários obedientes. Aquilo que se chama *contexto da citação*, mostra-nos como

um texto age sobre outros para ajustá-los mais às suas teses”, (LATOUR, 2011, p. 51).

A antropologia comparativa permite uma perspectiva de dentro da controvérsia para fora, do centro para a periferia da controvérsia de forma simétrica, esmiúça de um outro ângulo semiótico privilegiado à representação da perspectiva de ciência normal kuhniana. Ao esclarecer como na medida em que um fato científico aumenta sua estabilização, discordâncias são convertidas em anomalias e aos seus opositores o isolamento, veja a disputa entre modelo do Big Bang e do espaço estacionário:

[...] as dissonâncias existentes entre a teoria do Big Bang e a do Estado Estacionário, desde a segunda metade do século XX, abrangeram argumentos científicos e filosóficos, bem como princípios éticos, políticos e religiosos. (MARTINS; NEVES, 2014, p. 2).

Por exemplo, as evidências e diferentes interpretações apontadas por Halton Arp, a partir do seu atlas das galáxias peculiares, em que divergia do consenso do modelo paradigmático e hegemônico do Big Bang. Um homem e sua versão de verdade seriam capazes de estremecer a instituição ciência? Não foi dessa vez, tendo em vista que as representações e interpretações de Arp para redshift e a radiação de fundo foram desacreditadas, com Arp perdendo parcialmente sua credibilidade do ponto de vista acadêmico e de financiamento de pesquisa.

Tanto o processo de fabricação do enunciado de Schally sobre o fator de liberação do hormônio do crescimento, como o da fabricação do modelo cosmológico do Big Bang, são similares em termos do aumento de credibilidade de um enunciado em termos de literatura científica e amarração bibliográfica. Sobre Schally, Latour (2011) indica a percepção de uma estratégia geral: “faça tudo o que for necessário com a literatura anterior para torná-la mais útil possível à tese que você vai defender”, (p. 55). E, sobre as regras:

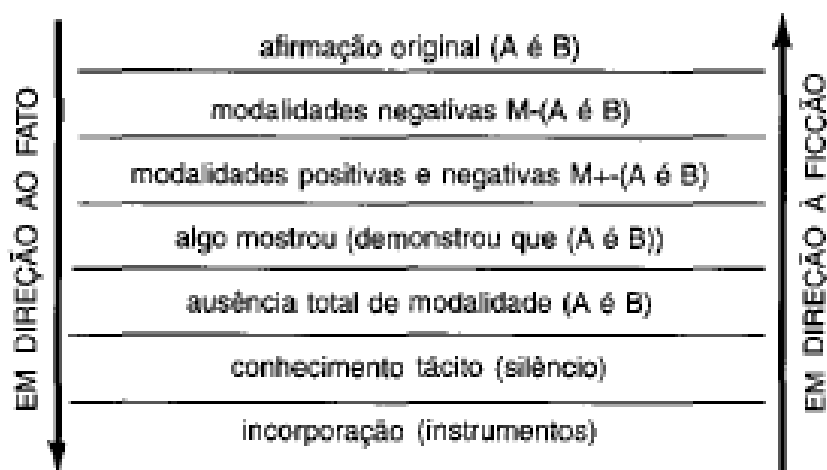
- Enfraqueça seus inimigos; paralise os que não puder enfraquecer;
- Ajude os aliados se eles forem atacados; garanta comunicações seguras com aqueles que o abastecem com dados inquestionáveis;
- Obrigue os inimigos a brigarem uns com os outros;
- Se você não tiver certeza que vai ganhar, seja humilde e faça declarações atenuadas.

De fato, são regras simples: são as regras dos velhos políticos. O resultado dessa adaptação da literatura às necessidades do texto é contundente sobre os leitores. (LATOUR, 2011, p. 55).

À medida em que o enunciado científico no seu processo de estabilização deixa de sofrer reações de modalidades negativas e ganha o reforço das modalidades positivas, afasta-se das especulações que negavam sua condição de fato, passa ao status de saber tácito. É, pois nesta fase que o fato se desprende do seu autor, o fato atingiu a institucionalidade de ciência pronta, estabeleceu-se uma caixa preta. Mas, até chegar a esse patamar, os enunciados precisam ser lidos e, principalmente, citados nas teias da literatura científica, afinal não se deve negar em relação aos pesquisadores e sua produção literária, no sentido que “há algo pior do que ser criticado ou demolido por leitores descuidados: é ser ignorado”, (LATOUR, 2011, p. 59).

Podemos afirmar que na fabricação dos enunciados, a sua transformação em fato ou ficção acaba sendo também uma questão de escolhas, alianças, conjecturas e suporte de financiamento. A seguir, um organograma conta a história de um enunciado caminhando para a ficção ou fato, que precisamos nos familiarizar para orientar investigações em qualquer controvérsia:

Figura 9 - Representação que orienta na controvérsia, o processo de transformação de um enunciado em fato.



Fonte: Latour (2011, p. 64).

Em suma, fica evidente que a força da literatura científica enquanto instrumento retórico, está no isolamento de quem discorda. Basta ver que à medida que algum indivíduo insistir na controvérsia, logo traz-se um arsenal contra o discordante, muito além do desafio apenas verbal. Avança-se de um simples confronto entre algumas pessoas para uma sequência de textos que são fortalecidos contra o descrente e suportados através da arregimentação de aliados. A literatura

científica e técnicas são produzidas para diminuir o número de discordantes, para assegurar o núcleo duro de um paradigma.

A compreensão da dupla movimentação no processo de fabricação de um enunciado, conforme a figura “9”, constitui máxima importância na orientação dos projetos das IIR, pois os estudantes não poderão se apequenar diante da força da retórica de potencial de autoridade da literatura científica, ao contrário, eles “podem ficar de pé e não se impressionar com o título da revista, com o nome dos autores ou com o número de referências” (LATOURE, 2011, p. 65). Estes estudantes com perfil de discordantes “lerão os artigos e ainda irão discuti-los. Reaparece a imagem do Davi científico a lutar contra o retórico Golias” (LATOURE, 2011, p. 66).

À frente disso, é necessário que o estudante conheça mais sobre a estrutura dos textos científicos, pois há outras estratégias de fortalecimento da retórica e do processo de estabilização de um enunciado para a sua transformação em fato tácito. Primeiramente, percebemos que os textos são fortalecidos ao utilizar de vínculos de mais referências ou, às vezes, por citações. Entretanto, existe uma estratégia ainda mais contundente, que se trata de mostrar o “mundo dentro” do texto, por exemplo quando se traz resultados dos instrumentos de inscrições, manifestados na forma de tabelas, quadro, figuras, curvas gráficas.

Mas os instrumentos de inscrição citados saltam de “dentro” do próprio texto que representam outra coisa, colocando o discordante em situação desconfortável: “Ainda tem dúvidas? Oras, constate você mesmo!”. Portanto, “uma manobra muito mais poderosa, que é mostrar exatamente aquilo que está no texto. ”, (LATOURE, 2011, p. 68). É o que podemos salientar como o auto fortalecimento do texto, através da mostra de evidências por meio dos instrumentos de inscrições literárias.

Portanto, o que contribui para diferenciar um texto em prosa de um texto técnico, é que o técnico é devidamente estratificado, ou seja, o texto técnico é organizado em camadas. Um protocolo que condiciona cada afirmação suportado por referências de fora do texto e/ou de dentro do texto, estes na representação através de curvas gráficas, colunas, figuras, notas na forma de legendas que se comunicam no próprio texto ou que transitam para fora do texto auxiliando-se em mais referências externas. Diante disso, o leitor torna-se um prisioneiro com a sensação de liberdade.

O desafio para qualquer proposta de ensino que se propõe em projetos de investigar os fatos da ciência, terá que dar as condições ao estudante discordante o

viés de “Davi” contra “Golias”. Haja vista que o texto científico é como se fosse uma prosa construída em rede, somando caráter analítico com o sintético e toda a sua complexidade, desdobrando-se em muitas camadas de resistência às objeções, com o intuito de encurralar os leitores que desacreditam das afirmações. Diante disso, tem-se um grande desafio para o design da Cultura de Laboratório para ensinar ciências: como inserir estudantes nesse mundo literário de extrema complexidade?

Precisamos, sem dúvida, fazer os estudantes compreenderem como é que se estabelece a literatura científica, acerca das características dos textos científicos que aparentam trazer o mundo para suas páginas, onde não se limitam a descrições localizadas, pelo contrário dando-lhes uma aparente transcendência muitas vezes maior do que realmente são, a literatura destaca-se ao utilizar de táticas de posicionamento de empilhamento; encenação e enquadramento; captação.

O empilhamento, por exemplo, busca na retórica com rigor mecanismos indutivos, reconhecidos na variação entre as camadas inferiores e superiores do texto, que se resume a um jogo com regras simplificadas:

Primeira regra: nunca empilhar duas camadas exatamente uma sobre a outra; desse modo não há ganho, não há incremento e o texto fica o tempo todo se repetindo. Segunda regra: nunca ir diretamente da primeira à última camada (a menos que não haja ninguém mais no campo para desmascará-lo). Terceira regra (e mais importante): prove o máximo possível com o mínimo possível, considerando as circunstâncias. (LATOURET, 2011, p. 76).

Já em relação à encenação e enquadramento, há o que se chama de “leitor semiótico” de Latour (2011), mais um aparelho retórico com a admissão desse personagem para funcionar como um agente para antecipar as possíveis objeções, para possibilitar aos candidatos a leitores se identificarem com o texto, por sentirem o personagem como a própria inserção no texto, ou seja, sentem-se representados. É muito similar quando assistimos a um bom filme, pois as pessoas que se envolvem na sua produção, com certeza, precisam se preocupar com quem assiste venha a se identificar com determinado personagem. Trata-se de um recurso literário que auxilia a fluidez do texto, mantendo a autonomia do leitor, mas questionando-o todo tempo, uma vez que há no texto o personagem semiótico que realiza as contestações. Tão pertinentes e tão bem esclarecidas pelo autor!

Uma forma de condução na leitura, que se tiver sucesso, levará o leitor a aceitar inteiramente os argumentos do texto, pois seu leitor semiótico já foi

convencido. Ao menos é a expectativa do autor. Este artifício retórico é utilizado em textos científicos ou não. “Eu sabia que você faria essa objeção, mas já pensei nisso e aqui está minha resposta”, (LATOURE, 2011, p. 78). Outro ponto, que deve ser ressaltado é que apesar da afirmação que textos científicos se caracterizam pela impessoalidade, não é verdadeiro, pois encontramos os autores por toda parte, incorporados no texto. Normalmente, estão colocados na primeira pessoa do plural, e apresentam o mundo do texto ao seu leitor. Caso o leitor se integrar com toda essa encenação, o argumento está correto, tal embate faz parte de peças literárias científicas.

Diante do fato que a literatura científica é planejada para excluir a maioria dos leitores por sua complexidade e, muitas vezes, exclusividade de um grupo pequeno de outros pesquisadores, não seria diferente aos estudantes encontrar dificuldades para se inserirem à literatura científica. Uma vez imersos na investigação de uma caixa preta, eles precisarão conhecer as peculiaridades das controvérsias, as estratégias de estabilização e reconhecer os recursos de retórica, não somente na posição de leitores, mas também quando exercitarem o discurso escrito e falado, inclusive com a familiarização do recurso retórico do leitor semiótico.

Proporcionar “esse reparo é útil, porque a dificuldade de se escreverem artigos “populares” sobre ciência é uma boa medida do acúmulo de recursos nas mãos de poucos cientistas”, (LATOURE, 2011, p. 78). Portanto, a apropriação através do letramento científico de objetos de uma sociedade técnico-científica, permitirá aos estudantes o aumento do capital científico e do alargamento da sua cultura geral pela cultura científica.

E, finalmente, a estratégia da captação, a mais fugaz das táticas, tendo em conta implicar-se com o dilema dos autores de textos científicos, pois “como deixar alguém completamente livre e ao mesmo tempo obediente?”, (LATOURE, 2011, p. 85). Significa que o autor permite ao leitor a sensação da sua liberdade em contestar, entretanto, não o suficiente para escapar do texto. O autor deliberadamente prevê e cerca todas as saídas, de tal forma, que apesar do leitor sentir-se liberto, na verdade o seu espaço de liberdade já foi delimitado sem que ele perceba.

O leitor é conduzido pelo autor ao aumento da convicção, sem que o leitor perceba que chegará às conclusões pré-estabelecidas pelo autor, porém com a ilusão que chegou pelos seus próprios meios. Toda essa captação é forçada devido

ao leitor real de carne e osso, que apesar das inúmeras referências recrutadas pelo autor, recursos e instrumentos e dados, por mais engenhosos que sejam os meios retóricos, o leitor real pode tirar conclusões diferentes.

É, neste ponto que destacamos a segunda regra metodológica de Latour (2011), a segunda regra diz “que não devemos procurar as qualidades intrínsecas de qualquer afirmação, mas sim todas as transformações por que ela passa mais tarde em mãos alheias”, (LATOURE, 2011, p. 88-89). Uma consequência do primeiro princípio colocado por Latour (2011): “o destino de fatos e máquinas está nas mãos dos usuários posteriores”, (LATOURE, 2011, p. 89), que somada à primeira regra exigirá nossos estudos da ciência e da tecnologia em ação.

Os estudantes discordantes deverão estar preparados em seus projetos de investigação, pois a retórica fica cada vez mais forte e, queremos dos estudantes dentre as três alternativas colocadas por Latour (2011), de postura diante de um texto científico: desistência, adesão ou averiguação. Deverão assumir a terceira alternativa a da averiguação, a qual exigirá enfrentar o autor em outro campo: no emaranhado das redes de referências e/ou no laboratório, com a consciência da peculiaridade da literatura científica feita para o ataque e a defesa.

Depois de compreendermos as peculiaridades de fabricação de um fato e da sua estabilização na teia da literatura científica, podemos concluir que Galileu, talvez, estivesse enganado. Um homem comum que se embrenhe no combate acaba enfrentando uma massa de reforços, não dos exatos 2 mil citados por Galileu, mas sim dezenas de milhares de aliados contra o único homem comum. “Assim, qual é a diferença entre a tão desdenhada retórica e a tão admirada ciência?”, (LATOURE, 2011, p. 91).

Devemos destacar que a retórica desdenhada por Galileu Galilei, se aproxima muito daquela de utilização dos sofistas, que buscavam em favor de um argumento aliados externos, porém estes suportados por paixões, emoções, interesses, estilo e truques advocatícios, fazem com que o consenso científico seja atacado por mera retórica diversionista e distante de caracterizar-se por uma controvérsia genuína. Esse tipo de narrativa de cunho ideológico não possui prestígio e justifica-se o ódio a ela desde os tempos aristotélicos, pois para argumentação utiliza-se de instrumentos que torcem a razão em favor da paixão ou das pulsões, portanto longe dos fatos do laboratório. Enfim, a retórica antiga e vazia que Galileu criticou ganhou uma outra roupagem mais sofisticada nos tempos atuais,

pois agora cientistas com notoriedade e credibilidade são contratados para semear a dúvida ao consenso científico no campo ideológico.

Há necessidade de afastar a interpretação errônea de que a literatura científica e técnica é suportada por “aparências retóricas”, Latour (2011) afirma, ao contrário, “que devemos vir a chamar científica a retórica capaz de mobilizar para um só ponto mais esforços do que as antigas” (p. 92). Deve-se destacar também sobre a ênfase do aspecto retórico do número de aliados, mas não podemos deixar de lembrar que a literatura científica e técnica, também é suportada por sua característica mais óbvia: qualificada por dados, tabelas, curvas gráficas, estatísticas, modelos matemáticos, equações. Portanto, a retórica com rigor científico não é a mesma utilizada pelos sofistas e desdenhada por Galileu Galilei.

Diante da habilidosa retórica científica há de se perguntar como a educação científica pode enfrentar esse verdadeiro ‘Golias retórico’ e a mobilização do seu suporte técnico? O design de ensino que envolver os estudantes em projetos de investigação científica e da abertura das caixas pretas, precisará levar os estudantes a buscar sempre religar “o nó górdio atravessando, tantas vezes quantas forem necessárias, o corte que separa os conhecimentos exatos e o exercício de poder, digamos a natureza e a cultura” (LATOURE, 2013, p. 9).

Orientar, também, os coletivos de estudantes de como investigar as controvérsias quando se dirigirem a sua maior inflamação e ferocidade, com a percepção do delinear da complexidade dos componentes constituintes da teia que envolve a tecnologia, a ciência e o social.

Talvez este seja o ponto mais forte para justificar uma metodologia de ensino de ciências, que tome por princípio o combate ao isolamento do estudante leitor diante da ciência, até na forma de contraponto ao ensino de ciência que não vai além do seu caráter informativo e superficial em relação aos contextos reais da natureza e prática da ciência trabalhadora. Precisamos ocupar o mundo da ciência em construção, mas o estudante isolado não possui força, energia e nem recursos para este enfrentamento. Portanto, a metodologia de ensino deve apostar na formação de ativismo nos estudantes para coletivamente compreenderem o quanto as forças técnico-científico-sociais influenciam as transformações dos coletivos sociais, até para romperem, enquanto estudantes discordantes, o seu isolamento no confronto com a literatura científica, mas também acabar com a sua posição de usuários leigos dos objetos da ciência e da tecnologia.

Na escola, em cada sala de aula, em cada grupo de investigação científica, ao se apropriar dos objetos técnico científicos, aumenta seu capital científico que poderá desencadear processos de ativismo, pois o estudante através do trabalho coletivo será potencialmente um combatente a partir dos instrumentos que a ciência e a tecnologia utilizam, formando elos com inúmeras associações, nos meios e contextos diferentes e com a utilização especializada dos objetos da sociedade técnico-científica. Entretanto, para Latour:

Estas pesquisas não dizem respeito à natureza ou ao conhecimento, às coisas em si, mas antes a seu envolvimento com nossos coletivos e com os sujeitos. Não estamos falando do pensamento instrumental, mas sim da própria matéria de nossas sociedades [...]. Por exemplo, Hughes reconstrói toda a América em torno do fio incandescente da lâmpada de Edison; toda a sociedade francesa do século XIX vem junto se puxarmos as bactérias de Pasteur, e torna-se impossível compreender os peptídeos do cérebro sem acoplar a eles uma comunidade científica, instrumentos, práticas, diversos problemas que pouco lembram a matéria cinza e o cálculo. (LATOUR, 2013, p. 9).

O material de suporte para esses encaminhamentos metodológicos deve ser inovador, pois terá que sustentar um ensino que apostará em assuntos controversos, em trabalhar com processos de fabricação de enunciados. Suportado por um aparente pensamento moderno que pode suportar a retórica com rigor científico, em uma perspectiva da ciência em construção, além de reconhecer que os modelos-réplica são apenas idealizações, versões da realidade, mas que não são a realidade e sim apenas representações, versões suportadas pela razão, lógica e detalhes técnicos-científicos que nos afastam do nonsense.

3.2.2 O Argumento Forte da Literatura Científica

Ao compararmos a ciência do cientista à educação científica, temos que concordar com Lemke (1993), quando ele menciona que os currículos convencionais da escola básica distorcem a natureza e prática científica, ao tratarem das vivências da classe trabalhadora da ciência. De tal forma, que um novo design de ensino não pode repetir, a partir da transposição didática, a simplificação das vivências no laboratório dos cientistas e engenheiros para as vivências dos estudantes no laboratório escolar, até para não resultar em mero simulacro da realidade da atividade científica profissional.

À frente disso, Hodson (1994) orienta para não seguirmos a argumentação que na experimentação convencional no laboratório escolar, o estudante adquire habilidades e técnicas de cunho básico que o levam a tornar-se um cientista. Até porque, esse viés de atividades experimentais no laboratório das escolas, já se tentou e, apesar de propostas de ensinar a partir de roteiros experimentais elaborados com muita prática experimental, os estudantes não aumentaram significativamente sua capacidade para desenvolver tarefas simples de laboratório com os preciosismos comuns da prática científica profissional.

Portanto, para garantir representações mais realistas dos processos da produção científica e do *modus operandi* dos trabalhadores da ciência, seguimos as orientações de Navarro e Fernández (2013), ao buscarmos as relações da natureza social dos fatos científico-técnicos a partir da atividade em laboratório e centros de pesquisa, mas também sob essas orientações acompanhamos Bruno Latour (1947-) e Steve Woolgar (1950-), acerca da sua metodologia sob os cânones da antropologia com enfoque construtivista-relativista, ao investigarem os híbridos, enquanto pesquisadores, na posição de informantes no seu habitat natural: o laboratório! Conforme (NAVARRO; FERNÁNDEZ, 2013, p. 13), “um meio de hibridação de elementos naturais, artificiais, simbólicos e coletivos”.

Assim, passamos a conhecer mais sobre os pesquisadores e os seus esforços em apagar o processo de fabricação dos fatos e máquinas, nos quais escondem-se os vestígios de instrumentos retóricos utilizados nas negociações entre pesquisadores e grupos de pesquisadores. Isto se dá, também, na forma de método de persuasão para a manutenção dos aliados e o convencimento ou isolamento dos contestadores, para que na estabilização do enunciado científico apareça como descrições de resoluções da razão. Os aspectos subjetivos dos híbridos devem ser escondidos em favor da objetividade, mantendo a aparência moderna de pensamento.

Aprendemos mais sobre a ciência trabalhadora com Latour e Woolgar (1997), quando seguiram os cientistas, anotaram seus movimentos, assistiram a seminários, gravaram diálogos, recolheram papéis amassados, tiraram fotos, tentaram decifrar anotações dos quadros negros, questionaram, receberam informações dos seus informantes, etc. Da perspectiva do antropólogo, mas também de sociólogo, o trabalho deles criou uma espécie de modelo, com alguma

simplificação, da representação parcial da vida dos cientistas no laboratório, acerca da fabricação de enunciados.

Para conhecermos a utilidade do esquema proposto por Latour e Woolgar (1997), a respeito das diferentes fases, pelas quais ocorrem as transformações de um enunciado, até este atingir o status de fato ou ficção. O esquema deles é organizado em cinco fases, colocadas aqui em um exemplo genérico A, B, em que A se relaciona com B de alguma forma, além de qualificar as sentenças com modalidades positivas ou negativas, possibilitando o reforço ou contestação do enunciado, da seguinte forma:

- Enunciado do tipo 1 - ocupa no espectro uma das extremidades em que o enunciado é proposto no campo da especulação e das conjecturas, determinado por variáveis modalizadoras;
- Enunciado do tipo 2 - qualifica-se tipicamente como um tipo de controvérsia, com sentenças colocadas como modalidades positivas ou negativas, para reforço do enunciado ou sua contestação, característica presente nas condições iniciais quando se lança determinado conceito;
- Enunciado do tipo 3 - caracteriza-se pela busca da naturalização do enunciado, típico do seu processo de fabricação, movimentos para melhorar a qualificação do enunciado como tácito, com a busca dos aliados e táticas de posicionamento. Assim acrescentando mais argumentos na forma de empilhamento de modalidades positivas, apesar de ainda persistirem movimentos de contestações com sentenças de modalidade negativa;
- Enunciado do tipo 4 - o processo de estabilização do enunciado avança sentido a torná-lo fato, na medida que as contestações vão sendo superadas por evidências que corroboram a facticidade do enunciado, apontadas por construções da lógica e outras “realidades” fabricadas no laboratório. Entretanto, o fato ou máquina ainda é acompanhado pela referência do autor;
- Enunciado do tipo 5 - o enunciado tornou-se fato, já possui uma aparência de natural, já é um elemento da natureza que o ajuíza como algo tácito. Não lhe são acrescentadas modalidades assertivas/construtivas e nem

tampouco destrutivas. Como *matter fact*, já não é acompanhado de autoria. Trata-se da própria natureza acompanhada do qualificador científico.

Tal sistematização foi muito bem delineada por Oliveira (2006):

Para Latour, um enunciado se configura como fato quando estiver completamente modalizado, ou seja, quando não houver qualquer necessidade de maiores explicações, pois o argumento por si já é suficiente. (OLIVEIRA, 2006, p. 8).

Trata-se da estratégia da ciência normal de apagar completamente os processos de fabricação de fatos ou máquinas, para que não retornem à instabilidade dos seus tempos de controvérsia. Esta aparência da ciência pronta não deixa espaço para ser contradita, portanto limita-se ao discurso para candidatos à conversão para uma crença, a científica que acarreta aos estudantes grande dificuldade em manipular os saberes científicos, porque estes lhe são apresentados segundo a modalidade 5 de enunciado, como se fossem naturais.

Na proposta de ensino, é importante, durante os projetos de investigação, levar o estudante a percorrer a literatura científica do enunciado “5” para o “1” e do “1” para o “5”, para conhecer mais sobre os objetos da ciência e da tecnologia, mas ao mesmo tempo, analisar o discurso persuasivo de base científica dos cientistas, por exemplo, na literatura científica “contar citações, fazer cálculos bibliométricos ou realizar estudos semióticos dos textos científicos e de sua iconografia, ou seja, usar técnicas de crítica literária” (LATOURE, 2011, p. 96). Esse tipo de pesquisa já constitui uma tarefa difícil, pois o estudante é pesquisador amador e sem muitos recursos, que se resumem ao seu aparelho celular ou computador e das suas parcerias com outros estudantes, professores e professor participante.

Os estudantes discordantes precisam ir além da literatura científica, para conhecerem mais acerca da ciência em ação de cientistas e engenheiros, para saberem mais sobre essas pessoas e do local onde fabricam os fatos e máquinas, ou seja, o laboratório. Haja vista que os cientistas que “seguimos como se fôssemos sombras, entram em laboratórios, então também temos de entrar, por mais difícil que seja essa etapa” (LATOURE, 2011, p. 96), para conferir os instrumentos de inscrição e os resultados.

Mas, e o laboratório na educação científica como fica? Já se sabe sobre o LabD tradicional e das suas limitações em tentar representar a natureza e prática científica, que resultaram não mais que um simulacro mal diagramado. Uma descrição justa para esse simulacro seria de contador dos feitos da ciência pronta, diga-se de passagem, histórias mal contadas e cheias de lacunas, enfim, uma proposta de informar sobre fatos e máquinas tácitos para serem convertidos na crença científica.

Oliveira (2006) aponta que, apesar das diferenças em termos das technicalidades e das finalidades sociais, o laboratório didático da escola pode se fazer valer muito de algumas essências e de alguns costumes do laboratório do cientista:

Guardadas as especificidades e as finalidades sociais distintas que supostamente poderiam criar um fosso entre os trabalhos desenvolvidos no Instituto Salk e o laboratório do Colégio em que trabalhei, as observações feitas proporcionaram uma visão das atividades escolares, relacionadas à produção da ciência, distintas dos modelos que veem a escola como apenas uma correia de transmissão de conhecimentos tácitos. Em vez disso, defendo que a ciência escolar pode estar ricamente envolvida em estratégias produtivas de ciência, portanto, mais aberta e imersa nos jogos de poder. Com relação às especificidades escolares, as contribuições teóricas latourianas acerca dos jogos agonísticos podem contribuir muito para o entendimento de algumas relações das atividades laboratoriais escolares, sobretudo as que se articulam mais facilmente ao que se aceita como 'atividade científica'. (OLIVEIRA, 2006, p. 8).

Portanto, o estudante discordante precisa ir da teia da literatura científica para o laboratório, pois é a partir das inscrições dos aparelhos que surgem nos textos nas formas de dados, curvas gráficas, cálculos e tabelas que se estabelece o laboratório de fato. “O gráfico, que era o elemento mais concreto e visual do texto, agora é o elemento mais abstrato e textual num atordoante arsenal de equipamentos” (LATOURE, 2011, p. 99).

Há urgência! O estudante precisa olhar para os instrumentos inscritesores, visualizar fotossensores, telas das interfaces com as curvas gráficas, o celular com sua utilização especializada, os simuladores virtuais do PHET, a investigação dos filmes em softwares, pois permitirá que ele realize a imersão mais profunda na teia das citações, das imagens, dos gráficos e das tabelas para compreender melhor o *modus operandi* dos cientistas, cujas mãos e mentes habilidosas manipulam, relacionam e decifram as inscrições dos aparelhos do laboratório, para serem transformadas em literatura científica.

O estudante precisa conhecer sobre a origem daquelas imagens que desfilam nos textos científicos como provas fortes de argumentação, até para saber que por trás daquelas imagens que surgem nas últimas camadas dos textos científicos, em que os enunciados atingem o status de fato tácito, existiu um longo processo de fabricação e transformação a partir do chão do laboratório, ou seja, para o aluno reconhecer que:

O gráfico desenhado no papel que vai saindo do fisiógrafo, entendemos que estamos na junção de dois mundos: um de papel, do qual acabamos de sair, e um dos instrumentos que acabamos de entrar. Na interface, produzido um híbrido: uma imagem bruta que será usada depois num artigo, mas que agora está emergindo de um instrumento. (LATOUR, 2011, p. 98).

Portanto, o aluno pode enxergar além da figura (inscrição) representada no papel, uma vez que a partir da figura que se representou diante dos seus olhos, passa a se conhecer sobre o processo, o instrumento da sua fabricação e os agentes da ciência. Outro ponto é o estudante ter a consciência de que tudo que é fabricado no laboratório torna-se inscrição, para reforçar ou contestar enunciados e, inscrições que precisam ser discursadas com persuasão e rigor científico e, o porta-voz desse discurso é o cientista. O papel do estudante na arqueologia das inscrições do chão de laboratório é instrumentalizar-se em seu próprio discurso, desde na comunicação com os especialistas ou na divulgação das suas “explorações ou escavações” dos objetos da ciência e da tecnologia.

Logo, a engenhosidade do estudante para convencer os seus interlocutores ou leitores, deve apoiar-se no domínio da complexidade dos instrumentos, do planejamento e da manipulação da experimentação. Até para que o estudante treine o seu olhar para perceber a anomalia ou para ajustar a curva gráfica ou o próprio aparelho que, por algum desajuste, não representou a melhor figura que sustenta o argumento. Portanto, o estudante ao argumentar torna-se porta voz dos fatos, a partir dos instrumentos e das suas inscrições, basta ver que apesar de não falarem, têm muito a dizer.

Para Latour (2011, p. 101) “*mostrar e ver* não são simples flashes de intuição” que acontecem no laboratório diante das inscrições nos aparelhos. De tal forma, não basta colocar os estudantes de cara diante de um resistor, cuja existência poderiam duvidar diante de um chuveiro elétrico em funcionamento, basta ver que seu próprio funcionamento depende de um registro hidráulico e não elétrico,

ou seja, de um interruptor hidráulico que liga e desliga um mecanismo elétrico. Por exemplo, no laboratório antes de apresentá-los ao resistor, os estudantes são postados diante de um mundo diferente, no qual é preciso planejar, preparar, desmontar, testar diferentes comprimentos de resistor e de espessura, corrigir e ensaiar a visão do resistor, que antes conheciam por outro nome (resistência elétrica) ou, simplesmente, nunca tinham ouvido falar. E o coletivo de alunos precisa da consciência de que vieram “ao laboratório para resolver suas dúvidas sobre o artigo, mas entraram num labirinto” (LATOURE, 2011, p. 101).

Não é mais o caso de depois da leitura de um artigo, escrever para o autor para contestar. Depois do fato tácito para duvidar e argumentar contra um enunciado científico, são necessárias habilidades manuais para manipular multímetros, sensores de movimento, conhecer softwares de aplicativos de manipulação de vídeos, termopares, fontes de tensão, interpretar números em visores e mudar escalas, manipular simuladores do PHET e assim por diante. “Sempre que quisermos continuar sustentando controvérsias, fomos obrigados a passar por momentos difíceis” (LATOURE, 2011, p. 101). Do contrário seremos julgados ou por meros opositores ideológicos ou, na pior das hipóteses, não passaremos de meros negacionistas do que já é consenso científico. Pois, agora:

A natureza não está logo atrás do artigo científico; ela está *mais ou menos* por trás, na melhor das hipóteses. Sair de um artigo e ir para um laboratório é sair de um arsenal de recursos retóricos e ir para um conjunto de novos recursos planejados com o objetivo de oferecer à literatura o seu mais poderoso instrumento: a exposição visual. Ir dos artigos para os laboratórios é ir da literatura para os tortuosos caminhos da obtenção dessa literatura (ou da sua parte mais significativa). (LATOURE, 2011, p. 102).

O destaque da instrumentação¹⁹ de inscrição do laboratório como detentor do componente de maior significação da literatura técnica e científica, que diferente da retórica com rigor científico, oferece a manifestação mais poderosa da exposição visual representada e como ela é fabricada. Mas, como os estudantes podem “escavar” as inscrições do “chão” do laboratório para reexaminar a fabricação das

¹⁹ Instrumento ou dispositivo de inscrição entendemos como tratar-se de qualquer estrutura (de qualquer tamanho, qualquer natureza e qualquer custo), que contribua com a possibilidade de expor visualmente qualquer entidade em um texto científico. Portanto, um espectro amplo que praticamente o universo é o limite, em termos técnicos. Então não devemos restringir nossa percepção em pensar em laboratório e seus instrumentos, como algo concentrado, montado em bancadas, em um ambiente reservado, com uma indicação na sua porta através de uma placa em que está escrito LABORATÓRIO.

sentenças, se no laboratório da escola não existem os mesmos aparelhos? Não podemos esquecer que na inflamação das controvérsias, dos primeiros artigos foram produzidos para contestar as contestações e, laboratórios concorrentes foram construídos e artigos de contraponto fizeram parte do nó controverso. Sem falar, que instrumentos tácitos do laboratório escolar, como termômetros, multímetros, osciloscópios, tubos de ressonância, calorímetros, fotossensores, aplicativos de celulares, simuladores do PHET, *software* Tracker, filmes e tantos outros, constituem uma fonte rica para a arqueologia dos objetos.

Embora muitos dos instrumentos que citamos tornaram-se tácitos e não causam alvoroço quando encontrados no laboratório, no seu tempo histórico constituíram importantes dispositivos de inscrição essenciais aos textos científicos da sua época. Portanto, quando afirmamos que um termômetro foi um instrumento, esta qualificação não é alicerçada em termos de custos ou sofisticação, mas sim pela seguinte característica: o dispositivo como potencial de inscrição, cuja estrutura é utilizada com a tática de empilhamento na última camada dos textos técnicos ou científicos. “Os termômetros foram instrumentos e muito importantes no século XVIII; o mesmo se pode dizer dos contadores Geiger entre a Primeira e a Segunda Guerra Mundial” (LATOURET, 2011, p. 103), dois exemplos de dispositivos que, no seu tempo histórico, representavam recursos essenciais nos textos científicos da sua época.

Muitos dos equipamentos no seu tempo histórico foram tidos como dispositivos de inscrição e estiveram envolvidos em inflamadas controvérsias, mas que à medida que se tornaram naturalizados, passaram a ocupar a posição de artefatos do laboratório. Entretanto, no design da Cultura de Laboratório, com a abertura de caixas pretas e seus respectivos experimentos que hoje são clássicos, será possível reexaminar o potencial de instrumento de inscrição, e que os estudantes o reconheçam desta forma. Por exemplo, em Muchenski e Miquelin (2015), houve a oportunidade de qualificar os termômetros do tipo termopar como elementos de inscrição, quando intervimos numa turma de sétimo ano do ensino fundamental II (EFII), cuja proposta experimental de base teórica e empírica tinha o objetivo de aperfeiçoar o perfil epistemológico dos alunos, de forma a distanciá-los da intuição primeira da sensação térmica, a partir da utilização de aparelho experimental com o caráter objetivo de medir temperatura.

Portanto, o instrumento, qualquer que seja a sua natureza, é o fio condutor que leva o leitor do texto científico àquilo que suporta o artigo, desde os recursos

mobilizados no texto até os recursos mobilizados para produzir representações visuais dos textos. A partir dessa definição de instrumento, somos capazes de produzir muitos questionamentos e comparações: Qual o custo? Quantos anos possui? Sua composição exige leituras intermediárias? Qual o tempo para uma leitura? Sua complexidade exige ser manipulado por muitas pessoas? As inscrições por ele fornecidas repercutiram em quantos artigos? As leituras por ele fornecidas sofreram conversão?

Mas como falar de laboratório sem pontuar sobre Robert Boyle (1627-1691) e sua dedicação à arte empírica? No trabalho de Shapin (1991), menciona-se que Boyle em disputa com Thomas Hobbes (1588-1679), inventou o estilo empírico utilizado até a atualidade, no qual Boyle:

Não deseja a opinião dos cavalheiros, mas sim a observação de um fenômeno produzido artificialmente em um lugar fechado e protegido, o laboratório. Ironicamente, a questão chave dos construtivistas - os fatos são completamente construídos no laboratório? - É exatamente a mesma que Boyle levanta e resolve. Sim, os fatos são inteiramente construídos nesta nova instalação que é o laboratório, e através da intermediação artificial da bomba de ar. O nível realmente desce no tubo de Torricelli inserido na redoma transparente da bomba acionada por técnicos sem fôlego. (LATOURET, 2013, p. 23).

“Os fatos são feitos”, explanaria Bachelard, no caso de Boyle totalmente construídos no laboratório, mas se são fabricados pelo homem seriam então falsos? “Não, já que Boyle, assim como Hobbes, estende ao homem o “construtivismo” de Deus”, (LATOURET, 2013, p. 24). Passamos a conhecer o caráter dos fatos, porque sua fabricação ocorre em condições de contexto perfeitamente controladas, em que o ponto fraco se torna ponto forte, desde que delimitemos o conhecimento em termos do caráter dos fatos instrumentalizados, sem incluir interpretações das suas supostas causas. Mais uma vez, Boyle converte algo imperfeito - “produzimos apenas *matters of fact* criados em laboratório, que só possuem valor local - em uma vantagem decisiva: estes fatos jamais serão mudados” (IBIDEM), diante de qualquer acontecimento em termos teóricos, metafísicos, religiosos, políticos ou lógicos.

A figura 10 traz a imagem da obra “Um experimento com um pássaro na bomba de ar de Joseph Wright 'de Derby”²⁰ e, ao lado, a presença de uma pessoa

²⁰ Uma audiência se reuniu em torno de um palestrante para assistir a um experimento. É noite e a sala está iluminada por uma única vela que arde atrás de um grande vidro redondo contendo um crânio humano doente. Uma cacatua branca foi colocada em um recipiente de vidro do qual o ar é

para dar a ideia de escala. O experimento da bomba de ar e o pássaro foi tão bem representada no século XVIII pelo pintor Joseph Wright (1734-1797), quando o dispositivo já tinha se tornado um artefato, inclusive sendo utilizado em reuniões sociais para divulgação científica.

No quadro, a bomba de ar engendrada na discussão simboliza o estabelecimento de um artifício que determinará para a ciência o argumento forte, nas condições de contorno num modelo-réplica fabricar uma versão da realidade, que depois da sua estabilização tornou-se naturalizada como artefato, mas que antes serviu para suscitar controvérsias e serviu como instrumento de inscrição da literatura científica. Boyle com seu experimento contribui para a conceituação do vácuo e sua estabilização contra o éter defendido por Thomas Hobbes, que “rejeita a possibilidade do vácuo por motivos antológicos e políticos cujos princípios são filosóficos, e continua a alegar a existência de um éter invisível” (LATOURE, 2013, p. 27).

bombeado para criar um vácuo. O palestrante irá expelir o ar completamente e matar o pássaro, ou permitir que o ar entre e o reanime? Wright foca nas diferentes reações dos espectadores - desde a garota incapaz de assistir até os amantes com olhos apenas um para o outro. Este é o maior, mais ambicioso e dramático da série de pinturas "à luz de velas" que Wright pintou durante a década de 1760. Ele captura o drama de um experimento científico encenado, mas também funciona como uma vanitas - uma pintura sobre a passagem do tempo, os limites do conhecimento humano e a fragilidade da própria vida.

Figura 10 - Print de site da internet da bomba de ar de Robert Boyle na representação da obra de Joseph Wright



Fonte: The National Gallery (2021).

A obra ilustra a controvérsia entre Robert Boyle e Thomas Hobbes no século XVII, acerca das duas formas de representação de mundo, em que a ciência de Boyle pode “traduzir, deslocar, transportar, deformar todas as outras controvérsias, de tal forma que aqueles que dominam a bomba dominam também o rei, Deus, e todo o seu contexto?” (LATOURE, 2013, p. 27). Por outro lado, Hobbes encontra contra-argumentos que procuram desacreditar ou contornar tudo em relação à atividade experimental, porém Boyle leva a discussão para o experimento, assim a controvérsia tem que passar por “um conjunto de detalhes sórdidos relativos aos vazamentos, às juntas e manivelas da sua máquina” (LATOURE, 2013, p. 27).

As experiências nunca funcionam bem, a bomba vaza, é preciso ajeitá-la. Aqueles que são incapazes de explicar a irrupção dos objetos no coletivo humano, com todas as manipulações e práticas que eles necessitam, não são antropólogos, uma vez que aquilo que constitui, desde a época de Boyle, o aspecto mais fundamental de nossa cultura, foge a eles: vivemos em sociedades que têm por laço social os objetos fabricados em laboratórios; substituímos as ideias pelas práticas, os raciocínios apodícticos pela doxa controlada, e o consenso universal por grupos de colegas. A boa ordem que Hobbes tentava reencontrar foi anulada pela multiplicação dos espaços privados nos quais é proclamada a origem transcendental de fatos que, apesar de fabricados pelo homem, não são de autoria de ninguém e que, conquanto não possuam uma causa, podem ser explicados. (LATOURE, 2013, p. 27).

Entretanto, Hobbes pôs-se a criticar a possibilidade de estruturar uma sociedade a partir do “fundamento deplorável dos *matters fact?*” (LATOURE, 2013, p.

27). Mas, sua maior irritação consistia no protocolo do laboratório de Boyle, ao representar um fenômeno macro, em uma escala muito menor nas condições de contorno de um modelo-réplica. Entretanto, da perspectiva de Boyle “as grandes questões relativas à matéria e aos poderes divinos podem ser submetidas a uma solução experimental, e esta solução será parcial e modesta”, (LATOURE, 2013, p. 27).

A partir de Robert Boyle percebemos que objetos novos são fabricados no laboratório e transformam e são transformados por contextos epistemológicos, sociais e históricos que o circundam. O mesmo para os modelos-réplica, no sentido de Dutra (2005), no laboratório não somente replicam fenômenos naturais de forma representativa como versão da natureza, mas moldam e/ou transformam a natureza quando fabricam fatos/*matters of fact*. E, até na disputa de Boyle versus Hobbes, passavam pelos tribunais de justiça processos humanos e divinos e as autoridades a elas cabidas. De acordo com Boyle, jamais causas que colocassem em disputa o comportamento de “coisas” não humanas no laboratório transformado em cortes de justiça, pois para Boyle (1957, p. 218), justamente as experiências nos aparelhos do laboratório têm mais autoridade:

Em nossa experiência [do sino do mergulhador] exposta aqui, a pressão água possui efeitos visíveis sobre os corpos inanimados que são incapazes de preconceitos ou de dar apenas informações parciais, e terá mais peso junto às pessoas sem preconceitos que as narrativas suspeitas e, por vezes, contraditórias de mergulhadores ignorantes, cujas ideias preconcebidas estão sujeitas a flutuações, e cujas próprias sensações, como as da plebe, podem ser condicionadas por predisposições ou muitas outras circunstâncias, e podem facilmente induzir ao erro” (apud in LATOURE, 2013, p. 29)

Boyle refere-se para um novo ente inventado na ciência, os dispositivos de inscrição: “corpos inertes, incapazes de vontade e de preconceito, mas capazes de mostrar, de assinar, de escrever e de rabiscar” (LATOURE, 2013, p. 29), esses dispositivos inscrites do laboratório verdadeiros depoimentos dignos de fé. Essas “coisas” não humanas, sem espiritualidade no sentido bachelardiano, entretanto sobre os quais é legado sentido, em uma posição de serem “mais confiáveis que o comum dos mortais, aos quais é atribuída uma vontade, mas que não possuem a capacidade de indicar, de forma confiável, os fenômenos” (LATOURE, 2013, p. 29).

Aparelhos inscrites constituídos de novos qualificadores semióticos, que irão contribuir com uma nova forma de literatura, textos científicos da ciência

experimental, “híbrido entre o estilo milenar da exegese bíblica - até então aplicado exclusivamente às Escrituras e aos Clássicos - e o novo instrumento que produz novas inscrições” (LATOURE, 2013, p. 29). Estabelece-se a literatura científica como hoje a conhecemos, continuando a velha prática da hermenêutica, entretanto agora com o acréscimo aos “seus pergaminhos a assinatura trêmula dos instrumentos científicos” (LATOURE, 2013, p. 29).

Passamos a compreender que o laboratório, os objetos, finalidades e as alterações de escala estão na intersecção entre as Coisas em si (na extremidade do Polo Boyle) e os Homens entre eles (na extremidade do Polo Hobbes). E, desta posição central entre a natureza e a sociedade, que se coloca a ciência e o laboratório, onde se constroem os objetos e os contextos, que devemos buscar compreender esta simetria de uma invenção do repertório moderno. Portanto, devemos localizar a ciência e o laboratório no ponto simétrico entre o Objeto de Boyle e o Sujeito de Hobbes, pois eles são um pouco dos dois.

Agora, a situação do estudante discordante que até já contestou o artigo, que até pode duvidar do discurso persuasivo do cientista na posição de especialista, mas agora no laboratório diante dos instrumentos e da sua complexidade e da fabricação de inscrições para a literatura científica, como contestar? É muito mais complicado! Como o estudante enfrenta o que está por trás do artigo, o cientista nem precisa mais se defender, pois a inscrição no visor do aparelho fala por ele.

O estudante pode assumir duas posições bem distintas, tornar-se crente por força do argumento do dispositivo de inscrição no laboratório, ou duvidar do fato diante dos seus sentidos impressionados e da sua sanidade, sem dúvidas a segunda alternativa lhe será mais cara em termos de recursos e causará mais dores.

Na primeira alternativa, “o discordante transforma-se em crente, sai do laboratório adotando a tese do autor e confessando que - X mostrou cabalmente que A é B” (LATOURE, 2011, p. 107), haja vista que quem discorda está diante do dispositivo de inscrição, diante da “coisa” que a literatura fazia referência para que o leitor semiótico acreditasse. “O discordante está exatamente no lugar onde se diz que a coisa acontece e no preciso momento em que ele está acontecendo” (Latour, 2011, p. 106).

Caso assuma a escolha da segunda alternativa, mais custosa e dolorosa, terá diante da coleta de dados, curvas gráficas, filmes, fotografias, mapeamentos ou outros tantos nomes atribuídos às inscrições representadas nos dispositivos a

seguinte postura: de reexaminar as inscrições e seus dispositivos desmontando os instrumentos ou buscar, por exemplo, na própria literatura científica discordantes, aliados que ajudarão a enfraquecer a relação entre o discurso persuasivo dos porta-vozes (cientistas, engenheiros, ou técnicos) e as inscrições.

O estudante discordante pode resistir à conversão para a crença, pois mesmo com os sentidos impressionados e depois de transcender o seu realismo ingênuo e empirismo claro provocados pela primeira impressão dos sentidos, poderá retomar a sua racionalidade de quem contesta alicerçado no seu capital científico e chegar a uma outra percepção da inscrição no dispositivo. O que impressionou seus sentidos não foi a evidência física do saber científico, mas uma representação a partir dos instrumentos, mas não passa do que é “ uma representação da realidade, mas que não é a realidade de fato.

Outra coisa para o design de ensino é a postura do cientista, enquanto porta-voz da inscrição a partir do instrumento, no papel de traduzir com rigor científico a inscrição obtida para os aliados ou discordantes. “Os cientistas não dizem nada além do que está inscrito, mas sem os seus comentários as inscrições dizem bem menos” (LATOURET, 2011, p. 108). Portanto, o estudante a partir da Cultura de Laboratório, por meio do letramento científico, poderá fazer às vezes do especialista quando tiver que se comunicar para divulgar objetos da ciência e da tecnologia para o público leigo ou com relevância para outros especialistas. O papel do estudante será de tradutor e explicador sobre as peculiaridades das inscrições, de tal forma que os estudantes quando falam assumem a postura de porta-vozes das “coisas” que não falam.

Não há dúvidas que as inscrições fabricadas nos dispositivos do laboratório, são provas de força, que podem transformar os porta-vozes em indivíduos subjetivos ou objetivos, transformar em representantes de ficções ou de fatos, mas como na imersão nas provas de força, saber diferenciar uma inscrição honesta e uma preparada para parecer honesta? O estudante que reexamina as inscrições e os aparelhos que as representaram, terá que ou desmontar o aparelho ou acompanhar na teia da literatura científica quem o fez no seu tempo histórico, pois, não sejamos ingênuos, o autor de uma sentença que se candidata a fato, prepara o aparelho inscriitor no laboratório para fornecer a evidência que o teórico necessita, ou seja, será que a inscrição representada no aparelho não é o resultado de um ajuste experimental para aquela resposta? Como legitimar como prova de força para fato

ou ficção? A resposta pode estar no próprio laboratório, pois o aparelho e suas inscrições podem ser manipulados por discordantes, ou ao menos, podemos seguir esses discordantes nessas manipulações no tempo histórico da controvérsia.

O estudante discordante no papel de “mal-educado” e “inspetor de polícia”, que definitivamente desconfia de todos e, quer olhar com os próprios olhos para os instrumentos de inscrição, somente assim poderá penetrar no detalhamento das inscrições representadas nos dispositivos e que depois constituem as teias da literatura científica. O estudante inspetor e mal-educado por sua petulância pode tornar-se também ativista diante da estrutura reacionária da ciência normal. O estudante discordante pode até tornar-se um crente, mas depois de muito vasculhar o interior da caixa de Pandora, porém não foi convertido, mas sim se convenceu, é diferente. Neste caso, o discordante foi da afirmação até as provas de força que a sustenta e lá encontrou representantes objetivos. Por outro lado, a outra situação possível é o representante tornar-se subjetivo, por falar em nome de coisas e pessoas, mas quem o ouve tem a percepção de estar representando a si mesmo, assim ‘deixa de ser Fulano de Tais e volta a ser Fulano de Tal’ (LATOURE, 2011, p. 119). Esta situação poderá ser muito útil para os estudantes desmascaram discursos de mera retórica ideológica, que atacam o consenso científico, mas sem nenhuma base factual.

Ao conhecermos algumas das histórias dos cientistas e engenheiros quando pensam e fazem ciência, aprendemos a questionar sobre: o que se encontra atrás das afirmações? Textos atrás dos textos? Outros textos atrás dos artigos que alicerçam os textos? Outros artigos e curvas gráficas atrás das inscrições que se tornaram as curvas gráficas? Dispositivos de inscrições e seus respectivos porta-vozes e atrás dos porta-vozes? Provas de força que são propostas como resistência entre representados e o representante.

Enfim, com o mundo do laboratório com os trabalhadores da ciência, há muito que contribuir para a cultura e a sociedade, pois é uma comunidade de natureza própria, a científica! Marcada por uma dinâmica do comportamento e das atitudes, os quais podem ser explorados os contextos filosóficos, sociais, históricos, ideológicos que seus integrantes se envolvem em investigações para resolver problemas complexos. Portanto, o nosso propósito foi de olhar para a comunidade científica como um contexto para a exploração e a descoberta das dinâmicas entre

pessoas, fatos, instrumentos de inscrição, literatura científica, processos sociais, históricos e epistemológicos.

Ao conhecermos mais da comunidade da ciência trabalhadora, da sua natureza e prática científicas, percebemos que não precisamos importar exatamente o *modus operandi* dos trabalhadores da ciência e os aparelhos inscrites dos seus laboratórios para o mundo do laboratório de sala de aula e dos estudantes. Existem características de como cientistas e engenheiros se relacionam com o mundo e coletivos sociais, a partir das inscrições dos seus aparelhos nos laboratórios, mas que ganham o mundo com a construção dos fatos nas teias da literatura científica e que podem ser interessantes para a educação científica na escola básica. Tendo em conta que as forças técnico-sociais que emergem do mundo do laboratório através da fabricação dos fatos e dos objetos tecnológicos e dos seus impactos na sociedade, precisam ser conhecidos pelos estudantes.

Somente assim, os alunos passarão a familiarizar-se e naturalizar-se com os costumes e essências da ciência trabalhadora, entretanto, os estudantes terão que, no seu mundo do laboratório, encontrar os próprios caminhos para enfrentarem problemas complexos presentes no mundo da vida. Fazer das suas vivências com a leitura de aparelhos inscrites e do exercício de fortalecimento das suas sentenças nas suas manifestações escritas e faladas, quando poderá aprender ao fazer, ao embrenhar-se na literatura científica.

Portanto, há a clareza que a maioria dos aparelhos dos laboratórios especializados de ciência espalhados pelo mundo, não farão parte do laboratório da escola, pois há impeditivos em termos de complexidade, de periculosidade e obviamente de custo. Entretanto os estudantes sempre poderão ler a respeito de tais aparelhos inscrites, mas também utilizarão daqueles aparelhos comuns nos espaços dos laboratórios escolares para também explorar os seus problemas locais e complexos. O importante, portanto, serão as maneiras na dinâmica dos comportamentos interpessoais e com a literatura científica que ampliarão a razão desses estudantes, na medida em que aumentarem o seu capital científico.

Inferimos que somente quem está imerso no mundo da literatura científica, passa a ocupar espaços e sentir um certo pertencimento àquele habitat, pois além de conhecer, mas também vivenciar o *métier* típico dos que pensam, fazem e explicam ciência ao se envolverem em processos de fabricação de fatos. Diante disso, não seremos ingênuos em pensar que o estudante iria replicar *in situ* no

laboratório escolar a atividade exata do trabalhador da ciência *in situ* no laboratório especializado, complexo e caro do cientista, mas o estudante pode, em algum grau, a partir dos seus problemas locais e complexos pensar, fazer e explicar ciência.

Logo, o design de ensino da Cultura de Laboratório não pretende contribuir na formação de “pequenos cientistas” como réplicas dos cientistas e seus laboratórios, mas sim contribuir para que os estudantes produzam a sua ciência, com os seus aparelhos, a sua literatura e no seu laboratório escolar, este a partir de uma sala de aula, mas harmonizada entre o teórico e o empírico. Agora, de forma prática, na próxima tabela, resumimos o caminho da profissionalização científica de Latour e como algumas características podem ser transpostas para os estudantes discordantes:

Quadro 2 - Etapas da profissionalização por Latour versus formação dos estudantes na CL

ETAPAS PARA PROFISSIONALIZAÇÃO DO CIENTISTA POR LATOUR	ETAPAS PARA QUALIFICAÇÃO DOS ESTUDANTES DISCORDANTES
<p>1. Primeiramente, o diferencial do profissional é a sua capacidade de superar os amadores e viver do seu trabalho. Com o entendimento de que a atividade profissional exige dedicação com exclusividade e integralidade à atividade profissional. O profissional possui suporte financeiro com o que ganha no laboro da sua atividade. Os amadores, entretanto, devem ser preservados como aliados de trabalho indispensável e disciplinados pelo profissional, que não leva em conta suas opiniões.</p>	<p>1. Os estudantes transcendem o amadorismo alicerçado em uma retórica de senso comum, para uma retórica de rigor científico, pelo alargamento da racionalidade na medida que se especializa na literatura técnica, instrumentos de inscrição, entrevistas com os especialistas, escrita acadêmica e discurso persuasivo. Não possui suporte financeiro, apenas suporte disponível enquanto estudante.</p>
<p>2. A publicação do conhecimento em periódicos, anais de encontros, congressos e outros órgãos de divulgação científica, ampliando a repercussão da atividade científica. Com mais pessoas interessadas em assumir a posição da afirmação ou para contestá-las, utilizando como referência para promover outras reflexões. A publicidade sempre com caráter de autoridade, portanto, sem vulgarização ou divulgação de panfleto. A atividade torna-se profissional, na medida em que se utiliza de estratégias para atrair o público e satisfazer a sociedade, aumentando assim, a possibilidade de fomento. Uma regra simples de consumo dos objetos técnico-científicos pela sociedade.</p>	<p>2. Divulgação dos seus projetos de IIR, seja acerca de um fato ou máquina, com submissão de textos escritos e encaminhados para periódicos, ou na construção de canais para divulgar tutoriais explicativos sobre aparelhos ou fatos. Divulgação especializada sem vulgarização.</p>
<p>3. A habilidade dos cientistas e engenheiros do convencimento do potencial técnico e científico ao Estado e à sociedade representada pelo cidadão ou das empresas privadas, que a atividade técnico-científica é imprescindível em termos estratégicos em uma perspectiva desenvolvimentista. Um desafio maior à</p>	<p>3. A postura do estudante deve ser hábil e com potencial de convencimento persuasivo dos assuntos da ciência e da tecnologia, outra postura é da autonomia, ou seja, o papel do professor é de orientação e consultoria, mas nunca de ingerência. Trata-se mais de uma parceria por meio das interferências</p>

manutenção da autonomia da atividade profissional, uma vez que o Estado e/ou fomentadoras privadas procuram sempre agir sobre a atividade científica.	mediadoras.
4. A qualificação do profissional submete-se aos cânones da academia. Estabelecida através de protocolos rígidos da graduação universitária, que normatiza impondo regras rígidas para a formação dos acadêmicos e pós-graduados.	4. Uma metodologia de ensino pautada no letramento científico, com um viés claro de contribuir para a formação de uma sociedade técnico-científica que dará aos estudantes um capital científico que dará suporte para sua interação com contextos sociais do mundo da vida.
5. Por fim, a conduta profissional também segue um protocolo estabelecido entre os pares, como instrumento de esfriar controvérsias internas, visando o fortalecimento enquanto instituição da ciência. As punições são alicerçadas em termos objetivos, sobretudo, sempre buscando a preservação da instituição e a manutenção do corpo em relação à opinião pública, preservando as possibilidades de financiamento.	5. A postura especializada no grupo responsável pelo projeto de ilha de racionalidade, deve ser um princípio. Portanto, assim como no meio científico os profissionais são exigidos no empenho especializado para avançar nas controvérsias, o que os distingue dos amadores, na Cultura de Laboratório o estudante letrado cientificamente se distingue dos estudantes de formação tradicional disciplinar.

Fonte: Autoria própria (2021).

No próximo capítulo, trazemos comentários acerca da publicação de trabalhos, possíveis contribuições teóricas para a literatura científica que surgiram a partir do desenvolvimento das fases de protótipos, dos ciclos iterativos em que investigamos os princípios do design de ensino de Cultura de Laboratório, tanto em relação a envolver os estudantes em projetos de iniciação científica, quanto em relação à reformulação do LabD, mas também ao investigarmos o potencial dos estudantes como divulgadores de ciência e dos aparelhos inscrites do mundo do laboratório escolar, entre eles o aparelho smartphone, além da produção de um suplemento na forma de fascículo sobre termodinâmica, contribuimos com uma abordagem teórica e experimental para o ensino de Física na Educação Básica.

4 O DUPLO PRODUTO DA PESQUISA-APLICAÇÃO

É da natureza da metodologia Pesquisa-Aplicação a emergência dos princípios do design de ensino durante o seu desenvolvimento, além da produção de teoria para contribuir com a literatura científica, de tal forma que traremos neste capítulo menções acerca dos princípios da proposta de ensino, que foram desenvolvidos e implementados em diferentes instituições de ensino, justamente por apresentarem contextos díspares da realidade escolar de sala de aula e do público docente e discente. Estudamos esses princípios de design em termos da sua consistência e praticidade ao serem trabalhados na realidade de cada escola, além de submetemos os protótipos de ensino a constantes avaliações de especialistas, que ajudaram no aperfeiçoamento do design da CL.

No capítulo, também apresentaremos algumas reflexões acerca de livro didático de apoio para o ensino de Física, reflexões que nos levaram à produção de material didático próprio sobre termodinâmica, que valorizasse os contextos históricos, filosóficos e sociais presentes em processos de fabricação dos fatos da ciência e dos objetos tecnológicos. Portanto, aos leitores pedimos que não estranhem no texto comentários sobre esses estudos, haja vista que foram eles que orientaram o aperfeiçoamento do design da Cultura de Laboratório.

4.1 DESENVOLVIMENTO DOS DOIS PRIMEIROS PRINCÍPIOS DA CL

No quadro 1, destacou-se no ciclo 1 da Pesquisa-Aplicação, a delimitação do problema acerca do uso em discussão do LabD tradicional e da sua suposta limitação em termos da aprendizagem com significação dos saberes científicos, inclusive com a publicação de alguns dos nossos estudos acerca do tema tão caro para o ensino de Física. O quadro 1 traz esses estudos e mais a revisão de literatura científica que auxiliaram no rascunho dos princípios I e II que deram início à estrutura da proposta de ensino Cultura de Laboratório, por exemplo, foi em alguns desses trabalhos que cunhamos a expressão que agora representa esse design de ensino.

O princípio I com a intenção de promover a imersão de estudantes em projetos de investigação científica e o princípio II de reformulação da racionalidade e

do protocolo do uso do laboratório didático. Estudamos os princípios I e II em diferentes realidades de instituições de ensino com a intenção de promover o seu aperfeiçoamento, para depois aplicarmos esses princípios no Colégio Estadual do Paraná. A seguir as aplicações de cada princípio nas respectivas escolas:

- O princípio I em colégio do setor privado da educação em 2016 e 2017;
- O princípio II na turma de sexto ano do Colégio Estadual Iolando Taques Fonseca de Ponta Grossa, em 2016, na turma de segunda série do CEP, em 2017, além da oficina no Encontro Nacional de Licenciaturas (ENALIC 2016).

a) Princípio I: colégio do setor privado da educação em 2016 e 2017

Durante a fabricação do design da Cultura de Laboratório, precisamente em relação ao primeiro princípio de design, a partir da imersão na investigação, os estudantes passaram a conhecer algumas das nuances que ocorreram no laboratório durante a fabricação dos fatos e no seu tempo histórico. Os estudantes puderam vivenciar em algum grau os contextos históricos, epistemológicos e sociais que circundaram a noosfera do saber sábio. Compreenderam de forma semiótica, o ponto de vista privilegiado do fabricante de fatos, ao estudarem o seu trabalho, com as incertezas, as decisões, a concorrência e as controvérsias.

Os estudantes vivenciaram *in situ*, nas suas investidas nos projetos de investigação científica, algumas das percepções que culturalmente se aproximam daquelas experimentadas por pesquisadores da ciência profissional, tais como incertezas, decisões, concorrência e controvérsias no seu laboro e, diante dessas vivências, os estudantes aproximaram-se, em algum grau, das nuances dos trabalhadores da ciência nos seus laboratórios. Nesse sentido, a proposta de ensino precisou escolher temas ou assuntos controversos no debate científico, mas também temas contestados na esfera do debate ideológico.

Por exemplo, entre temas em discussão na esfera do debate científico e/ou do debate ideológico, alguns assuntos despertam o interesse dos estudantes, tais como: a temperatura média do planeta Terra, o nível dos oceanos, os processos entrópicos entre a Terra e o restante do universo, a seta do tempo, o modelo do “Big Bang”, as fontes renováveis de energia, a exploração de petróleo, o Pré-sal, as principais nações emissoras de gás carbônico, as consequências climáticas, os financiamentos de grupos de pesquisa que investigam o aquecimento global, a

corrida das vacinas contra a Covid-19, os movimentos contra vacinação, entre tantos outros.

Agora vamos retomar os princípios I e II do design de ensino, cuja investigação sistemática permitiu reformar e aperfeiçoar o protótipo, além de possibilitar a prática docente na ação e iniciar a construção da teoria de fundamentação dos princípios do Design, em termos da sua epistemologia e da sua metodologia.

Por exemplo, ao refletirmos a partir das ações relativas à experiência com o princípio I, investigamos as ações em duas turmas de estudantes do mesmo colégio particular. A primeira turma escolhemos focar na equipe menor de quatro estudantes nos anos de 2016 e 2017; a outra turma, em 2017, ampliamos a atenção para um grupo maior ao dividirmos os estudantes em várias equipes, em média compostas de quatro integrantes.

A investigação sistemática da equipe de 2016 imersa em projeto de pesquisa na literatura científica, mostrou que as alunas da equipe foram capazes de construir revisões de literatura científica ao pensarem e fazerem ciência. Reconhecemos nuances de estudantes pesquisadoras ao acompanharmos a equipe em 2016, inclusive motivaram-se em inscrever trabalho no FICIÊNCIAS 2016, que apesar da relevância não recebeu um aceite, por não atender o escopo do congresso.

Entretanto, mesmo com alguma frustração do não aceite, serviu de aprendizado para a equipe, que buscou aperfeiçoar o trabalho com a continuidade do processo de investigação, ao longo de 2017. O trabalho acabou por receber um aceite com a solicitação de correções, com posterior apresentação no XI ENPEC, com sua publicação nos anais do evento sob o título: **Proposta de aprender por projetos de pesquisa alicerçados por ilhas interdisciplinares de racionalidade**²¹ (MUCHENSKI; MACIEL; LAPUENTE; MIQUELIN, 2017).

Acompanhamos essa equipe em 2016 e 2017 com a intenção de observar, a partir da sua imersão em processos investigativos, a conseqüente repercussão na formação das estudantes em termos de aperfeiçoar a sua capacidade de discurso, com viés mais persuasivo e com suporte mais técnico e científico. O resultado de seguirmos a equipe de estudantes em sua ilha de racionalidade contribuíram para, definitivamente, incluir as IIR como um dos fatores para a formação cultural dos

²¹ Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/trabalhos.htm>

estudantes na vida de laboratório escolar, além de enriquecer a base teórica na proposta da Cultura de Laboratório como modalidade de ensino.

O objetivo do design de ensino, a partir do seu primeiro princípio, é contribuir para os estudantes aprenderem por projetos de pesquisa, porém ao contarmos com a eventual dificuldade da imersão de estudantes em processos de investigação científica, é que passamos a considerar a utilização das IIR de Fourez (1993), a julgar por constituir uma metodologia de aprender a aprender, na perspectiva do 'V' epistemológico de Gowin (NOVAK; GOWIN, 1984). Capacitamos as estudantes nas etapas das ilhas de racionalidade acerca de conceitos da física térmica, além da discussão a partir do artigo sobre a noção de energia de Pinheiro (2002), além da iniciação da equipe nas bases de dados Scielo e Google Acadêmico.

A apresentação, em 2016, da IIR da equipe na mostra de conhecimento da escola, mostrou o que Rosnay (2010) chama de a religação dos saberes, pois associaram: máquinas térmicas, revolução industrial e a indústria escolar. Foi ali, ao observarmos a desenvoltura das alunas na apresentação ao público, mas também a forma como desenvolveram a escrita do trabalho, que passamos a considerar IIR na forma de projeto de aprender como proposta de trabalho escolar em nosso design de ensino, até por promover a religação de saberes de diferentes áreas do conhecimento, mas também como componente fundamental para o letramento científico.

A IIR na forma de projetos priorizou a abordagem sistêmica para promoção da religação dos saberes, em termos do pensamento complexo de Morin (2000), com a apresentação das leis, teorias e problematizações da termodinâmica, para assim conectar com o mundo da vida dos estudantes. Também nos chamou a atenção e procuramos compreender acerca do dinamismo que surgiu no uso das IIR durante o processo da pesquisa científica, que promoveu uma característica que para a nossa proposta de ensino é muito cara, que constitui o surgimento da autonomia do estudante em buscar a aprendizagem. Percebemos, também, nos estudantes a partir da sua especialização em diferentes saberes científicos, ao religarem saberes de diferentes áreas do conhecimento, por exemplo, quando uma das equipes religou temas da termodinâmica com a história e filosofia da ciência, ao conectaram, de forma interdisciplinar, o saber: calor, o Positivismo, a revolução industrial e a indústria escolar.

Já em termos da investigação acerca da imersão das estudantes no seu projeto de pesquisa, trazemos maiores detalhes no capítulo 6, no item 'a' da subseção 6.1. O trabalho com a turma piloto de 2016 passou a pautar a aplicação do princípio I do design de ensino naquela escola, nas mostras de conhecimento de 2017 e 2018, porém agora com um grupo maior de estudantes e com a colaboração de professores das diversas componentes curriculares. O primeiro princípio avaliado no ENPEC XI permitiu a orientação dos estudantes em projetos de investigação científica, porém em um contexto ampliado, ao envolver equipes de estudantes da primeira e segunda séries orientadas pelos professores colaboradores.

Portanto, um projeto interdisciplinar em que a temática era relacionada, primeiro, em 2017, de como a escola realizava o manuseio do lixo com a temática 'Educação para o desenvolvimento sustentável'. Depois, em 2018, com a temática 'Migração, desenvolvimento e educação: construir pontes, não muros'. Contribuímos em orientar os estudantes nas IIR, na forma de suporte para estudantes e professores pensarem e fazerem ciência com formalidade acadêmica. Os projetos de investigação receberam publicidade na mostra de conhecimento realizada no segundo semestre de 2017 e 2018 respectivamente, a apresentação dos diversos trabalhos respeitou a estrutura de resumos similares aos exigidos em alguns congressos científicos. Recortes desses trabalhos serão apresentados no capítulo 6, no item 'b' da subseção 6.1.

b) Princípio II: três diferentes contextos

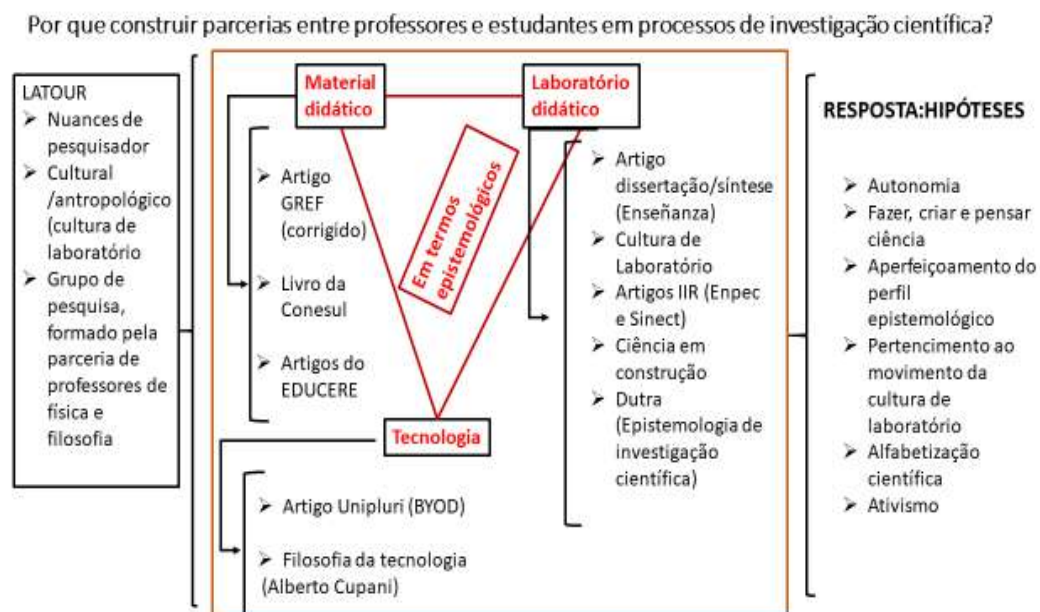
Quanto ao princípio II do design de ensino, acompanhamos três vivências que contribuíram para desenhar e experimentar a reformulação do LabD. Esse princípio depois viria a constituir parte do design da Cultura de Laboratório, com a intenção de harmonizar a sala de aula a partir da intersecção do teórico e do empírico. Estruturamos o laboratório para funcionar de forma que o estudante passasse a experimentar algumas nuances da ciência como fabricação de enunciados, comuns nos processos de construção dos fatos.

A primeira vivência, na escola estadual de Ponta Grossa no interior do Paraná, com uma turma de sexto ano do ensino fundamental II em 2016. A segunda vivência, na aplicação de uma oficina em um encontro nacional de licenciaturas em dezembro de 2016 na capital Curitiba - Paraná. Já a terceira vivência, no contexto

de uma turma de segundo ano do ensino médio do CEP, também em Curitiba, em 2017, mas com a aplicação do LabD já reformulado e por aplicado por professor colaborador da nossa pesquisa e com a ajuda de uma estudante do curso de licenciatura de Física da UFPR. As informações das três vivências serão tratadas no capítulo 7 na subseção 6.2 nos itens 'a', 'b' e 'c' respectivamente.

Na preparação da SD da experimentação proposta aos estudantes, a apresentação dos fatos científicos respeitou uma certa simetria a partir dos seus contextos de fabricação. Para tanto, pautamos a encenação do laboratório com a elaboração dos seminários pelos professores participantes, a partir da construção das ilhas de racionalidade, enquanto instrumento metodológico para religar os saberes de diferentes componentes curriculares. O esquema a seguir ilustra parcialmente o suporte da metodologia de ensino, a qual passamos a investigar durante as intervenções nas diferentes turmas e contextos:

Figura 11 - Organograma que representa a racionalidade da Cultura de Laboratório



Fonte: Autoria própria (2021).

Apresentaremos impressões acerca das experiências que realizamos como pilotos para reformular a utilização do LabD, que contribuíram para nortear nossa pesquisa de desenvolvimento, mas também construir os pressupostos teóricos e metodológicos da Cultura de Laboratório. A primeira experiência realizamos na escola estadual do município de Ponta Grossa - Paraná, com a turma de 6º ano do ensino fundamental II, em parceria com professoras de arte daquela escola.

Submetemos esse estudo para avaliação de especialistas no V Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia - V SINECT, em 2016, sob o título 'Construção de uma ilha interdisciplinar de racionalidade em torno da tela de Joseph Wright: experimento com um pássaro numa bomba de ar²²'. Após o aceite, ocorreu a sua apresentação e publicação nos anais do simpósio. A outra experiência, do Colégio Estadual do Paraná com turmas do segundo ano do ensino médio, em parceria com professores de física e filosofia, apresentamos esse estudo no XIII EDUCERE (XIII Congresso Nacional de Educação), em 2017.

Nos itens a seguir comentamos de forma breve as experiências.

b.1) Contexto: escola estadual de Ponta Grossa-Paraná

A experiência com a turma de 6º ano do EFII permitiu a aplicação do primeiro rascunho da reformulação do laboratório didático, cuja epistemologia e metodologia emergiu da revisão de literatura, à qual nos referimos no ciclo I do quadro 1. Para desenvolver a experimentação com a turma de 6º ano, nosso primeiro movimento foi a construção de uma IIR com as professoras de Arte daquela escola, ilha de racionalidade acerca da obra de Joseph Wright: "Experimento com um Pássaro numa Bomba de Ar" (tradução livre), que já mencionamos na figura 10.

Criamos o cenário para imersão dos estudantes na intersecção entre Física e Arte, com a apresentação dos saberes científicos e artísticos por meio de sequências didáticas do LabD, mas também de práticas artísticas, todas a partir das vozes dos três especialistas, do pesquisador participante de Física e das duas professoras colaboradoras da pesquisa, especialistas em Artes Visuais.

Escolhemos a obra de Joseph Wright porque ela representa um ícone em termos da forma como representamos o laboratório na fabricação dos fatos, mas também da significação à ciência do elemento 'bomba de ar' na obra, por suscitar no século XVII toda a disputa entre Boyle e Hobbes sobre visões de mundo, sob os pressupostos dos ideais iluministas. A bomba de ar representada trata-se de uma caixa preta estabilizada, que constatamos ao seguir cada protótipo de "bomba de ar através da Europa e a transformação progressiva de um equipamento custoso,

²² Disponível a versão completa em: <https://docplayer.com.br/63316691-Construcao-de-uma-ilha-interdisciplinar-de-razionalidade-em-torno-da-tela-de-joseph-wright-experimento-com-um-passaro-numa-bomba-de-ar.html>

pouco confiável e extravagante em uma caixa preta de baixo custo”, (LATOURE, 2013, p. 30).

Latour (2013), ao discorrer sobre a disputa entre Boyle e Hobbes sobre visões de mundo, a partir da simetria da antropologia comparada, utiliza da bomba de vácuo, pela qual passa pela peculiaridade de um instrumento de fabricação de fatos no laboratório, ideias relativas à cultura de um povo e entes como Deus, rei, à matéria, os milagres e a moral são transcritos em discursos persuasivos a partir de objetos inanimados, para servirem de auxílio para a construção de uma retórica mais forte. “De tal forma que aqueles que dominam a bomba dominam também o rei, Deus, e todo o seu contexto?” (LATOURE, 2013, p. 27). Portanto, muito antes da obra retratada por Joseph Wright no século XVIII, o instrumento já no século XVII foi controverso e representou a intersecção entre ciência/laboratório/natureza e sociedade/cultura na disputa entre:

Hobbes e seus seguidores criaram os principais recursos de que dispomos para falar de poder - representação, soberania, contrato, propriedade, cidadãos, -, enquanto que Boyle e seus seguidores elaboraram um dos principais repertórios mais importantes para falar da natureza - experiência, fato, testemunho, colegas. (LATOURE, 2013, p. 30).

Por fim, mas com a mesma importância, escolhemos a obra de Joseph Wright para a imersão dos estudantes no movimento do Barroco Europeu e da característica da técnica do claro e escuro, por meio da prática artística dentro da aula de arte, a partir da proposta triangular com os três pilares: objeto artístico, teoria e fazer artístico, em que:

Um pilar não deve ser separado do outro, pois para se ter uma apreciação estética é preciso que os três pilares estejam ocorrendo concomitantes. O objeto artístico seria o que está acerca da obra, seria a contextualização histórica-social, movimento artístico, características, e qual artista fez a obra. Teoria seria apresentar as técnicas que o artista utilizou para realizar a obra. Para a sala de aula seria, estudar os conteúdos da representação gráfica, como o estudo da luz, das cores, linhas, do material e do suporte. E, o fazer artístico seria o fechamento do ciclo para se alcançar a apreciação estética, onde os estudantes percorrendo os pilares partam para uma experiência consciente, que não seja apenas eficiente na ação do fazer artístico, mas sim como conhecimento sobre a importância da arte na sua criação imagética. (MUCHENSKI *et al*, 2016).

A partir da IIR na forma de cenário de fundo da experimentação, desenvolvemos a sequência didática com base nos guias instrucionais de Física e

Arte (disponibilizados no apêndice A), o primeiro a partir da utilização do LabD de multimodalidade representacional com caráter da experimentação teórico e experimental e na sequência o guia das práticas artísticas. A SD desenvolveu-se em dois encontros que aconteceram em duas tardes que compreenderam todo o período de aulas.

Para auxiliar na transposição didática que resultou no saber ensinado, e para enriquecer as diversas formas de representação dos estudantes, buscou-se o contexto em que foi construído o saber sábio, em termos epistemológicos, filosóficos e históricos. Assim, promovemos no tempo didático uma proposta inspirada em termos cronológicos como que os saberes foram produzidos, que auxiliaram em como os estudantes passaram a representar os conceitos científicos e “se os mesmos conceitos foram estimulados em variados modos e formas de representação, tal ação contribuiu para a ocorrência de apropriações conceituais mais profundas e permanentes” (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 724).

Apresentaram-se no primeiro as caixas pretas, com conteúdo de física sobre o ar e a pressão; no segundo encontro, os conteúdos de artes sobre o barroco europeu com estudos de luz e sombra e posição dos personagens de uma maneira teatral na composição pictórica. Também, no segundo encontro, foram trabalhadas formas de desenhos como: desenho de rostos com luz e sombra e de Natureza Morta (seres inanimados). Na parte da pesquisa explicativa, abriram-se as caixas pretas específicas, mostrando o propósito dos fatos abordados na pintura, e a maneira que foi reproduzida pictoricamente a óleo sobre tela. A partir disto, foram feitos experimentos da Física no primeiro encontro e, no segundo, com a parte de atelier artístico, com produção de desenhos utilizando as características do barroco europeu.

A partir do que constituímos de informações nos dois encontros, desde a produção dos guias dos estudantes, da gravação de áudio e vídeo de filmadora digital, pudemos inferir, depois da análise do conteúdo do corpus de dados, tanto das representações dos estudantes acerca de geometrizações em termos de relações de proporcionalidade e, também, do que produziram a partir das práticas artísticas, que os estudantes aprenderam sobre saberes associados com o saber pressão, além da técnica artística do claro e escuro, todos conectados de forma interdisciplinar com ciência e arte. Isso nos levou a considerar que as IIR integradas ao LabD e práticas artísticas, podem ser utilizadas até mesmo naquelas escolas que

não possuem o espaço de laboratório de ciência e/ou o espaço do atelier de arte. A investigação mostrou que os estudantes podem sim, adquirir múltiplas representações de saberes da Física e das Artes Visuais, a partir de qualquer sala de aula, desde que preparada de forma que harmonize o racional e o empírico. No item 'a' da seção 6.2 do capítulo 6, apresentamos maiores detalhes da investigação.

As vivências na escola de Ponta Grossa em relação ao princípio II da proposta de ensino, revelaram características metodológicas e epistemológicas que ajudaram a delinear o formato do laboratório didático que foi aplicado em dois novos contextos, na forma de oficina em dezembro de 2016 no VI ENALIC (Encontro Nacional de Licenciaturas) e V Seminário Nacional do Pibid, para um grupo de acadêmicos das licenciaturas de Química, Física e Biologia. Já o outro contexto, no CEP, com estudantes da 2ª série do ensino médio diurno, aplicado por professor colaborador da nossa pesquisa, juntamente da estudante do curso de Física sob sua supervisão.

Na experiência do CEP também elaboramos IIR acerca dos contextos sociais, históricos e filosóficos acerca das máquinas térmicas, a ilha de racionalidade funcionou como cenário de fundo da sequência didática da atividade experimental. Na SD trouxemos o estudo simétrico, no sentido de Latour (2011), a partir das máquinas térmicas e das leis da termodinâmica, por estarem intrinsecamente associadas com processos sociais e históricos, por exemplo, relativos à revolução industrial.

b.2) Contexto: vivências do ENALIC e do LabD do CEP

A mudança abrupta da realidade de contextos, de uma turma de 6º ano do ensino fundamental II na escola de Ponta Grossa, para um grupo de acadêmicos na oficina no VI ENALIC e na turma de segunda série do ensino médio do CEP, teve um propósito: o de pesquisar na ação sobre o segundo princípio do design em outras condições e outros atores, mas que se assemelhassem, por aproximação, ao desenho de protótipo que aplicaríamos em 2018 na turma da segunda série do ensino médio noturno do Colégio Estadual do Paraná. Em outras palavras, queríamos saber do potencial do LabD, mas na perspectiva de outras pessoas, que contribuíssem com suas críticas e reflexões sobre uma outra forma de utilização da atividade experimental integrada com a atividade teórica.

Iniciamos a construção da SD no primeiro semestre de 2016, através da colaboração dos professores especialistas em LabD de física do CEP e filosofia com

este professor participante. No início dos trabalhos, perguntamos aos professores de física da 2ª série a respeito dos temas da termodinâmica com aporte da história e da filosofia da ciência, que deveriam ser trabalhados no espaço do laboratório. A partir das respostas dos professores, definimos para a atividade experimental as leis da termodinâmica e as máquinas térmicas, sobretudo acerca: dos ciclos motores, do cálculo do trabalho em processos termodinâmicos, a impossibilidade da integralidade da produção de trabalho em ciclos termodinâmicos, a entropia e os contextos históricos e filosóficos associados com a revolução industrial.

Além da elaboração de IIR acerca das máquinas térmicas, estruturamos a sequência didática por meio dos momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), mas também com o viés de atividades teórico-experimentais para a manipulação dos saberes da termodinâmica na perspectiva do LabD de multimodalidade representacional de Laború e Silva (2011), com a utilização dos modelos-réplica de Dutra (2005). Trabalhamos a SD com turmas de estudantes da 2ª série do CEP, depois a adaptamos para o formato de oficina para o VI ENALIC, em 2016, sob o título²³: 'Leis da termodinâmica apresentadas com contexto histórico: problematizadas na proposta de laboratório de multimodalidade representacional' (MUCHENSKI; MIQUELIN, 2016).

A seguir um resumo dos saberes propostos para a SD conforme realizado na oficina:

Escolheu-se um artigo de Monteiro *et al.* (2009) disponível no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), com o título: Proposta de atividade para abordagem do conceito de entropia no ensino médio. Que trouxe uma proposta de modelo-réplica entendido para este trabalho como apresentado por Dutra (2005), de uma representação estatística do conceito de entropia, em que bolinhas de gude no modelo, representavam um modelo molecular e com uma sugestão para ser trabalhado no ensino médio, com uma proposta de laboratório de baixo custo. Como professores participantes e especialistas em laboratório didático de multimodalidade representacional no sentido de Laború E Silva (2011) e do conhecimento de diferentes modalidades de laboratório didático que nos orienta Borges (2002), realizamos uma transposição didática conforme orientado por Pinho (2001) do artigo do CBEF, porém alargado com assuntos, envolvendo: o funcionamento de motores com combustão interna de quatro tempos do ciclo Otto; ciclo idealizado de Carnot; a associação da máquina térmica de James Watt e como a sua inserção contribuiu com a revolução industrial e as consequências em termos sociais e ambientais; e por fim, reflexões a respeito do postulado da entropia com a seta do tempo, por exemplo em questões de evolução dos organismos vivos (MUCHENSKI; GUEDES; MIQUELIN, 2016, p. 2).

²³ Disponível em: <https://midas.unioeste.br/sgev/eventos/enalic-seminarionacionalpibid2016/anais#artigos>

As experiências da oficina e da apresentação do trabalho no VI ENALIC, mais a colaboração do professor especialista em Física e da acadêmica do curso de Física da UFPR sob sua supervisão, ao aplicarem o segundo princípio no CEP em 2017, trouxeram dados para a nossa pesquisa que nos auxiliaram em aperfeiçoar, em termos de método e de episteme, a reforma do princípio II da proposta de ensino. Esse outro olhar dos participantes profissionais colaboradores da pesquisa, a revisita às características do segundo princípio e, também, as revisões da literatura científica, permitiram ampliar a reformulação do laboratório didático e, com a parceria que estabelecemos com o professor colaborador e mais a contribuição de um dos professores de filosofia do CEP (o qual aceitou o desafio em pensar como religar os saberes científicos, para assim pautarem a estrutura de um outro uso da atividade experimental no ensino de Física), escrevemos um artigo.

Este trabalho foi submetido para a avaliação de especialistas no Congresso Nacional de Educação - EDUCERE XIII EM 2017, sob o título²⁴: 'Sequência didática sobre as leis da termodinâmica, com contextos históricos e epistemológicos, trabalhada no laboratório didático de Física' (MUCHENSKI, GUEDES; PHEPER, 2017).

Outras informações acerca da SD e da forma que se aplicou no CEP e no ENALIC serão abordadas no capítulo 6, nos itens 'b' e 'c' da seção 6.2. Em relação à oficina do VI ENALIC, ressalta-se o interesse de professores e acadêmicos de Física e Química acerca da proposta da SD em que trabalhamos o conceito de entropia, em termos da atividade experimental para aumentar sua compreensão e do modelo-réplica segundo Dutra (2005), em termos da representação estatística da entropia.

4.1.1 Investigar e Experimentar a partir do Design de Ensino

A educação científica, por meio do princípio I do design, precisa envolver os estudantes nos debates acerca dos fatos, para ficarem diante dos caminhos da teia da literatura científica que levam ao calor do início da fabricação dos fatos. Os estudantes precisam naturalizar parte do *métier* da ciência trabalhadora, para reconhecerem os “truques” dos seus agentes na conversão de sentenças, a partir de inscrições, em fato, até para diferenciarem os debates científicos dos ideológicos, ao

²⁴ Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/23379_12828.pdf

reconhecerem as características de narrativas verdadeiramente científicas, das narrativas de argumentação de tribunais e da presunção da dúvida ou identificarem a superficialidade de narrativas dos que somente negam o fato.

Portanto, ao leitor deste estudo, não entenda que levantamos bandeiras contra ou a favor do modelo do aquecimento global, seus contextos e suas relações com o meio ambiente e das possíveis mudanças climáticas, mas sim queremos que os estudantes conheçam a versão do mundo que é para eles representado pela ciência, mas principalmente, que os fatos falam a partir dos seus porta-vozes, os cientistas! E que os fatos constituem o argumento forte em um debate, seja ciência contra ciência ou ciência contra ideologia. Principalmente, porque os estudantes quando tomarem partido, encontrem discurso próprio e persuasivo sempre pautados a partir das suas investigações no fundo da caixa de Pandora: o laboratório.

A questão colocada: Ocorre o aquecimento global ou não? O debate acerca do aquecimento global é científico ou ideológico? Se ocorre o aquecimento global ele é uma consequência humana ou é cíclica do planeta? Estes temas básicos e tantos outros podem ser suscitados durante a investigação, pois são subordinados ao tema estruturante termodinâmica, que norteará o currículo da disciplina de Física correspondente ao primeiro semestre de 2018, da 2ª série do ensino médio noturno do Colégio Estadual do Paraná. De tal forma, que a pesquisa estará respaldada em termos de cumprimento do plano de trabalho docente e da grade curricular do curso de Física do ensino médio daquela escola.

Sobre a rede que interliga os assuntos relacionados com o aquecimento global, decidimos produzir o material didático de suporte da Cultura de Laboratório, haja vista que livros didáticos tradicionais se alinham com o modelo de aquecimento global, não deixando espaço para a sua contestação, seja na esfera científica ou ideológica, portanto não deixam espaço de debate acerca do fato científico, pois o tomam estabilizado na sua caixa preta. Nossa intenção com um novo desenho de ensino de ciência, é justamente conhecer o passado do fato científico e provocar a imersão dos estudantes no universo das controvérsias ou do debate ideológico. Na próxima seção 4.3, realizamos a discussão epistemológica acerca dos livros didáticos tradicionais e do porquê de precisarmos construir nosso próprio material de suporte para a proposta de ensino, também inserimos no mesmo capítulo o referido material didático de suporte.

Quanto ao princípio II em termos da reformulação do laboratório didático, precisamos avançar do seu manuseio tradicional, de mero replicador de experimentos clássicos acerca dos fatos hoje tácitos e naturais, quando muito replicados sem problematização e contextualização em aparelhos da rotina da prática do laboratório. Na reformulação, os estudantes precisam olhar para o passado para compreenderem que muitos aparelhos de uso corriqueiro no laboratório já foram, no seu tempo histórico da fabricação dos fatos, instrumentos de inscrição, pois auxiliaram e corroboraram na transformação dos enunciados em fatos, ao afastarem as controvérsias e as tentativas de conversão do fato em ficção por interlocutores concorrentes. Afinal, esses aparelhos, hoje naturalizados no laboratório, já funcionaram como argumentação forte do discurso, mas também da escrita científica, portanto o laboratório precisa auxiliar os estudantes na compreensão dos saberes científicos, a partir do início da fabricação do fato no seu tempo histórico.

Ainda sobre os aparelhos inscrites do laboratório, discutiremos na próxima subseção 4.2. Como na metodologia de ensino de ciências podemos transformar o aparelho celular smartphone em um inscritor? O smartphone como instrumento inscritor será protagonista, na medida que transcender o seu uso como mero aparelho que faz chamadas telefônicas, ou transmissor de áudio e/ou vídeo, ou de interação social e ou outros usos tradicionais, mas como inscritor que transforma fatos investigados em literatura, que funciona como meio de encontrar tantos outros inscrites e que podem levar os estudantes ao tempo histórico em que tais instrumentos de inscrição alicerçaram processos de fabricação de saberes científicos, portanto o aparelho evolui da utilização leiga para sua utilização especializada.

Por exemplo, o uso do aparelho termômetro, que nos dias atuais não constitui um instrumento de inscrição e, portanto, não é mais utilizado para compor camadas de um artigo científico e, tornou-se pura técnica e sua utilização é natural, entretanto, não foi sempre assim. Os termômetros já foram considerados instrumentos de grande importância no século XVIII, portanto tomando-o como uma caixa preta que pode ser aberta, remete-se a uma controvérsia em relação ao próprio conceito do que se trata temperatura, da construção de termômetros, do que se trata frio ou quente, conceito de calor. Em outras palavras, o posicionamento dos estudantes híbridos em análises simétricas nos instrumentos nos seus tempos

históricos serão reveladores e mostrarão toda a rede construída para alicerçar a termodinâmica.

Abre-se aqui outra estratégia metodológica que será o integrante da Cultura de Laboratório: trabalhar com problemas fechados em torno de aparelhos tecnológicos. Por exemplo, o chuveiro elétrico como uma caixa preta ou o efeito sifão escondido no multiplicador de água²⁵, que poderemos utilizar essas problematizações para explicar a ideia de caixa preta, pois a analogia é perfeita. Veja o exemplo para o chuveiro elétrico - uma vez que conhecemos a entrada e saída desta caixa em particular, na qual pelo encanamento alimenta-se o chuveiro de água fria e do outro lado que rega o banho sai água quente, mas no interior do chuveiro o que acontece para transformar água da temperatura ambiente para água quente? Para responder, os estudantes poderão ir muito além do senso comum, quando alguém prontamente poderia responder: ocorre uma transformação de energia elétrica em térmica.

É possível mergulhar em um universo repleto de controvérsias ao transitarmos ora pela termodinâmica ora pelo eletromagnetismo, desde o entendimento de formas de transferência de calor e a estrutura da matéria até, por exemplo a batalha das correntes alternada e contínua. As possibilidades de alimentação de novas problematizações são muito grandes, literalmente os estudantes podem ser levados com uma postura híbrida e descrente ao questionamento de tudo, mas sempre com uma postura crítica e embasada na dúvida pertinente e de base do debate científico como argumento mais forte.

Outros aparelhos tecnológicos que poderão constituir fontes de problematizações, por exemplo: Como funciona o ar condicionado? Qual a diferença de funcionamento entre forno elétrico e micro-ondas? Para que os estudantes sejam retirados da zona de conforto dos artefatos práticos da ciência acabada e que fazem parte do seu mundo da vida. Nada é mais certo e seguro, os estudantes serão questionados em se arriscar fora do saber pronto e tido como natural, gostaremos de ouvir a expressão “estou ficando maluco!”. Nossa resposta pronta sempre será: Se vira, estou aqui para complicar e não para explicar. Seguido sempre de outras

²⁵ Outro exemplo que provocaremos os estudantes para o entendimento da caixa preta é o multiplicador de água, experimento de baixo custo proposto no livro “Física mais que divertida” de Eduardo de Campos Valadares.

questões, a intenção será sempre de resultar o desconforto e o convite para que se arrisquem.

Neste ponto da nossa pesquisa-aplicação, escolhemos acrescentar os princípios do design de ensino III e IV, pois ampliamos a construção teórica em termos de almejar no terceiro princípio contribuir na formação dos estudantes em termos de perfis de divulgadores digitais do consenso científico, na perspectiva da construção de seminários que poderiam ser publicados e disponibilizados por meio de podcast. Uma forma de comunicação que percebemos que seria possível emergir dos dois primeiros princípios, na medida em que os estudantes imersos nos princípios I e II passaram a pensar e fazer ciência, percebemos que eles também poderiam explicar a ciência e, de certa forma, tornarem-se influenciadores digitais.

Por outro lado, de forma complementar dos outros três princípios, consideramos a inclusão do quarto princípio de design como suporte instrumental, no qual estudantes utilizassem os aparelhos celulares, na modalidade smartphones, como inscrites para a literatura científica, de suporte nas atividades experimentais e meio de produção e de publicidade digital, ou seja, o quarto princípio para permear os outros três princípios, a partir de estudantes usuários, mas também especialistas dessa tecnologia. A decisão da inserção do IV princípio na CL surgiu da nossa investigação sobre a utilização dos smartphones e a decisão de levar essa tecnologia para dentro de sala de aula. Tendo em conta que a teoria que pauta a proposta de ensino foi redesenhada com as contribuições do trabalho de Muchenski, Silva e Miquelin (2017) sob o nome²⁶ “A utilização leiga dos smartphones versus a sua utilização especializada no ambiente escolar”. Na próxima subseção 4.2 comentaremos esse trabalho, até porque foi decisivo para decidirmos em realizar a utilização especializada do aparelho celular em nosso design de ensino.

Com esse trabalho e outros que já mencionamos, tais como de Muchenski *et al* (2016) do V SINECT, Muchenski, Guedes e Miquelin (2016) no ENALIC, Muchenski, Guedes e Pheper (2017) no EDUCERE XIII e de Muchenski *et al* (2017) no ENPEC XI e, a partir deles, no final de 2017, consideramos a etapa de interação de avaliação dos princípios do design de ensino concluída, de tal forma que reformamos o nosso protótipo de ensino e, agora completo com os quatro princípios

²⁶ Disponível em: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/329384>

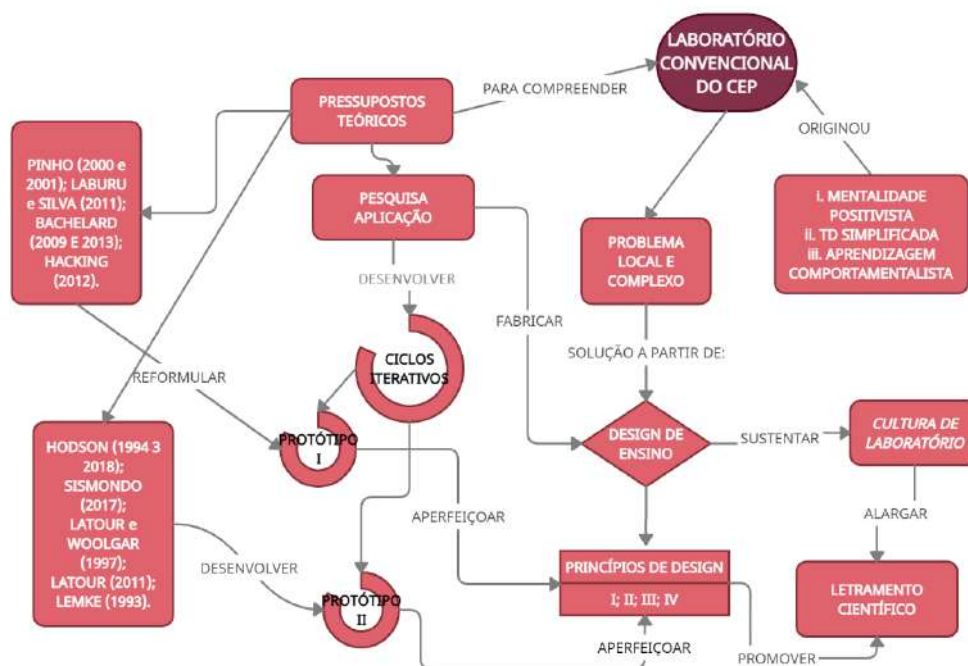
aplicamos em novo contexto, agora desafiador em 2018, na realidade do ensino noturno do Colégio Estadual do Paraná.

Contexto desafiador, pois agora trata-se da turma de segunda série do ensino médio do período noturno, com parte dos estudantes trabalhadores e com a proposta de todas as aulas (40 aulas/01 semestre), que foram trabalhadas na sala de aula harmonizada na intersecção entre o teórico e o experimental, estruturada em termos do método e da episteme nos princípios do desenho de ensino e, submetidas à pesquisa-aplicação e do professor pesquisador participante como o docente da turma. A descrição dos pormenores em que seguimos a turma em questão, encontra-se no capítulo 7 na subsecção 7.1, em que tratamos do mundo da vida dos estudantes do CEP imersos no design Cultura de Laboratório.

Neste mesmo capítulo, na subsecção 7.2, traremos algumas das produções de estudantes de outra turma de segunda série de 2019, em que exploramos o potencial de estudantes depois da sua formação no design de ensino, mas agora em termos de comunicação sobre temas científicos, por meio da produção de podcasts, os quais demos publicidade no blog <http://racionaleempirico.blogspot.com/>. Por exemplo, a página do Fisicast_Meu Deus Está Muito Quente_2: http://racionaleempirico.blogspot.com/p/blog-page_74.html, a produção que explorou um caráter performático na forma de radionovela para tratarem as leis da termodinâmica.

A seguir traremos o diagrama-síntese no design de ensino, desde a identificação do problema local e complexo do CEP até a busca da solução do problema, a partir das revisões de literatura, mas também do processo da pesquisa de desenvolvimento e dos seus desdobramentos, em termos da construção da teoria e do próprio design de ensino.

Figura 12 - Síntese da pesquisa de desenvolvimento do design de ensino



Fonte: Autoria própria (2021).

4.2 O SMARTPHONE NO LABORATÓRIO ESCOLAR

Smartphones: levar ou não para sala de aula? Como promover a conversão da utilização leiga de smartphones para instrumento de inscrições literárias? Investigamos essas questões e algumas possíveis soluções publicamos no periódico UNIPLURI, sob o título do trabalho²⁷: *A utilização leiga dos smartphones versus a sua utilização especializada no ambiente escolar* (MUCHENSKI; SILVA; MIQUELIN, 2017). Este estudo ajudou-nos a decidir sobre a inclusão do princípio IV em nosso design de ensino, na medida em que conhecemos a discussão acerca da racionalidade sobre o lema: ‘trazer o seu aparelho para a sala de aula’, do movimento bring your own device (BYOD). No caso da CL, de transformar o aparelho celular em instrumento de laboratório real ou dos simuladores, seja no viés de transformar fatos em literatura, portanto na função de inscitor, ou para aparelhar possíveis canais de divulgação científica, por exemplo, na forma de podcasts. No trabalho:

²⁷ Disponível em: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/329384>

[...] propusemo-nos a pontuar sobre os encaminhamentos do documento *The NMC Horizon Report: Edição Educação Básica 2015*, que ressalta a importância de se inserir novas tecnologias nas escolas e escrito a várias mãos por uma pluralidade de especialistas [...], para delimitar o objeto deste trabalho com o intuito de facilitar a análise por discurso, entre as várias tecnologias encaminhadas pelo NMC, escolheu-se a proposta do BYOD (Bring Your Own Device) ou também nomeado de BYOT (Bring Your Own Technology), que em uma forma de tradução livre, refere-se à ideia de “traga seu próprio aparelho ou tecnologia”, que se resume quando os estudantes levariam para a sala de aula seus computadores portáteis, tablets ou aparelhos celulares do tipo smartphones (MUCHENSKI; SILVA; MIQUELIN, 2017, p. 17).

Partimos do princípio de que inovações tecnológicas podem se tornar inócuas quando utilizadas apenas para dar cor àquela velha aula tradicional, portanto, a tecnologia por si só na sala de aula não é garantia da melhoria de ensino. Portanto, a inserção da tecnologia precisa pautar-se nas teorias de aprendizagem, mas principalmente, professores devem conhecer a racionalidade acerca do uso da tecnologia como instrumento metodológico, até porque o incremento com as tecnologias em processos de ensino e aprendizagem não pode ser de senso comum, do contrário corre o risco da sua subutilização. Este argumento reforça o porquê de concebermos os instrumentos do laboratório didático, incluindo o aparelho celular como elemento de inscrição²⁸ literária e científica. Outro viés é reconhecer o potencial e as possibilidades acessíveis por meio das tecnologias digitais de informação e comunicação (TIC), pois elas:

Têm apontado mais chances de superação do desenvolvimento humano, nas suas relações e no conhecimento. Com o acesso à rede mundial de computadores (Internet), foi construída uma maneira, num espaço telemático, para viabilizar, mesmo à distância, formas para os cidadãos interagirem e compartilharem conhecimento e culturas. (ANGOTTI, 2015, p. 18).

Diante disso, o estudante ao levar o smartphone para aula pode contribuir para sua formação acadêmica em contextos do pensar e fazer pesquisa no ambiente escolar, até porque pode facilitar a mediação pedagógica das práticas de ensino, conforme orientado por Ribas, Silva e Galvão (2015), haja vista que a sala de aula deve ser um espaço de mediação cultural, em que o professor no papel de interventor didático e pedagógico, especializado nas teorias psicológicas da

²⁸ A noção de inscrição, orientada por Latour (1997), “serve aqui para resumir os traços, tarefas, pontos, histogramas, números de registros, espectros, gráficos etc.” (LATOURE, 1997, p. 37).

educação, deve intencionalmente na sua prática de ensino, realizar as mediações pedagógicas respeitando a pluralidade cultural.

Aprendemos, a partir de Cupani (2013), que a epistemologia acerca do “usar” a tecnologia transcende muito à ideia da sua mera manipulação mecânica, até porque no âmbito escolar, o telefone precisa ser utilizado como recurso didático, por exemplo, para produção de vídeo, em experimentos, nos simuladores, podcasts e outras funcionalidade. Mas, principalmente, com a consciência de que o aparelho smartphone é um meio potencial de acesso à informação, basta ver que a informação:

É um dado desconexo de ordem e desprovido de relações e análises que possam nos remeter ao conhecimento. O conhecimento, entretanto, emerge a partir do tratamento, da verificação e do aprofundamento, em bases mais aceitas de cada época, das informações, ou seja, da análise oriunda de classificação, replicação e contextualização. A organização da informação já aponta para a construção de algum conhecimento sistematizado. (ANGOTTI, 2015, p. 18).

Entretanto, não se trata de simples inserção da tecnologia na sala de aula e pronto! De tal forma que passamos a refletir sobre a questão de como integrar o smartphone para auxiliar a mediação dos processos de ensino e de aprendizagem na sala de aula? Percebemos que o caminho é a compreensão da tecnologia no seu sentido mais amplo em termos filosóficos. À frente disso, retomamos a argumentação de Postman (1994), para percebermos que a tecnologia vai além de aparelhos tecnológicos, mas também inclui os procedimentos organizacionais, que, por exemplo, Mitcham (1994) relaciona como “tipos básicos” da atividade tecnológica: adquirir uma habilidade (crafting), inventar, projetar (designing), manufaturar, trabalhar, operar e manter.

Trouxemos, portanto, para a CL a ideia de tecnologia no sentido contemporâneo, pois abrange a especulação complexa das ações, processos, organizações e aparelhos tecnológicos. Compreendemos, assim, que poderíamos afastar da sala de aula o que Vicente (2005) chamou de utilização alienada dos incrementos tecnológicos, haja vista que:

No final, essas ineficiências, erros e situações complexas enlouquecedoras dão lugar à alienação e, em longo prazo, levam a um duplo corte ainda mais grave: o fracasso em explorar o potencial das pessoas e o potencial da tecnologia ao mesmo tempo. Os seres humanos são capazes de fazer algumas coisas realmente notáveis, mas, se nos tornamos alienados da tecnologia, nossas capacidades não se realizarão plenamente. Grandes inovações tecnológicas ficarão subutilizadas e imensos investimentos empresariais em desenvolvimento tecnológico, assim como disponibilidade de novas tecnologias, se desvanecerão como fumaça. (VICENTE, 2005, p. 29).

Portanto, o fracasso pode acontecer para professores e estudantes na utilização da tecnologia a partir das suas potencialidades, ao empobrecer as mediações dos recursos tecnológicos associados com a metodologia de ensino por desconhecimento técnico, ou por simples uso alienado. Nesses termos, o estudante, mas também o professor pode ser classificado como “usuário leigo”, conforme (MIQUELIN, 2009, p. 35), da tecnologia. Em termos da palavra “usar” Cupani (2013) esclarece no sentido de conotações de vulgaridade ou regularidade em processos repetitivos, em vez de seu uso em processos criativos e originais. Aqui se instala o desafio: Como superar uma certa automatização do uso para o pensar e fazer criativo e original na Cultura de Laboratório?

Diante disso, para o uso especializado do smartphone é importante levar em consideração o que Balacheff (1994, p. 364) orienta acerca da teoria da transposição informática e de como:

[...] os ambientes digitais de aprendizado resultam de uma construção onde há novas transformações de objetos de ensino, dentro da teoria da Transposição Informática, que se apresenta sob três aspectos:

- Universo interno: composto por componentes do dispositivo informático, ou seja, o funcionamento por meio do esquema de programação.
- Interface: é a comunicação entre o usuário e o dispositivo através da tela do dispositivo informático
- Universo externo: mobilização dos conhecimentos constituído na interação entre o usuário e o dispositivo informático, ou seja, diversas formas de averiguação do conhecimento representado pelo dispositivo/máquina.

Neste sentido, é preciso destacar que a utilização especializada do BYOD exige investigar, analisar situações, lidar com diferentes pontos de vista, realizar escolhas, aprender também na investigação e evoluir do simples para o mais complexo. É necessário atentar-se para o fato de que os estudantes precisam de algum tempo e de orientação do professor ou colega mais experiente para evoluir no uso especializado do seu aparelho, para que os alunos se apropriem de alguns processos, até para estabelecer algumas conexões não percebidas no planejamento

das ações, de forma que eles consigam a superação de algumas etapas, de tal forma com a promoção de confrontá-los com novas possibilidades.

A aprendizagem também pode ocorrer desde a antecipação por meio da pesquisa, mas também na manipulação dos saberes na experimentação e das questões de pesquisa, haja vista a conexão com os problemas e as vivências reais do estudante. Enfim, há possibilidade de uma condução do processo mais personalizada, o que permite um olhar para cada tipo de aprendizagem, mas também as possibilidades de acompanhar e avaliar em termos de tempo real, ou seja, as formas de avaliação precisam ser criadas durante o processo de desenvolvimento do design de ensino. A julgar porque as tradicionais avaliações a partir de treino para “respostas corretas” não correspondem à proposta da aprendizagem com significação dos saberes científicos. O aparelho na perspectiva BYOD pode atender diferentes perfis dos estudantes, ao proporcionar diferentes atividades para alunos dos mais pragmáticos até os estudantes mais teóricos ou conceituais, com ênfase nas atividades em graus distintos.

Nas equipes de estudantes, há possibilidades de planejar e orientar as atividades com respeito aos ritmos diferentes dos estudantes nas equipes, com possibilidades reais de acompanhar as evoluções de cada um. Os aparelhos smartphones na função BYOD agregam recursos, segundo Siemens (2004), para mapear, monitorar, facilitar e aprender entre os pares a partir da prática e da experiência. No contexto escolar, a intersecção da aprendizagem e o uso da tecnologia integra os princípios de rede, caos, complexidade e auto-organização, conceptualizado como conectivismo.

O conectivismo, conforme Siemens (2004), é uma teoria de aprendizagem que inclui nos processos a inserção tecnológica e suas múltiplas conexões, na qual se entende sua ocorrência em ambientes internos, nos quais os elementos centrais estão em constante mudança e continuamente adquiridos. Para Siemens (2004), a inclusão da tecnologia e do fazer conexões como atividades de aprendizagem faz com que as teorias da aprendizagem sejam movidas para uma idade digital. “Não podemos mais, pessoalmente, experimentar e adquirir a aprendizagem de que necessitamos para agir. Nós alcançamos nossa competência como resultado da formação de conexões” (SIEMENS, 2004, p. 4).

O conectivismo segue alguns princípios:

- . Aprendizagem e conhecimento apoiam-se na diversidade de opiniões.

- . Aprendizagem é um processo de conectar nós especializados ou fontes de informação.
- . Aprendizagem pode residir em dispositivos não humanos.
- . A capacidade de saber mais é mais crítica do que aquilo que é conhecido atualmente.
- . É necessário cultivar e manter conexões para facilitar a aprendizagem contínua.
- . A habilidade de enxergar conexões entre áreas, ideias e conceitos é uma habilidade fundamental.
- . Atualização (“currency” - conhecimento acurado e em dia) é a intenção de todas as atividades de aprendizagem conectivistas.
- . A tomada de decisão é, por si só, um processo de aprendizagem. Escolher o que aprender e o significado das informações que chegam é enxergar através das lentes de uma realidade em mudança. Apesar de haver uma resposta certa agora, ela pode ser errada amanhã, devido a mudanças nas condições que cercam a informação e que afetam a decisão. (SIEMENS, 2004, p. 6).

Retomando o texto, NMC Horizon Report²⁹ que menciona a utilização das tecnologias e, que leva este trabalho em contribuir com alguma provocação para um repensar do papel da escola e do professor e, pode ser incluído o estudante, em relação ao pensamento complexo e o trabalho com projetos interdisciplinares no sentido de educação criativa, os interessados no documento deverão buscar outras referências complementares, por exemplo, possíveis relações com a epistemologia de Morin (2002), a Alfabetização Científica e Tecnológica de Fourez (1994) e a educação criativa de Robinson (2011).

Outro ponto é sobre a capacitação dos professores, afinal, “quem vai educar os educadores?” (MORIN, 2002, p. 36). Um problema legítimo, pois é possível considerar que professores busquem capacitação de forma continuada. Porém, os sistemas de ensino de modo geral, não disponibilizam em termos de estrutura, de carga horária e de incentivos salariais, para que o professor se sinta motivado a retirar-se do alinhamento ao ensino tradicional definido neste trabalho e que muitos replicam sua própria formação acadêmica, que majoritariamente foi analítica e de “hiperespecialização” (MORIN, 2002, p. 30).

A investigação por IIR seria uma alternativa para os professores, ao encontrarem dificuldades em envolver os estudantes nos problemas e experimentos exemplares das suas disciplinas, pois os estudantes classificam tais problemas

²⁹ The NMC Horizon Report: Educação Básica Edição 2015 examina as tecnologias pelo seu potencial impacto no ensino, aprendizado e investigação criativa nas escolas. A pesquisa por trás do NMC Horizon Report: Edição Educação Básica 2015 é produzida em conjunto com New Media Consortium (NMC) e o Consortium of School Networking (CoSN).

como exclusivos do contexto escolar. Até porque diante de problemas em contextos do mundo da vida, eles não aplicam a ciência que se aprende na escola ao apresentarem possíveis soluções aos problemas, pelo contrário, utilizam-se de uma “ciência” do senso comum, afastado, na maior parte das vezes, do consenso científico. Evidencia de que os estudantes separam a ciência da escola da ciência que eles se utilizam fora dela.

No próximo capítulo, trataremos de outro ponto fundamental: o material de suporte alinhado com processos investigativos, controvérsias e o laboratório que é o guia instrucional para a leitura dos estudantes ou rotulando algo similar ao livro didático. Por que este tom de rotulação e de similaridade? Por que na verdade, apesar de alguns títulos como “As leituras de física/GREF”/USP ou alguns títulos de editoração comercial, a maioria dos livros didáticos à disposição do ensino de ciências não apresentam uma proposta de apresentar a ciência em construção e com todas as controvérsias, ou seja, a maioria dos títulos possui uma proposta de manual e de proposta de ciência pronta.

Portanto, não tivemos alternativa senão construir um material didático de apoio para leituras e atividades que atendessem à racionalidade da nossa proposta de ensino de Cultura de Laboratório, com um viés que suscitasse as controvérsias e com um protocolo que exija dos estudantes uma interação com os saberes através da manipulação experimental. A exposição que faremos a seguir, primeiramente, irá tratar da racionalidade que alicerça a grande maioria dos livros didáticos disponíveis para o ensino de física e, em segundo lugar, um comparativo com os textos disponíveis pelo GREF/física térmica e, por fim, a racionalidade do material didático produzido por nossa pesquisa.

4.3 MÁQUINAS DE FOGO: OUTRO OLHAR PARA A TERMODINÂMICA

Trataremos na seção, de breve levantamento da epistemologia dos livros ou materiais didáticos disponíveis no mercado editorial, para avaliarmos se poderíamos considerar a sua utilização na CL, em termos de promover e suportar o recurso pedagógico de trabalharmos a partir de temas controversos, mas principalmente, em relação às controvérsias na abertura das caixas pretas.

A pesquisa exploratória mostrou a lacuna de análises epistemológicas acerca do livro didático, o que nos levou à suposição de que boa parte dos livros didáticos são escritos sob o protocolo “tradicionalmente formal e propedêutico” (MENEZES, 1996, p. 638), portanto forma de escrita que não contempla o pensamento moderno, além de se distanciar da complexidade da literatura científica. À frente disso, fomos atrás de alternativas do livro de caráter convencional, por exemplo, encontramos nas “Leituras de Física” do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física³⁰ (GREF), esse material didático alternativo e, portanto, de contraponto, em termos epistemológicos, à tradição de certos livros didáticos.

A partir de análises de parte do material didático do GREF, passamos a considerar, em muitos aspectos, que a sua organização se alinhava a partir dos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), portanto, não houve surpresa. Ao avançarmos na investigação, encontramos a interação entre os autores do livro Física (DELIZOICOV E ANGOTTI, 1990) que constituiu a série Formação Geral, mas também o livro “Metodologias do Ensino de Ciências” (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1990) da série Formação do Professor, com o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física.

Menezes (1988) qualifica a interação entre os autores dos textos do GREF e os autores do livro Física, ao explicitar algumas das relações que podemos encontrar na gênese das concepções e das produções tanto das Leituras do GREF quanto do livro Física. A respeito das interações no texto de Menezes (1996):

Há vinte anos em São Paulo, um grupo de Físicos - entre os docentes, João Zanetic, eu e, no início, Amélia Império Hamburger e entre os pós-graduandos, Demétrio Delizoicov, José André Angotti e, no início, Mário Tekeia - começou a discutir uma metodologia de inspiração freiriana para tentar transformar o ensino escolar da física, tradicionalmente formal e propedêutico. Paulo Freire ainda vivia seu exílio e eu voltara havia pouco da Alemanha, onde tinha entrado em contato com o “Pädagogik der Unterdrückten”, título da edição alemã da Pedagogia do Oprimido. A ciência compreendida como elemento de emancipação, de formação da cidadania, era o que nos aproximava de suas ideias. (p. 638).

Diante “da publicação, no final dos anos 1980, dos livros Metodologia do Ensino de Ciências e Física, a dinâmica conhecida como Três Momentos Pedagógicos (3MP)” (MUECHEN; DELIZOIVOV, 2014, p. 617), trabalho de grande

³⁰ O GREF elaborou e utilizou uma proposta de ensino de Física para o Ensino Médio que se propunha vincular conceituação da Física à “experiência cotidiana dos alunos, procurando apresentar a eles a Física como instrumento de melhor compreensão e atuação na realidade”. Disponível em: acesso em: 18 jul. 2016.

repercussão e difusão ao longo de décadas, por apresentar a estratégia de ensino de ciências com seus momentos pedagógicos, permitiu avaliarmos alguns textos do GREF a partir da perspectiva dos 3MP, pois as 'Leituras de Física' apresentam saberes da ciência em problematizações com contexto, aspectos da história e filosofia da ciência, aplicação dos saberes em diferentes contextos cotidianos, além da proposição de algumas atividades experimentais.

Pode se dizer que os textos do GREF também são epistemologicamente adequados na perspectiva de organizadores prévios, para estudantes aprenderem ciência de forma significativa. Diante disso, surgiu a questão acerca do GREF: por que um material didático com essa qualidade não ganhou mais aderência entre professores das redes públicas de todo o Brasil? Haja vista que a sua construção ocorreu na década de 1990, muito antes dos editais do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), mas também da sua disponibilidade e gratuidade no link: <http://www.if.usp.br/gref/pagina01.html>. Será por razões da sua raiz freiriana?

Garcia (2012), ao apontar a lacuna que há de investigações acerca de questões epistemológicas sobre o livro didático, despertou o nosso interesse em pesquisar sobre a racionalidade por trás de manuais de ensino na escola básica, a partir da suposição de que houve uma certa tradição na forma como os livros didáticos foram escritos e editorados no Brasil desde a década de 50 e 60. A estruturação desses livros aconteceu a partir da transposição de materiais apostilados dedicados ao mero preparo para os concursos vestibulares, limitaram-se, portanto, ao treino em exercícios exemplares, muito similares àqueles exercícios que apareciam com constância nos concursos vestibulares.

Essa tradição de escrita de livros os esvaziou de contextos históricos, filosóficos e sociológicos, portanto negligenciou os contextos de produção dos saberes sábios. Privou, dessa forma, em constituir um material de apoio da prática docente, na função instrumental de contribuir para que os estudantes aprendessem a Física, por exemplo, mais próxima da fabricação dos fatos da ciência, do mundo da vida dos cientistas e dos seus laboratórios.

Outro aspecto do livro didático convencional foi de negligenciar as nuances do fazer científico, tradição que contribuiu para dissociar à visão dos estudantes da intersecção da Física Experimental da Física Teórica, erro condenável da ótica de

Hacking (2012), ao salientar a importância de imprimir o realismo científico aos saberes da física a partir do teórico e experimental.

A própria Secretaria Estadual de Educação do Paraná reconhece que:

O fazer ciência está, em geral, associado a dois tipos de trabalhos: um teórico e um experimental. Em ambos, o objetivo é estabelecer um modelo de representação da natureza ou de um fenômeno. No teórico, é formulado um conjunto de hipóteses, acompanhadas de um formalismo matemático, cujo conjunto de equações deve permitir que se façam previsões, podendo, às vezes, receber o apoio de experimentos em que se confrontam os dados coletados com os previstos pela teoria. (DCE/SEED-PR, 2008, p. 65).

Aprendemos com Bachelard (2009) e Hacking (2012) de que o material didático de suporte para ensinar ciências deve entrelaçar o teórico e o experimental, com Latour (2011) inspiramo-nos em representar imagens da ciência em processo de construção. Entretanto, o que se vê na escrita e produção de muitos livros didáticos é a representação de imagens da ciência como pronta, no formato de manuais que se distanciam das controvérsias e na função básica de guia informativo dos fatos da ciência para opor-se ao nonsense. Autores organizam livros convencionais para informar sobre verdades científicas, histórias de sucesso na forma de contos para memorização e treino em exercícios, para sua replicação nas provas e/ou concursos vestibulares. Forma de escrita que não condiz com o pensamento moderno da perspectiva de Nietzsche (2014), justamente por não se utilizar da “filosofia do martelo” para se investigar os paradigmas da ciência e desmitificar a instituição Ciência.

4.3.1 Livro Didático: Manual Informativo da Ciência Pronta

A escrita de livros didáticos para suportar o “privilegiado dos conteúdos educativos, o depositário dos conhecimentos, técnicas ou habilidades que um grupo social acredita que seja necessário transmitir às novas gerações” (CHOPPIN, 2004, p. 553), constitui certa tradição para que eles prestem o papel de manuais para as disciplinas curriculares. Em particular para a Física, trazem aspectos da ciência normal, conforme Kuhn (2013), de ciência pronta, no sentido de Latour (2011). Manual de coleção de paradigmas com suas leis, teorias, modelos, experimentos e problemas exemplares e, neste sentido com a intenção de cumprir o seu papel de

formação de trabalhadores da ciência, para se debruçarem sobre os quebra-cabeças da ciência normal kuhniana.

Até porque não se trabalha em épocas da ciência normal com os ineditismos, mas sim a forma de escrita de manual traz de certa forma uma ótica retrógrada e reacionária, portanto, não são modernos! Os escritores prestam um serviço à ciência normal e pronta, ao idealizaram paradigmas, idealizações que, conforme o pensamento moderno, deveríamos utilizar da “filosofia do martelo” de Nietzsche (2014), para verificarmos quão ocas tais idealizações podem ser:

Outra convalescença, que em certas circunstâncias me é ainda mais desejável, é *auscultar ídolos* [...]. No mundo há mais ídolos do que realidades: este é meu “*mau olhar*” para este mundo, este também é meu “*mau ouvido*” [...]. Em algum momento nesse ponto, fazer perguntas com o martelo e, talvez, ouvir como resposta aquele famoso som oco que fala das entranhas infladas - quão agradável para aquele que possui ouvidos por trás dos ouvidos, - para mim, velho psicólogo e encantador de ratos [Rattenfänger], ante ao qual precisamente aquilo que gostaria de permanecer em silêncio, tem de ser ouvido alto e em bom-tom [laut werden muss]. (NIETZSCHE, 2014, p. 7).

Entretanto, manuais tradicionais não permitem ao professor e tampouco aos estudantes, a postura crítica de martelar para auscultar as idealizações (leis, teorias, modelos-réplica e experimentos) para verificar quão ocas poderiam parecer os paradigmas caso fossem trabalhados próximos das primeiras sentenças e da controvérsia mais quente, enfim distante da condição de fato estabilizado na ponta do livro didático.

Em termos do ensino de Física no Brasil, desde os compêndios franceses até meados de 1950, quando foram substituídos por material didático delimitado pela estrutura editorial norte-americana e pela urgência da produção brasileira de livros didáticos a partir da transposição das apostilas preparatórias, mantiveram a tradição metodológica de preparo para os concursos vestibulares. Mas que, de certa forma, não foi diferente nas universidades, basta ver a sua função propedêutica de preparação dos estudantes para “sobreviver” às provas nos cursos de Física. Tendência que Feynman (2000) apontou em uma das suas palestras, em 1951, nas suas passagens pelo Brasil, sobre livros de Física básica utilizado nos cursos de Física e das engenharias:

Então eu ergui o livro de física elementar que eles estavam usando. “Não são mencionados resultados experimentais em lugar algum desse livro, exceto em um lugar onde há uma bola, descendo um plano inclinado, onde ele diz a distância que a bola percorreu em um segundo, dois segundos,

três segundos, e assim por diante. Os números têm Erros - ou seja, se você olhar, você pensa que está vendo resultados experimentais, porque os números estão um pouco acima ou um pouco abaixo dos valores teóricos. O livro fala até sobre ter de corrigir os erros experimentais - muito bem. No entanto, uma bola descendo em um plano inclinado, se realmente for feito isso, tem uma inércia para entrar em rotação e, se você fizer a experiência, produzirá cinco sétimos da resposta correta, por causa da energia extra necessária para a rotação da bola. Dessa forma, o único exemplo de 'resultados' experimentais é obtido de uma experiência falsa. Ninguém jogou tal bola, ou jamais teriam obtido tais resultados] [...] [Descobri mais uma coisa", eu continuei. "Ao folhear o livro aleatoriamente e ler uma sentença de uma página, posso mostrar qual é o problema - como não há ciência, mas memorização, em todos os casos. Então, tenho coragem o bastante para folhear as páginas agora em frente a este público, colocar meu dedo em uma página, ler e provar para os senhores] [...]. Por fim, eu disse que não conseguia entender como alguém podia ser educado neste sistema de auto propagação, no qual as pessoas passam nas provas e ensinam os outros a passar nas provas, mas ninguém sabe nada. (FEYMANN, 2000, p. 211- 212).

Realidade brasileira da época partilhada nas representações de outros físicos nacionais, conforme José Leite Lopes e Jaime Tiomno (1952), quando orientaram de como deveriam ser os alicerces do livro didático para se ensinar a aprender física, em vez dos livros de mera memorização para replicação:

No caso da física, o livro de texto deve, em cada assunto, começar por descrever os fenômenos mais simples, mostrando sempre que possível, como funcionam os fenômenos relativos ao assunto e que são ligados à vida diária; a interpretação física dos mesmos deve ser simples, intuitiva, de modo que os estudantes sintam e visualizem o seu mecanismo; o uso da matemática na física não deve, no nível do ensino secundário, ser exagerado, sob pena de desviar a atenção do estudante, que deve estar antes voltada para dominar intuitivamente os fatos físicos da realidade que o envolve. Infelizmente, a maioria dos livros de texto existente em língua portuguesa para o ensino da Física no curso secundário, é altamente insatisfatória. Preocupam-se mais com as definições e com a apresentação formalista dos assuntos, relegando a plano secundário ou omitindo, os fatos físicos mais simples. Daí resulta a concepção errônea de que a observação das leis relativas a esses fenômenos só pode ser feita mediante experiências complicadas [...] limitam-se os estudantes a memorizar assuntos para exame [...] não descobrem como é simples o funcionamento de objetos ligados com a vida diária. (TIOMNO; LOPES, 1952, p. 45).

Perguntamo-nos: Por que estas linhas de orientação não foram seguidas por autores de livros didáticos? Dentre as possíveis respostas para esta questão, além da forma não moderna da escrita dos livros didáticos, pode-se especular ao responder com a forte influência dos Estados Unidos da América na produção editorial brasileira:

A história do livro didático no Brasil, conforme Hallewell (2005, p. 237), pode ser registrada a partir de 1837, com a criação do Colégio D. Pedro II, no Rio de Janeiro. Nesse período, conforme apontado por Lorenz (2008), a maior parte dos livros utilizados no colégio era tradução de originais franceses,

que, elaborados sob uma concepção humanista, acabaram por influenciar o modo de pensar a educação nacional. Essa influência francesa, que se manifestava também nos métodos de ensino e que permaneceu durante boa parte das primeiras décadas do século XX, deixou de ser predominante principalmente a partir da segunda metade daquele século, cedendo lugar à influência norte-americana. (GARCIA, 2012, p. 147).

Rompeu-se com a episteme dos compêndios franceses e da concepção humanista e dos contextos relacionados com os saberes científicos, pelo treino para concursos vestibulares e o monopólio das editoras norte-americanas. Somou-se ao viés dos livros de preparação a proposta norte-americana do PSSC para a área das ciências exatas, movimento dos Estados Unidos da América para impulsionar a corrida contra a União Soviética e na concepção ingênua e simplista da formação dos “pequenos cientistas” no laboratório didático. Proposta que retomou a “primazia dos conteúdos da matéria [...] em substituição [...] ao ensino das aplicações dos conceitos à vida quotidiana” (LORENZ, 2008, p. 9). Trocaram-se os contextos pelos conteúdos e estes descolaram-se do cotidiano dos estudantes. Sobre a forte influência norte-americana desde a segunda metade do século XX sobre as editoras brasileiras Romanelli (1978) salienta:

Ao MEC e ao SNEL caberiam apenas responsabilidades de execução, mas aos órgãos técnicos da USAID todo o controle, desde os detalhes técnicos de fabricação do livro até os detalhes de maior importância como: elaboração, ilustração, editoração e distribuição de livros, além da orientação das editoras brasileiras no processo e compra de direitos autorais de editores não brasileiros. Vale dizer, americanos. (p. 15).

Zanetic (1989) destaca as características desse tipo de manual, com ausência da história e filosofia da ciência, sem proposta experimental e a parte de exercícios de cada capítulo superior ao corpo teórico do mesmo capítulo. Essa mesma tendência na produção dos livros didáticos das décadas de 1950 e 1960 continuaram até a década de 1990, quanto a isso Wu (2000) pontua que:

A maioria dessas obras não apresenta referências históricas, não relaciona a física com a vivência quotidiana, não traz aplicações tecnológicas, não aprofunda análises em casos particulares, nem aborda problemas mais elaborados. Quando se refere a alguns desses pontos, fato ocasional, fá-lo de modo muito superficial, uma vez que o esquema geral dessas obras é a apresentação conceitual voltada à resolução de exercícios, mais para aplicação de fórmulas do que para outros aspectos e atividades integradoras com outras áreas e formas de raciocínios. Daí trazerem um número sempre elevado de exercícios propostos e modelos resolvidos, com ausência completa de problemas mais abrangentes. Muitos desses livros assemelham-se às apostilas dos cursinhos pré-vestibulares da década de 70, um pouco mais elaborados, é claro. (p. 53).

Porém, em relação ao livro didático, surge uma nova perspectiva a partir de 1996 com a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), ao apontar a necessidade de outra proposta epistemológica em termos de material didático, que provocou desdobramentos e expectativas por mudanças, conforme Garcia (2012, p. 150):

Essas novas finalidades se traduziram em um conjunto de ações políticas que implicaram orientações e recomendações consubstanciadas nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) e nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+ Ensino Médio), que serviram de referência para a organização de diversos programas e ações, dentre os quais aqueles relacionados aos livros didático.

Determinou-se, então, a escolha de livros didáticos e a ampla distribuição para as escolas públicas, como o Programa Nacional do Livro Didático e a criação do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio - PNLEM, por meio da Resolução FNDE n.º 38/03 (BRASIL, 2003). Eles iniciaram em 2009 para os livros de Física, com determinação das bases dos editais para a seleção desses livros.

Entretanto, em relação aos desdobramentos da LDB (1996) e apesar deles, houve mudanças do ponto de vista ideológico, epistemológico, cultural e didático nos livros para o ensino de Física? Ou ainda, há mais do mesmo, porém mais colorido e com adaptações para concorrer nos editais dos programas do governo federal para aquisição dos livros didáticos? Houve mudanças no livro didático como material de suporte para emancipação dos estudantes, por meio do letramento científico? Já existe livro que promova a equidade entre o teórico e o empírico no sentido de mostrar nuances da fabricação dos fatos da ciência e dos objetos tecnológicos?

Os editais, segundo Garcia (2012), exigem livros com uma proposta de nova organização curricular, com propostas de ensino com contexto e de base interdisciplinar. Mas, quantos livros didáticos diferem na forma da organização do currículo de física, e quantos realmente apresentam uma proposta interdisciplinar? Ou seja, quando haverá material didático de suporte para ensinarmos os estudantes a aprenderem sobre ciência, além da mera missão da preparação para os concursos vestibulares ou o ENEM?

Garcia (2012) argumenta que apesar das expectativas pela inovação nos editais, prevalece entre as coleções que concorrem à tradição da organização curricular para o ensino de Física, por exemplo em 2011, das dez coleções aprovadas pelo PNLEM, somente duas das coleções a organização do conteúdo

não é apresentada de forma tradicional. As duas coleções ficaram nas sétima e nona posições entre as escolhidas pelos professores para sua utilização nas salas de aula das escolas públicas brasileiras, o que evidencia uma postura ainda tradicional por parte dos professores ao escolherem os livros didáticos.

Apesar dos reconhecidos avanços dos programas PNLD e PNLEM e de inúmeras publicações que já mostram mudanças de concepções de ensino de ciência, ainda há muito que avançar em termos da produção do livro didático, por exemplo, em relação à falta de conexão com as vivências do mundo da vida dos estudantes e das problematizações. Mas o que há ainda são muitos textos de “caráter descritivo, deixando pouco espaço à produção de significados pelo leitor e, ainda, com pouco estímulo à problematização e análise de situações” (GARCIA, 2012, p. 156).

Outro ponto é acerca dos autores, suas pesquisas e seus livros didáticos, o caráter repetitivo e interesse pelos mesmos temas e livros, além do mote dos pesquisadores limitar-se por certo conteúdo. Linhas de pesquisa que carecem, segundo Garcia (2012), de mote para questões mais profundas de fundo epistemológico, cultural e ideológico.

Portanto, em termos epistemológicos e até metodológicos, boa parte dos livros ou materiais didáticos não apresentam suficiência recursal para nossa proposta de design de ensino, pois carecem da proposição dos temas controversos, tanto em relação aos debates científicos ou ideológicos, mas tampouco relativo à abertura das caixas pretas. Diante disso, propomo-nos em construir material didático de apoio para o design da Cultura de Laboratório, na forma de caderno pedagógico, guias instrucionais das atividades experimentais, blog Racional & Empírico, além das apresentações das aulas em PowerPoint.

Logo, abre-se o desafio de investigação de textos diferentes dos livros convencionais e de um certo ineditismo na forma de apresentação dos saberes, ou seja, buscar títulos dissidentes e fora dos padrões tradicionais, entre eles os compêndios franceses no passado do ensino de física e no presente, por exemplo, do material do GREF.

O material do GREF com as ‘Leituras de Física’ alinha-se ao nosso interesse, em termos epistemológicos e didáticos, pois: “ela se ancora em uma disciplina de referência que possui suas próprias finalidades, seus conteúdos de ensino e seus métodos de aprendizagem específicos” (CHOPPIN, 2004, p. 558).

Investigamos parte das Leituras de Física, na função orientada e definida por Choppin (2004), como instrumento:

O livro didático põe em prática métodos de aprendizagem, propõe exercícios ou atividades que, segundo o contexto, visam a facilitar a memorização dos conhecimentos, favorecer a aquisição de competências disciplinares ou transversais, a apropriação de habilidades, de métodos de análise ou de resolução de problemas, etc. CHOPPIN, 2004, p. 553).

Os textos do GREF mostraram ser um contraponto na forma de apresentação de material didático, desde a função instrumental, no sentido de Ausubel (1980), como organizadores prévios dos saberes pouco elaborados nas representações dos estudantes da escola básica, mas também como uma referência para orientar a construção de material didático diferenciado na forma e no conteúdo. Esse material alternativo do GREF diverge da racionalidade dos livros didáticos, por ir muito além da função de preparar para os concursos vestibulares, portanto constitui uma alternativa de base epistemológica e instrumental em termos de funcionar como organizadores prévios e promotor da aprendizagem significativa dos saberes da Física.

4.3.2 Os Momentos Pedagógicos das Leituras de Física do GREF

As Leituras de Física do GREF prestam um papel relevante como divulgador de enunciados científicos e tecnologias, na forma contextualizada a partir de problematizações. De tal forma, a proporcionar condições para que estudantes se tornem negociadores em temas científicos, tornando-os proficientes em termos de compreensão conceitual e formal consistente, mas também enquanto componente cultural. Conforme os autores do GREF (1998):

O caráter prático-transformador e o caráter teórico-universalista da Física não são traços antagônicos, mas, isto sim, dinamicamente complementares. Compreender este enfoque permitiu evitar tanto o tratamento “tecnicista” como o tratamento “formalista” e, procurando partir sempre que possível de elementos vivenciais e mesmo cotidianos, formulam-se os princípios gerais da Física com a consistência garantida pela percepção de sua utilidade e de sua universalidade. (COPELLI *et al*, p. 1998).

A materialização da proposta do GREF inicia com a apresentação de temas aos estudantes, por intermédio de perguntas clichê e, a partir das respostas dos estudantes registradas pelo professor, no quadro de giz ou em uma projeção em

uma tela, são devidamente categorizadas segundo a fenomenologia da Física e, a partir desta primeira organização do levantamento das respostas dos estudantes, estabelece-se um primeiro quadro de “coisas” que os estudantes associaram ao tema conectado com a pergunta clichê.

Muenchen e Delizoicov (2014) orientam que apesar da abordagem nos temas da Física não ser estruturada conforme os temas geradores que se obtêm por pesquisa temática e seguida da redução temática, a forma que se adotou nos projetos de Guiné Bissau, do município de São Paulo e do Rio Grande do Norte, mantém, entretanto, um dos princípios fundamentais da epistemologia freiriana acerca da dialogicidade que se estabelece acerca das vivências por meio das quais os estudantes se expressam e que permitem associar com os saberes da Física. Novamente os trabalhos de Delizoicov e Angotti (1990) com o livro “Física” e o projeto do GREF mostram uma sintonia entre as concepções educacionais que compartilharam.

Conforme pode ser notado no livro “Física”, são constantes e sistemáticas as referências ao GREF, especialmente no item Leitura Recomendada. Há tópicos nos quais há a reprodução de textos originalmente elaborados na versão preliminar, pela equipe GREF, particularmente os que se apresentam no segundo momento pedagógico, Organização do Conhecimento, e no terceiro, Aplicação do Conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a). (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014, p. 632).

Os 3MP, ao longo dos anos, foram revistos e transcenderam da sua proposta de utilização inicial, de tal forma tornaram-se parâmetro para a elaboração do material didático de suporte do design da Cultura de Laboratório, em termos da participação dos estudantes e das suas vivências cotidianas assumirem um papel de destaque na prática educativa. Haja vista que em termos de estruturadores/organizadores os três momentos pedagógicos, “proporcionam à educação, um avanço no que se refere ao ensino tradicional” (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014, p. 633).

O papel do professor é preparar-se tecnicamente para trabalhar com a materialização da proposta do GREF, pois depois de colher as manifestações dos estudantes a partir, por exemplo, do questionamento inicial: quais são as coisas e fenômenos relacionados ao aquecimento e ao resfriamento? (GREF/FÍSICA 2, 1998, p. 21). O professor deve registrar as respostas dos estudantes em um primeiro quadro, o próximo passo juntamente com os estudantes, é a construção do plano de

curso de física térmica, nas seguintes categorias: substâncias e materiais; processos, fenômenos e conceitos; máquinas térmicas e sistemas naturais.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) metodizaram com seus três momentos pedagógicos a “interação não neutra entre o sujeito e objeto”, (DELIZOICOV, 2009, p. 183). No primeiro momento, o da problematização, entende-se que é possível que os estudantes tomem para si problemas da ciência da natureza, pois muitos dos fenômenos abordados podem fazer parte dos contextos vivenciados por eles, que explicam a partir do senso comum. O segundo momento, o da organização do conhecimento com a manipulação dos saberes da Física construindo de forma inteligível, em alto grau de abstração, generalidade e inclusividade esses saberes, permitindo que os estudantes adquiram alguma especialização em interpretar os fenômenos com a utilização da linguagem físico-matemática e, muitas vezes, com uma proposta experimental, tudo para aumentar o realismo científico de tipos da Física. Por fim, o terceiro momento, da aplicação do conhecimento, em que os estudantes com a racionalidade alargada através do aperfeiçoamento epistemológico das suas representações a respeito da modelagem dos fenômenos e das entidades científicas que utilizam para as suas explicações, os alunos tornam-se capazes de explicar questões relacionadas com questões envolvendo ciência, tecnologia e sociedade.

Nos quadros a seguir, algumas das aulas das “Leituras de Física”, com a intenção de facilitar a análise organizou-se cada uma das aulas divididas em 3MP de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). No primeiro momento, a problematização para provocar o estudante à reflexão e à conexão com o seu mundo da vida; no segundo momento com um caráter não informativo, mas sim formativo e de organização dos conceitos da Física em contexto e com um tom de provocação à investigação além do texto; e, no terceiro momento traz questões acerca das aplicações dos saberes científicos em outras situações problematizadas.

4.3.2.1 Aulas do GREF sobre Termodinâmica

Escolheu-se aulas do bloco de Física Térmica, por corroborarem como suporte às sequências didáticas que trabalhamos em turmas de segunda série do CEP, mas também do colégio do setor privado. As SD foram compostas, além das

aulas do GREF, de guias instrucionais de laboratório, laboratório didático, material didático para suporte de leituras e IIR. Os saberes abordados nos quadros referentes às aulas do GREF ajudaram os estudantes a iniciarem as primeiras leituras sobre os saberes da termodinâmica, mas também contribuíram para iniciar investigações que pautaram suas narrativas nos vídeos e *podcasts* de divulgação científica.

Enfim, os quadros da organização das aulas do GREF:

- Aula 19 de termodinâmica 4 (Leituras do GREF):

Quadro 3 - Organização da leitura da aula sobre máquinas térmicas

AULA 19: A todo vapor
Objetivo geral: apresentar algumas máquinas térmicas
Objetivos específicos: identificar nas máquinas térmicas os processos físicos essenciais para o seu funcionamento
<p>Primeiro momento/problematização</p> <p>Apresentado como contexto, para que os estudantes sejam envolvidos com a temática e com o reconhecimento tomando para si a problematização e, que não seja compreendida apenas como uma problemática da disciplina de Física, mas como um assunto que deve ser compreendido, debatido e negociado com as diferentes especialidades.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ As usinas geradoras de eletricidade transformam energia mecânica de rotação do eixo da turbina em energia elétrica. Como é produzido o movimento de rotação de uma turbina a vapor? Numa usina termoelétrica a energia se conserva? E uma usina termonuclear, como funciona? (Termo 4 do GREF, 1998, p. 73).
<p>Segundo momento/formativo</p> <p>Das páginas 74, 75 e 76 o texto procura evidenciar que em diferentes máquinas térmicas, em que a substância termodinâmica é o vapor superaquecido, seja por uma caldeira ou uma célula nuclear, pode realizar movimento de uma turbina, mas sempre existirá um subproduto: a energia térmica. É, claro que a intenção é que o estudante provocado à reflexão, construa conhecimentos que permitirão o entendimento na sequência da leitura de outras aulas e através da investigação pela pesquisa, da primeira lei da termodinâmica. A seguir será colocado mais uma questão e textos de complemento para a reflexão:</p> <p>Por que é necessário um condensador na turbina a vapor? (TERMO/GREF, 1998, p. 74).</p> <p>Funcionamento da turbina a vapor e do funcionamento de uma usina termonuclear. (GREF, p. 74 e 76)</p> <p>As transformações da substância de operação (TERMO/GREF, 1998, p. 74).</p> <p>Etapas do vapor no interior de uma turbina a vapor (TERMO/GREF, 1998, p. 75).</p>
<p>Terceiro momento/ Para transcender as leituras</p> <p>Para prolongar o tempo escolar para além das salas de aula, e que os estudantes investiguem alguns aspectos que gerarão outras reflexões, contribuindo com uma aprendizagem mais profunda dos temas e servindo como organizadores dos conhecimentos prévios dos estudantes, que de forma intencional pelos autores ou não, alinharam-se com a proposta de aprendizagem significativa de Ausubel (1980) e seus organizadores prévios em alto grau de abstração, generalidade e inclusivo. Para conectar com atividades que fazem parte do cronograma didático, que as leituras do GREF se propõem. Pesquise sobre as usinas construídas no Brasil, a poluição e danos causados pelas construções de hidrelétricas, termoelétricas e termonucleares. (p. 76).</p>
<p>Referências:</p> <p>AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. Psicologia Educacional. Rio de Janeiro: 29 interamericana, 1980.</p> <p>DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A., PERNAMBUCO, M. M. Ensino de Ciências: fundamentos e</p>

métodos, 4a ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TERMO 4 DO GREF (aula 19, p. 73 - 76), disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/termo/termo4.pdf>.

Fonte: Autoria própria (2021).

➤ Aula 20 de termodinâmica (LEITURAS DO GREF):

Quadro 4 - Organização da leitura sobre primeira lei da termodinâmica

AULA 20: Cavalos de aço
<p>Objetivo geral: construir o entendimento por parte dos estudantes da primeira lei da termodinâmica, como um princípio da conservação de energia.</p>
<p>Objetivos específicos: identificar no motor à combustão interna e na turbina a vapor, elementos comuns tais como a substância termodinâmica de operação, fonte quente e fonte fria.</p>
<p>Primeiro momento/Contextualização</p> <p>Um chamamento da atenção dos estudantes para o fato de que máquinas térmicas do cotidiano como automóveis, ônibus, locomotivas e até mesmo aviões, possuem sistemas propulsores similares, em termos do princípio da realização de trabalho e, que possuem rendimentos que acabam desperdiçando muita energia térmica como subproduto e, que são despejados nas suas vizinhanças. E, que depois servirão para o entendimento de um conceito mais abstrato, que é o conceito da entropia e de que máquinas térmicas reversíveis, para manter a sua entropia constante, aumentam a entropia das suas vizinhanças.</p> <p>Tanto em carroças puxadas por animais, como em automóveis movidos por motores, temos produção de movimentos. Transformamos em energia mecânica a energia muscular do animal ou a energia química do combustível. Ao discutir o funcionamento de motores a combustão, verdadeiros cavalos de aço, vamos evidenciar os princípios físicos da Termodinâmica. (TERMO/GREF, 1998, p. 77).</p>
<p>Segundo momento/formativo, com problematizações e investigação de especialidades</p> <p>Neste capítulo, nas páginas 78 e 79, busca-se a formação dos estudantes com peculiaridades dos motores através de uma proposta para os estudantes de entrevistar e investigar com um mecânico, para que se familiarizem com termos do especialista, tais como bloco de cilindros, válvulas de admissão, câmara de combustão, pistão, biela, virabrequim, vela de ignição, motor quatro tempos e dois tempos. Outro enfoque é relacionar as transformações de energia e o trabalho realizado nas máquinas, para que os estudantes compreendam com profundidade como ocorre a propulsão de veículos com combustão interna e a relação com os seus movimentos. A seguir colocar-se-á algumas das propostas:</p> <p>Entrevistando um mecânico.... Você pode dar uma de jornalista e fazer algumas perguntas ao técnico, tais como: 01) Quais as partes essenciais de um motor? 02) Como funciona um motor de quatro tempos? E de dois tempos? 03) Quais as diferenças entre um motor a álcool e à gasolina? E a diesel? 04) O que é cilindrada do motor? Uma maneira de conhecer um motor por dentro é visitar uma oficina mecânica e fazer uma entrevista com o mecânico. (TERMO/GREF, 1998, p. 78).</p> <p>Você já sabe que os automóveis, ônibus ou caminhões são movidos por motores à combustão interna; mas, já viu um deles internamente? (TERMO/GREF, 1998, p. 78)</p> <p>Como é produzido o movimento? (TERMO/GREF, 1998, p. 78).</p> <p>Etapas de um motor a quatro tempos. (TERMO/GREF, 1998, p. 79).</p> <p>O primeiro princípio da Termodinâmica. (TERMO/GREF, 1998, p. 79).</p>
<p>Terceiro momento/ Para transcender as leituras</p> <p>Na página 80 de termo 4, coloca-se como avaliação questão formadora e outras desafiadoras; a primeira é a representação do equivalente mecânico da caloria conforme Joule a idealizou; e, na segunda classificadas como desafiadoras, pois exigirá do estudante reflexões mais sistêmicas ao se exigir uma comparação entre o motor com combustão interna quatro tempos e a uma turbina à vapor, em que não basta simples memorização de conteúdo, mas sim relacioná-los e de forma de religar os saberes no sentido de Rosnay (2010) de forma intencional ou por intuição dos autores do GREF, permitindo gerar novos questionamentos. A questão formativa e as questões desafiadoras colocadas a seguir:</p> <p>Transformando o trabalho em calor e Joules em calorias??? As máquinas térmicas transformam</p>

calor em trabalho, sendo que o sistema sempre sofre um aquecimento. Você já viu um motor funcionar sem que ele se aqueça? Mas, será que é possível se transformar um trabalho totalmente em calor? Essa é uma pergunta que os físicos tiveram que responder desde que o calor foi interpretado como uma forma de energia, no século passado. Tornou-se necessário estabelecer a relação entre uma certa quantidade de calor, medida em calorias, e a unidade usada para medir outras formas de energia, o Joule. Na verdade, a unidade de medida de energia é chamada de Joule devido aos trabalhos realizados pelo físico inglês James Joule, que realizou experiências procurando a relação entre a quantidade de calor e o trabalho. (TERMO/GREF, 1998, p. 80).

Questões motoras. 1) O impulso necessário para o início do ciclo é efetuado pelo motor de arranque, um pequeno motor elétrico alimentado pela bateria do carro, que dá início ao giro do virabrequim. Nos primeiros veículos, este "impulso" era efetuado mecanicamente, através de uma manivela encaixada no eixo do virabrequim; processo semelhante é usado ainda hoje na maioria das motocicletas, nas quais se aciona um pedal para dar a partida do motor. 02) Quando queremos aumentar a velocidade do carro, acionamos o acelerador. Como o pedal do acelerador interfere no ciclo do motor? (TERMO, 1998, p. 80)

Quais as semelhanças e diferenças entre o ciclo de funcionamento de um motor à combustão e o de uma turbina a vapor? (TERMO/GREF, 1998, p. 80).

Referências: DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A., PERNAMBUCO, M. M. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos, 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

JORNADAS TEMÁTICAS. A religação dos saberes: o desafio do século XXI/idealizadas e dirigidas por Edgar Morin; tradução e notas, Flávia Nascimento. 9ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010 - 584 p.

TERMO 4 DO GREF (aula 19, p. 77 - 80), disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/termo/termo4.pdf>.

Fonte: Autoria própria (2021).

➤ Aula 21 de termodinâmica (LEITURAS DO GREF):

Quadro 5 - Organização da leitura da segunda lei da termodinâmica

AULA 21: O gelo ao alcance de todos
Objetivo geral: apresentar a segunda lei da termodinâmica.
Objetivos específicos: abordar o ciclo de trabalho de refrigeradores. Construir diagramas de pressão por volume com as transformações gasosas em um sistema de refrigeração.
<p>Primeiro momento/Problematização/Contextualização</p> <p>Com a questão clichê, os estudantes são convidados a contribuir com seus contextos e, contribuir para que os estudantes construam o conhecimento do detalhamento do funcionamento de máquinas térmicas refrigeradoras. E, com os contextos formativos apresentar a segunda lei da termodinâmica, organizando de certa forma o entendimento das máquinas que trabalham de forma reversível e, preparando com o material a apresentação do conceito de entropia, na sequência didática de Termo 4.</p> <p>O uso do refrigerador doméstico faz parte do nosso dia a dia. Em que princípio físico se baseia o seu funcionamento? (TERMO 4, 1998, p. 81).</p> <p>O armazenamento e transporte de alimentos perecíveis se constituiu num problema até bem pouco tempo. Era uma meta evitar que os alimentos se deteriorassem rapidamente devido à ação do calor, principalmente nas regiões tropicais e durante o verão. O refrigerador, hoje ao alcance de todos, revolucionou os nossos hábitos de compras e de alimentação. Discutindo o funcionamento dessa máquina de "fazer gelo" vamos apresentar o 2º princípio da termodinâmica. (TERMO 4, 1998, p. 81).</p>
<p>Segundo momento/formativo, com problematizações e investigação de especialidades</p> <p>Neste capítulo, nas páginas 82 e 83, busca-se a formação dos estudantes com peculiaridades dos refrigeradores através de uma proposta para os estudantes de entrevistar e investigar com um técnico de refrigeração que se familiarizem com termos do especialista, tais como compressor, radiador, válvula, descompressor e congelador. Outro enfoque é relacionar as transformações de energia e o trabalho realizado nos refrigeradores, para que percebam as diferenças entre os ciclos dos motores à combustão interna e as máquinas refrigeradoras, para que os estudantes compreendam com profundidade que para manter o funcionamento do ciclo, ocorre o aquecimento</p>

da vizinhança, organizando os conhecimentos dos estudantes para a apresentação do conceito de entropia. A seguir alguns dos apontamentos do capítulo:

Você estranhou o fato de a geladeira fazer parte de um capítulo onde se estuda máquinas térmicas? (TERMO 4, 1998, p. 82).

Entrevistando um técnico de geladeira... Veja algumas perguntas que você pode fazer ao profissional entrevistado: 01) no que se baseia o funcionamento de uma geladeira? 02) que gás é usado nas geladeiras? 03) o que acontece em cada parte da geladeira? 04) como funciona o freezer? 05) Como a geladeira liga e desliga sozinha? (TERMO 4, 1998, p. 82).

O que um aparelho que resfria alimento e fabrica gelo tem de semelhante com um motor de carro? (TERMO 4, 1998, p. 82).

Etapas do ciclo da geladeira. (TERMO 4, 1998, p. 83).

Da discussão do funcionamento do motor a combustão e da geladeira, podemos perceber que: - É possível transformar energia mecânica (trabalho) totalmente em calor. Lembre-se da experiência de Joule. - O calor flui espontaneamente da fonte quente para a fria. Lembre-se que as peças do motor e o ambiente sempre se aquecem. Mas estes processos não ocorrem em sentido contrário; eles são irreversíveis. Este é o 2º princípio da Termodinâmica que pode ser enunciado como: "É impossível construir uma máquina que operando em ciclos transforme todo calor em trabalho." Ou "O calor não flui espontaneamente da fonte fria para a fonte quente." Na geladeira, é o trabalho externo do compressor que faz com que o calor seja retirado do interior da geladeira. Este princípio da Termodinâmica vale também para os processos naturais como a germinação de uma semente, o envelhecimento do organismo e o aquecimento do meio ambiente; eles são irreversíveis. (TERMO 4, 1998, p. 83).

Terceiro momento/ Para transcender as leituras

Na página 84 de termo 4, colocam-se questões de cunho técnico, para que se o estudante se envolva em suas atividades investigativas, incluindo a entrevista com os técnicos e passou ao entendimento de compreensão dos conteúdos que permitiram a comunicação com os especialistas e, neste papel de negociador, consegue transitar em assuntos envolvendo as peculiaridades em torno do tema de refrigeradores. As questões colocadas ainda permitem uma conexão com questões de CTS, envolvendo a relação com a substância termodinâmica de trabalho e à sua condição de possível contaminante ambiental. As questões desafiadoras exigindo alguma especialização técnica e também para associar com questões de CTS são colocadas a seguir:

- 01. A geladeira não é um aparelho elétrico como se pode pensar à primeira vista. O compressor, que comprime o freon aumentando sua pressão e temperatura fazendo-o circular pela tubulação, é um aparelho que transforma energia elétrica em mecânica. Este trabalho de compressão, entretanto, pode ser feito sem utilizar eletricidade, aquecendo-se a substância de operação (amônia em lugar do freon). Pesquise sobre as geladeiras antigas e as que funcionam hoje em lugares onde não há energia elétrica. (TERMO 4, 1998, p. 84).
- 02. Por que há formação de gelo à volta do evaporador? (TERMO 4, 1998, p. 84).
- 03. O que faz com que a geladeira ligue e desligue sozinha? (TERMO 4, 1998, p. 84).
- 04. Quais as características do gás utilizado nas geladeiras? No caso de vazamento, ele é prejudicial ao meio ambiente? (TERMO 4, 1998, p. 84).
- 05. Quanto ao funcionamento, qual a diferença entre uma geladeira e um freezer? (TERMO 4, 1998, p. 84).
- 06. Existe semelhança entre o funcionamento de uma geladeira e o de um condicionador de ar? (TERMO 4, 1998, p. 84).

Referências:

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A., PERAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**, 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TERMO 4 DO GREF (aula 19, p. 81 - 84), disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/termo/termo4.pdf>.

Fonte: Autoria própria (2021).

- Aula 22 de termodinâmica (LEITURAS DO GREF):

Quadro 6 - Organização da leitura da aula sobre rendimento de máquinas térmicas

AULA 22: Potência e perdas térmicas
Objetivo geral: calcular o rendimento de diferentes máquinas.
Objetivos específicos: evidenciar que a segunda lei da termodinâmica e da impossibilidade da sua construção com um rendimento de 100%.
<p>Primeiro momento/Contextualização/Problematização</p> <p>Apresenta-se diferentes máquinas térmicas na página 85, e com seus diferentes rendimentos, com questões problematizando os tipos de motores com combustão interna, ou seja, motores 1.0 ou 2.0;</p> <p>Esse carro é 1.0? 1.8 ? 2.0 ? Consome muita gasolina? (TERMO 4, 1998, p. 85).</p>
<p>Segundo momento/formativo, com problematizações e formalismo com a linguagem físico-matemática.</p> <p>Neste capítulo, nas páginas 86 e 87, busca-se a formação dos estudantes com os cálculos necessários de trabalho, conservação de energia e cálculo do rendimento. E, a apresentação da idealização de uma máquina térmica com a apresentação do ciclo de Carnot A seguir colocar-se-á algumas das propostas:</p> <p>Em qualquer máquina térmica: locomotiva, motor à combustão, termoelétrica, motor a jato, as perdas térmicas são muito grandes. (TERMO 4, 1998, p. 86).</p> <p>Potência e perdas térmicas. (TERMO 4, 1998, p. 86).</p> <p>Calculando o rendimento. (TERMO 4, 1998, p. 87).</p>
<p>Terceiro momento/ Para transcender as leituras</p> <p>Na página 88, de termo 4, uma série de exercícios resolvidos envolvendo o cálculo envolvendo as leis da termodinâmica. As questões colocadas a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 01) A caldeira de uma máquina a vapor produz vapor d'água que atinge as hélices de uma turbina. A quantidade de calor fornecida pela fonte quente é 1200 kcal/s. O condensador dessa máquina é mantido à temperatura de 270C e recebe, por segundo, cerca de 780 kcal, que representa a quantidade de energia "não aproveitada". Determine: ➤ 02) como deve ser o desempenho de um motor que solta faísca "fora de tempo"? (TERMO 4, 1998, p. 86). ➤ 03) por que as geladeiras funcionam mal em locais cuja temperatura é superior a 400 C? Como esse problema pode ser contornado? (TERMO 4, 1998, p. 86). ➤ 04) Em geral, o rendimento dos motores elétricos é maior do que o dos motores à gasolina. É possível construir um motor térmico (à gasolina) com maior rendimento que um elétrico? (TERMO 4, 1998, p. 86). ➤ 05) (UNICAMP-93) um aluno simplesmente sentado numa sala de aula dissipa uma quantidade de energia equivalente à de uma lâmpada de 100W. O valor energético da gordura é de 9,0 kcal/g. Para simplificar, adote 1cal=4,0J. a) Qual o mínimo de quilocalorias que o aluno deve ingerir por dia para repor a energia dissipada? b) quantos gramas de gordura um aluno queima durante uma hora de aula? (TERMO 4, 1998, p. 86). ➤ 06) (PUC-93) A queima ou combustão é um processo em que há liberação de energia pela reação química de uma substância com o oxigênio. a) em uma residência, a dona de casa precisava aquecer 1 litro de água que estava a 36 °C. Porém, o gás de cozinha acabou. Pensando no problema, teve a ideia de queimar um pouco de álcool etílico em uma espiriteira. Sabendo-se que o calor de combustão do álcool etílico é de 6400 kcal.kg e que no aquecimento perdeu-se 50% do calor para a atmosfera, determine o volume de álcool que deve ser queimado, para aquecer a água até 1000 C. (TERMO 4, 1998, p. 86).
<p>Referências:</p> <p>DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A., PERNAMBUCO, M. M. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos, 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.</p> <p>TERMO 4 DO GREF (aula 19, p. 85-88). Disponível em: http://www.if.usp.br/gref/termo/termo4.pdf.</p>

Fonte: Autoria própria (2021).

A partir do exposto nos quadros, consideramos a produção das Leituras de Física do GREF, em particular para o módulo de termo 4, alinha-se a proposta de

teorias da aprendizagem de caráter cognitivo, embora não apareçam de forma explícita, na referência bibliográfica do compêndio da versão do GREF para professor, como um orientador pedagógico, nos encaminhamentos das duas versões, para estudantes e para professores, nuances que podem evidenciar tendências dos autores que parecem trabalhar com entendimentos alinhados com a aprendizagem significativa de David Ausubel e compartilhar do “ideário da pedagogia crítico-social dos conteúdos com o grupo que introduziu a perspectiva freiriana no ensino escolar de Física” (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014, p. 633).

Tendo em vista:

Que o par de categorias problematização e dialogicidade são os elementos que desafiam os professores a estabelecer uma prática docente que problematiza conhecimentos, tanto os prévios dos alunos quanto os contidos nas teorias científicas, [...] de modo que temas significativos e contraditórios possam ser melhor compreendidos no sentido de alguma atuação transformadora. (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014, p. 634).

Consideramos também que o recurso didático analisado, demanda certa formação por parte do professor em termos de trabalho pedagógico, por alinhar-se à forma de abordagem sistêmica, além dos interesses e motivações por parte dos estudantes. Tenhamos em conta que os estudantes, uma vez imersos na proposta do GREF, se sentirão à vontade para questionar, refletir, sugerir, exemplificar e relatar. Assim, exigirão dos professores um certo perfil de pesquisador e orientador de projetos de pesquisa, uma vez que os estudantes podem tomar para si as problematizações, contextos e investigações colocadas em sala de aula.

A seguir elenca-se algumas das demandas que se destacaram nos quadros do item 4:

- Contextos; Problematizações;
- Admissão por parte dos autores e dos professores, para potencializar o alcance da proposta, os conhecimentos prévios dos estudantes;
- Textos preparados em alto nível de abstração, generalidade e inclusividade, para organização do conhecimento prévio;
- Investigação com especialistas para o estabelecimento de uma comunicação, em que os estudantes possam negociar com técnicos, em um contexto de compreensão de entidades que passam a fazer parte da cultura dos estudantes, associados com o letramento científico colocada como uma das missões do GREF;

- Prolongamento do tempo escolar, para além dos espaços escolares, combinando os espaços formais e informais em que pode acontecer a aprendizagem;

- Questões avaliativas desafiadoras e/ou formativas, e não de simples verificação de aprendizagem, que exigem dos estudantes entendimentos mais profundos dos saberes da física manipulados, que podem permitir que os estudantes articulem com a sua prática e nos seus contextos cotidianos, com a generalidade características dos modelos da física.

Pode-se afirmar que as Leituras de Física do GREF, desde sua construção na década de 1990, mostrou-se alternativo à escrita não moderna apresentada na maioria dos livros didáticos. Livros com textos, que apesar da LDB, de 1996, e dos seus desdobramentos, ainda continuaram a replicar uma tradição epistemológica em protocolar a missão informativa de preparar os estudantes para as provas, treinando os estudantes para sobreviverem aos concursos vestibulares e ao ENEM. Os livros didáticos ficaram muito mais coloridos, com muitas inserções de CTS, com alguma história da ciência e alguns até com alguma proposta experimental, entretanto com a racionalidade ainda de informar para preparar. Os livros didáticos não contribuíram dessa forma em aprender ciência, mas sim da sobrevivência a ela, por meio da memorização, automação e da replicação.

Quanto ao GREF colocado como alternativa à tradição do livro didático não moderno, obviamente passadas quase três décadas, 'As Leituras de Física' precisaria de uma atualização em termos de muitos dos contextos acerca de elementos tecnológicos e um aperfeiçoamento a partir de um maior entrelaçamento de uma física teórica e experimental, na concepção de reconciliar os modelos-réplicas da física com o mundo real, com a intenção de aumentar o realismo científico dos saberes da física nas representações dos estudantes, de forma a alargar a capacidade de negociação desses estudantes, nos contextos que envolvem no seu cotidiano os elementos da ciência e da tecnologia.

O breve estudo que realizamos acerca das limitações dos livros didáticos de protocolo tradicional, que saltaram aos olhos em termos comparativos com as "Leituras de Física" do GREF, motivaram a iniciativa de produzirmos o material didático alternativo e diferenciado como suporte na metodologia da Cultura de Laboratório. Na próxima subseção, apresentamos o caderno pedagógico de apoio

para os estudantes durante o curso de Física relativo ao bloco de conteúdo de termodinâmica.

4.4 TERMODINÂMICA: A PARTIR DA CULTURA DE LABORATÓRIO

O breve estudo que realizamos acerca das limitações dos livros didáticos de protocolo tradicional, que saltaram aos olhos em termos comparativos com as “Leituras de Física” do GREF, motivaram a iniciativa de produzirmos o material didático alternativo e diferenciado como suporte na metodologia da Cultura de Laboratório, apresentamos o caderno pedagógico de apoio para os estudantes durante o curso de Física relativo ao bloco de conteúdo de termodinâmica.

A seguir o sumário do caderno pedagógico da Cultura de Laboratório:

SUMÁRIO

1 MODELO CIENTÍFICO PREVÊ “MINI GLACIAÇÃO” EM 2030! É POSSÍVEL?	212
1.1 NA BEIRA DE UMA PRAIA, O QUE PODE FORMAR AS BRISAS? E, CORRENTES MARÍTIMAS?	213
2 APRESENTAÇÃO DOS SABERES DA FÍSICA TÉRMICA	216
2.1 UM POUCO DE HISTÓRIA: O SABER CALOR DA ANTIGUIDADE AO CONTEXTO DA TERMODINÂMICA NA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	216
2.2 TROCAS DE CALOR	224
2.2.1 CALORÍMETROS	225
2.3 CAPACIDADE TÉRMICA	232
2.4 PROPAGAÇÃO DE CALOR	234
2.5 LEI ZERO DA TERMODINÂMICA	235
2.5.1 CALCULANDO O TRABALHO REALIZADO POR UM GÁS	240
2.6 MÁQUINAS TÉRMICAS	241
2.6.1 POSTULADO DA ENTROPIA	243
2.6.2 GRAU DE LIBERDADE E BOLINHAS DE GUDE	243
2.6.3 A FLECHA DO TEMPO	245

FÍSICA TÉRMICA

1. MODELO APRESENTADO POR CIENTISTAS AFIRMA QUE A TERRA PODERÁ PASSAR NOVAMENTE POR 'MINI GLACIAÇÃO' A PARTIR DE 2030

Investigações de Pesquisadores do País de Gales apontam diminuição abrupta da atividade solar a partir de 2030.



Figura 1 - Foto ilustrativa de nevasca no continente europeu
Fonte: Última hora (2019)

Astrônomos do País de Gales criam um modelo de previsão que por hipótese indica que a Terra pode passar por uma mini glaciação entre 2030 e 2040, dados coletados relativos aos ciclos do sol, indicam a diminuição em uma maior escala da atividade solar. A professora e pesquisadora Valentina Zharkova em 2016 no Encontro Nacional da Real Sociedade de Astronomia realizado em Llandudno, no País de Gales, representando o grupo de astrônomos expôs os dados que permitiram modelar um possível e moderado resfriamento da Terra, devido a abrupta diminuição da atividade solar.

VIDEO: CORRENTE MARITIMA DO GOLFO:
<https://youtu.be/V7CMQ4XHZNg>

Deve se destacar que não seria a primeira vez que a humanidade experimentaria uma mini era glacial, as condições previstas pelo novo assemelham-se as condições vivenciadas principalmente no hemisfério norte, com a mini glaciação registrada por apontamentos escritos e até por impressões na arte, entre 1645 e 1715 e que ganhou o apelido de Mínimo de Maunder³¹, onde foram

³¹ O mínimo de Maunder é o nome utilizado para o período entre 1645 e 1715 por John A. Eddy em um documentário publicado em 1976 no periódico Science, nomeado como *The Maunder Minimum*, quando manchas solares tornaram-se muito raras em observações do Sol no período. Eddy e astrônomos anteriores nomearam o período em homenagem a Edward W. Maunder, que

experimentadas temperaturas abaixo da média em todo continente europeu. Em 1843, corrente científica teorizou corroborado por observações e coleta de dados que a atividade solar varia ao longo de ciclos de 10 a 12 anos entre seus picos de atividade mínima e máxima. Entretanto, as flutuações em relação ao total de radiação solar recebida pela Terra, no período de tais ciclos são de difícil previsão. A seguir ilustra-se com a obra em pintura em óleo “The Frozen Thames, olhando para leste em direção Old London Bridge, Londres”.



Figura 2: A imagem representa uma combinação da obra “The Frozen Thames, olhando para leste em direção Old London Bridge, Londres”. Pintura Abraham Hondius de 1684, com uma fotografia atual ambos representando o rio Tâmica em Londres.

Em 1684, este óleo sobre tela chamado “The Frozen Thames, olhando para leste em direção Old London Bridge, Londres”. Pintura Abraham Hondius, percebeu que comparando uma imagem atual com a Obra para uma mesma época do ano, existe um contraste imenso devido ao congelamento para o trecho do rio Tâmesa, rio do sul da Inglaterra que banha Oxford e Londres e acaba desaguando no mar do Norte. A seguir colocamos a pintura em óleo para uma apreciação de suas peculiaridades.

estudara como as latitudes das manchas solares mudam com o tempo. Assim como o Mínimo de Dalton e o Mínimo de Spörer, o Mínimo de Maunder coincidiu com um período de temperaturas abaixo da média em toda a Europa. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADnimo_de_Maunder.



Figura 3 - Destaque de “The Frozen Thames, olhando para leste em direção Old London Bridge, Londres”. Pintura Abraham Hondius

A, seguir sugestões de documentários para conhecer um pouco mais sobre o Mínimo de Maunder:

Documentário sobre o mínimo de Maunder:

<https://www.youtube.com/watch?v=7ExASsoxMgl>

<https://www.youtube.com/watch?v=DueVWamHmYs>

<https://www.youtube.com/watch?v=JwuO4cXghBo>

Observando a intensa atividade que a pintura em óleo (1684) remete a última mini glaciação que se estendeu e que foi retratada no rio Tâmesa e, enquanto tais previsões de uma possível mini glaciação não se confirmam, vamos investigar alguns saberes relacionados com temperatura, calor e máquinas térmicas. Terminaremos a contextualização com as questões:

Quando um objeto recebe calor de que forma varia a sua temperatura? Que fenômenos e outras coisas podem ser relacionadas com o aquecimento e o resfriamento? Sempre que um objeto recebe calor varia a sua temperatura?

Na próxima seção serão manipulados que ajudarão a entender melhor “as coisas” associadas com o conceito calor.

1.1 NA BEIRA DE UMA PRAIA, O QUE PODE FORMAR AS BRISAS? E, CORRENTES MARÍTIMAS?

Praticamente toda fonte de energia manipulada no planeta Terra, possui origem comum do Sol. Seja a energia que move os veículos proveniente de combustível formado por fósseis vegetais e animais, como gasolina, diesel e outros derivados de petróleo. Assim como os alimentos que consumimos, lenha e carvão

vegetal, todos produzidos por plantas, resultam da conversão da energia originada do Sol em energia potencial química através da fotossíntese, transformação encontrada nas associações essencialmente entre o hidrogênio e o carbono. Enfim, sabemos que a energia consumida na Terra advém do Sol, mas naturalmente cabe outra pergunta: como surge a energia do Sol?

Toda a energia associada a brisas, ventos e ventanias dependem da energia radiante do Sol, que resulta da chamada fusão nuclear, que de forma simples corresponde a junção de átomos de hidrogênio para compor átomos mais complexos, entre eles o átomo de hélio), que dá uma ideia de como as estrelas radiam energia a partir do combustível elementar a base de átomos de hidrogênio. Mas como estes átomos de hidrogênio são forçados a se juntarem através da fusão nuclear, esta que exige altíssimas temperaturas e, como se consegue tais temperaturas?

A resposta consiste na energia potencial gravitacional, que provoca a formação de compactação de nuvens cósmicas, “massas que atraem a si mesmas”. Onde acaba ocorrendo a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética nas partículas que constituem as nuvens cósmicas, que acaba constituindo a energia térmica e determinando as altas temperaturas para promoção da fusão nuclear. Mas, o que tem a ver a energia radiante do sol com a formação das brisas marítimas?

Tudo! Por exemplo, a inclinação do eixo do planeta, considerando a localização geográfica da praia (latitude e longitude) determinam a intensidade da energia radiante do Sol incidente para a região em questão. E, considerando para uma mesma localização as coisas ficam um tanto interessantes e desconcertantes, pois o solo, a água e a vegetação que recebem a mesma intensidade de energia solar por metro quadrado, aquecem no tempo de forma diferente e alcançam temperaturas diferentes. Essa diferenciação de aquecimento, entre outras particularidades de cada região acabam definindo o clima da região, por exemplo uma praia localizada em determinada região litorânea.

Ainda se tratando de aquecimento diferenciado, apontamos o fato de que quando caminhamos na areia afastada e que não é banhada pela maré, em uma manhã ensolarada, por que ela está muito mais quente que a água do mar?

Figura 4: Representação de uma praia num dia típico de verão.



EXPERIMENTO PARA REFLEXÃO: caso você deixasse em duas vasilhas rasas, inicialmente com a mesma temperatura e com a mesma massa, uma de água e a outra de areia, expostas a energia radiante do Sol. Depois de alguns minutos tomasse a iniciativa de medir a temperatura da água e da areia anotando esses valores e, repetisse o procedimento algumas vezes. As massas de água e areia atingiriam a mesma temperatura para o mesmo intervalo de tempo?



Figura 5 - Retirado do GREF, p. 42.
Fonte: <http://www.if.usp.br/gref/termo/termo2.pdf>

Você verificaria com essa atividade que para massas iguais de areia e água que receberam a mesma quantidade de energia na forma de radiação solar, portanto, a elevação da temperatura de qual substância seria maior? A areia ou a água perderia calor mais rapidamente quando retirada do Sol, ou seja, resfriaria mais rapidamente?



Figura 6 - Retirado do GREF, p. 42.
Fonte: <http://www.if.usp.br/gref/termo/termo2.pdf>

De tal forma que ao retirar as vasilhas do Sol, você também poderia comparar as quedas de temperatura da areia e da água ao longo do tempo. Como você explica a diferença de variação da temperatura para a massa da água e de areia? E, o aquecimento diferenciado possui alguma relação com a formação das brisas marítimas?

2 APRESENTANDO OS SABERES DA FÍSICA TÉRMICA

2.1 UM POUCO DE HISTÓRIA: O SABER CALOR DA ANTIGUIDADE AO CONTEXTO DA TERMODINÂMICA NA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

O QUE É CALOR, AFINAL?

Não é fácil responder esta questão, pois deve-se considerar a construção da teoria da termodinâmica ao longo de diferentes contextos históricos e

**VOCÊ, NO INVERNO
SEM MEIAS VAI PRO
TRABALHO
NÃO FAZ FÉ COM
AGASALHO
NEM NO FRIO VOCÊ
CRÊ
(TRES APITOS – NOEL
ROSA)**

filosóficos, pois a cada época produziu-se diferentes perspectivas para se definir o conceito de calor, inclusive com a forte influência dos aspectos experimentais que envolviam a teoria da termodinâmica.

Em primeiro lugar deve-se desconsiderar os aspectos associados a um forma de se fazer ciência, feita por feitos individuais e por pessoas geniais, esta forma de uma espécie de contos e anedotas somente atrapalham a apresentação de uma ciência plural, construída por pessoas da ciência que dedicaram a vida para entender porções da natureza, e que procuraram converter os saberes produzidos em artefatos, que poderiam ser utilizados pela humanidade e trazendo consequências benéficas ou não, pois como toda produção intelectual e técnica humana, pode ser utilizado enquanto saber ou artefato na transformação do mundo da vida com uma pluralidade de intenções. Pois, como toda produção intelectual e técnica, podem ser utilizados enquanto saber ou artefato na transformação do mundo da vida, com uma pluralidade de intenções.

Escolheu-se apresentar como foi representado a natureza do calor desde concepções alicerçadas por filósofos da antiguidade, em particular os pensadores da Grécia antiga, que depois foram reinterpretados na idade média, até posteriormente aspectos conhecidos e aperfeiçoados no século XVIII. Passando pelas divergências quanto a relação substancial do calor ou como forma de movimento, até a atual concepção do calor como uma forma de energia em trânsito.

Iniciando pelo pensamento grego e retomando os seus aspectos contemplativos da cosmologia na tradição aristotélica, na concepção de mundo natural e da sua formação pelos quatro elementos terra, água, fogo e ar. E, atendo-se para as características do fogo e o ar que tendem a subir naturalmente para ocupar espaços, pois nessa tradição da cosmologia de Aristóteles não se concebia o vazio ou vácuo absoluto. Por exemplo, Heron de Alexandria (130 a. C.) procurando demonstrar a inexistência do vazio absoluto de forma natural, e que o "vácuo contínuo" somente poderia ser obtido artificialmente ou seja não natural e por interferência, Heron propõe um modelo de máquina térmica.

Alguns argumentam que não há vácuo absoluto; outros que, enquanto nenhum vácuo contínuo é exibido na natureza, [este] será encontrado distribuído em pequenas porções através do ar, água, fogo, e todas as outras substâncias: e esta última opinião, que demonstraremos aqui ser verdadeira para os fenômenos sensíveis, é a que adotamos (HERON DE ALEXANDRIA in COHEN; DRABKIN, 1958, p. 249).



Figura 7-
Máquina térmica
de Heron (II a. C.)

A máquina térmica de Heron conseguiu mostrar a associação entre os quatro elementos e a transformação de um elemento em outro conforme pode ser percebido no funcionamento da máquina térmica. Conforme a ilustração representada na figura 7 (fonte: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/index8.asp>), uma estrutura que pode ser aproximado de uma espécie de caldeirão, colocada sobre uma fonte térmica representada por madeira em fogo e, acima do caldeirão com água temos uma esfera metálica oca, parcialmente cheia com água e um conjunto de escapamentos em "L", dispostos simetricamente em relação ao diâmetro da esfera. A água que enche o caldeirão

quando aquecida produz vapor, que ao subir pelos tubos ocos que sustentam e que se conectam a esfera, vapores que escapam pelos escapamentos em “L”, provocando o giro da esfera. Heron, demonstra com sua máquina a associação dos elementos, preenchendo por completo qualquer espaço que poderia estar vazio, mesmo preenchidos por pequenas quantidades dos elementos. Além de mostrar a relação entre os elementos ar e fogo, produzindo movimento. A semente das máquinas térmicas como as conhecemos hoje. Para melhorar o seu entendimento da máquina de térmica de Heron acesse o link do vídeo colocado a seguir:

Vídeo máquina térmica de Heron:
<https://www.youtube.com/watch?v=tHMDok>

A máquina térmica de Heron chamada de aeolípia, que mostrou como converter os elementos para gerar movimento e sempre com a concepção natural de que os fluxos de vapor ocorrem para não deixar nunca espaços vazios. Pensamentos que permaneceram com pequenas modificações até o final do renascimento (século XVII).

Entretanto, não havia nenhum apontamento sobre a transformação de calor em trabalho mecânico, tais saberes de trabalho, energia e conservação de energia desenvolveram-se nos séculos XVIII e XIX. Que contribuíram depois para fundamentar as leis da termodinâmica e o funcionamento das máquinas térmicas e a sua utilização no mundo da vida da humanidade.

Havia, contudo no século XVIII, quem discordasse das formas de constituição da matéria explicado segundo elementos Aristotélicos. Por exemplo, o filósofo inglês Robert Boyle (1627 - 1691), que reinterpreto as teorias dos atomistas que remetiam a antiguidade, Boyle assumiu uma posição alinhada com Francis Bacon (1561 - 1626) e René Descartes (1596 - 1650). Tanto Bacon quanto Descartes consideravam movimento quando tratavam do calor, Bacon por exemplo, concebia o calor como se tratando do movimento de pequenas partículas do corpo quando submetidas ao fogo. Portanto, o calor definido como uma substância que fluía de um copo para outro, uma espécie de matéria sutil. Deve-se destacar, que tais interpretações ao calor associado com o movimento, são bem diferentes de como concebemos o calor atualmente.

Porém, os elementos colocados por Boyle, Bacon e Descartes, do calor como uma espécie de substância, seja ela primordial ou não, contribuíram para o desenvolvimento dos estudos sobre a calorimetria. Por exemplo, a que manteve uma interpretação mais corpuscular mantida nos séculos XVII e XVIII, a de Boyle, ajudou os estudos e os modelos sobre os gases.

Entretanto, foi no século XVIII, o "século da razão" que houve uma mudança em como pensar e fazer ciência, em termos de organização das observações e na divulgação das ideias, e principalmente uma mudança no espírito de pensamento da época, deixando uma postura mais contemplativa de tradição aristotélica, para uma de maior manipulação experimental já ressaltada por exemplo pelo filósofo inglês Francis Bacon, destacado em uma parábola que ele “extra uma moral da vida dos insetos”:

O homem que faz experimentos é como a formiga, que coleciona e manuseia; já o homem que especula é como a aranha, que constrói teias a partir de sua própria substância. Mas a abelha vai pelo caminho mediano: ela coleta material das flores do jardim e do campo, mas o transforma e

digere por um poder que lhe é próprio. O verdadeiro trabalho da filosofia assemelha-se a esse procedimento, pois ele não depende inteiramente dos poderes da mente, nem tampouco toma a matéria que a história natural e os experimentos lhe ofereceram, armazenando-a simplesmente na memória como um todo; mas deposita-o no entendimento, uma vez alterada e digerida. (HACKING, 2012, p. 351).

Outro aspecto é o contexto da revolução industrial, com sua demanda em termos de máquinas que potencializasse os manufaturados, criando um amplo campo para os estudos das máquinas térmicas e do consumo dos combustíveis que substituíssem a demanda do carvão, devido à escassez das florestas no continente europeu. Portanto, houve uma valorização da técnica nos contextos de produção da ciência, devido a demanda da revolução industrial, promovendo uma ciência teórica e experimental alinhado ao novo jeito de pensar e fazer científicos. Inclusive formaram-se grupos do novo modo de pensar e fazer ciência, constituindo sociedades financiadas por reis ou grupos locais, entre tantas sociedades podemos citar desse período na Inglaterra a Royal Society, a Academie de Sciences em Paris, criada no reinado de Luís XIV, a Academia de Ciências de Berlim, na Prússia criada pelo rei prussiano e a Sociedade Lunar, em Birmingham, fundada por industriais e homens da ciência como Joseph Priestley e James Watt, na década de 1760. Tais sociedades passaram a uma forma de realizar a chamada ciência normal (KUHN, 2013), acordados com certos modelos teóricos e desenvolvimento de experimentos exemplares e com a promoção de vasta discussão plural com vários membros da sociedade.

Por exemplo, a sociedade lunar realizava conforme a obra acima passou a divulgar ciência em diferentes ambientes. E, que um dos seus membros é James Watt, o qual aperfeiçoou a máquina térmica idealizada um dia por Rei Heron, e que pavimentou a estrada para os motores a combustão interna que conhecemos hoje.

A imagem da obra representada na figura 8, *An experiment on a Bird air pump* (Um experimento com um pássaro na bomba de ar, de Joseph Wright de Derby, 1768), Joseph Wrigth que também fazia parte da Sociedade Lunar, juntamente com James Watt e Joseph Priestley, o primeiro que contribuiu com sua máquina térmica à vapor e o segundo com seus estudos sobre os gases e a descoberta do gás oxigênio. Ainda conectado com a obra da figura 8, e com estudos em torno dos saberes pressão e o vácuo, encontramos em Batista (2015) a tradução da carta que Torricelli enviou para o ilustre Senhor e ilustre Patrono, nas palavras de Torricelli (1644), Michelangelo Ricci em Roma e que incluiremos um pequeno trecho:



Figura 8 - An experiment on a bird in the air pump (Um experimento com um pássaro na bomba de ar). Joseph Wright of Derby, 1768. Fonte: ABCgallery.com.

[...] digo isso porque certo filósofo, percebendo que não pode fugir da admissão de que o peso da atmosfera causa a resistência sentida ao se produzir o vácuo, não diz que admite a atuação do ar pesado, mas persiste

afirmando que a natureza também colabora resistindo ao vácuo. Vivemos imersos no fundo de um oceano de ar elementar, o qual, por experimento, sem dúvida tem peso, e tanto peso que o ar mais denso na vizinhança da superfície da terra] [...] [usemos o argumento de que o peso que Galileu atribuiu se aplique à atmosfera mais baixa, onde os homens e os animais vivem, enquanto que nos picos das altas montanhas o ar começa a se tornar mais puro e a pesar muito menos. (apud BATISTA, 2015, p. 695).

Com esse trecho da carta de Torricelli (1644), onde foi ressaltada uma tentativa de definição da pressão atmosférica associada com o peso, e que sua intensidade é definida atualmente como uma relação da força (força-peso) exercida por uma coluna de ar sobre uma superfície, ou sua variação como o produto $d \cdot g \cdot h$ (onde “d” é a densidade, “g” é a aceleração da gravidade e “h” é a altura da coluna do fluido). A carta de Torricelli enriqueceu o contexto filosófico em que foram construídos os saberes da pressão e do vácuo, inclusive a dificuldade do aperfeiçoamento do perfil epistemológico a respeito dos conceitos, os quais ainda estavam em um processo de construção conceitual, conforme é percebido ao longo da carta, que na busca de argumentos ressalta outro cientista que havia estreitado relação, o cientista Galileu Galilei, Torricelli trabalhou com ele por um breve período de tempo em Florença.

É nesse contexto que surge a interpretação do calor como calórico. Porém, antes da tentativa de conceituar o calórico os estudos já estavam avançados, em termos de medidas de temperatura e de construção de termômetros, assim como a definição dos saberes calor específico e calor latente. Com a utilização de termômetros e os estudos de aquecimento e resfriamento de diferentes substâncias, foi possível progredir em termos de entender a natureza do calor e explicar os fenômenos. Com a ideia do calor como a quantidade de alguma coisa transferida, descrito por Black (1803): “A tendência do calor se difundir de um corpo mais quente para o próximo mais frio, até que ele seja distribuído entre eles, de tal maneira que nenhum deles tome mais calor do que os demais ” (apud MAGIE, 1935, p. 134). E, Joseph Black (1728-1799) acaba definindo o calor como um tipo de fluido que é transferido de um corpo quente para um corpo frio e que possui a capacidade de penetrar a matéria. E, que na época foi denominado de calórico, mas ainda como um tipo de matéria forma fluída e primordial. Entretanto, tratado desta forma como explicar que quando ocorrido a sua transferência não acontecia um acréscimo de massa do corpo que recebeu o calórico?

Houve uma tentativa de correção para tal anomalia, considerando que tal fluido primordial devido a sua sutileza e apesar da sua classificação material, o calórico seria um fluido sem massa. Entretanto, a anomalia que derrubou a aceitação do saber calórico, foi a falta de explicação e argumentação teórica que explicasse o aquecimento por atrito. Por exemplo, quando em dias frios esfregamos nossas mãos, cuja superfície da pele está resfriada pelo ambiente e com ambas as mãos na mesma temperatura, portanto não há como transferir o suposto calórico de uma mão para outra, pois não existe diferença de temperatura entre elas. Então, por que quando esfregamos uma mão na outra ocorre o aquecimento de ambas as mãos? Tal compreensão foi permitida dos trabalhos de Benjamin Thompson, Conde de Rumford (1753 - 1814), um militar, físico e inventor, que era um dos membros da Royal Society.

Rumford assumiu o calor como energia, corroborado pelos experimentos de aquecimento realizado com os canhões, inspirados na sua experiência e interesse por armas e máquinas, que já havia destacado do aquecimento no cano de armas após disparos, que contribuíram e motivaram seus estudos teóricos e experimentais

a respeito do aquecimento por fricção em disparos com canhões. Que pode ser percebido no trecho do próprio Conde de Rumford (1798):

Argumentei que se a existência do calórico era um fato, deve ser absolutamente impossível para um corpo, ou para muitos corpos individualmente que juntos formam apenas um, comunicar esta substância continuamente para vários outros corpos que os rodeiam, sem que esta substância seja gradualmente totalmente exaurida. Uma esponja cheia com água, e apertada no meio por um fio no meio de uma sala cheia de ar seco, comunicará sua umidade ao ar, é verdade; mas breve a água se evaporará e a esponja não poderá mais fornecer umidade. Pelo contrário, um sino soa sem interrupções quando é tocado, e fornece seu som tão frequente quanto queremos, sem a menor percepção de perda. Umidade é substância; som não é. É bem conhecido que dois corpos duros, quando atritados entre si, produzem muito calor. Eles podem continuar a produzi-lo sem finalmente se tornarem exauridos? Vamos deixar o resultado do experimento decidir esta questão (THOMSON, 1798 apud WATANABE, 1962).

E, para concluir mais profundamente Rumford realizou cinco experimentos, para estudos sobre a produção de calor quando canhões eram perfurados (figura 9), e descritos pelo próprio Rumford a seguir:



Este cilindro foi projetado para a proposta específica de geração de calor por atrito ao ter uma broca cega forçada contra seu fundo sólido ao mesmo tempo em que ele era girado em torno de seu eixo pela força de cavalos. Para que o calor acumulado no cilindro pudesse ser medido de tempos em tempos, um pequeno buraco foi feito nele, com a finalidade de introduzir um pequeno termômetro mercurial cilíndrico [...] (THOMPSON, 1798, p. 83).

Figura 9 - Ilustração que remete ao aparelho experimental, que Rumford teria utilizado para transformar energia cinética transformada em energia térmica, devido ao atrito por fricção. Com o atrito de uma broca no metal, produzindo calor suficiente para ferver água.

A ideia do calórico não dava conta de explicar o aquecimento por atrito, que foi explicado admitindo o calor como uma forma de energia, que ao esfregarmos as mãos o atrito permite a transformação da energia mecânica, na forma cinética devido ao movimento, em energia térmica que aquece as mãos. Portanto, a ideia do calórico é substituída por um modelo de transferência de energia e que se aceita até os dias atuais, portanto calor é a energia em trânsito estabelecido pela diferença de temperaturas entre um corpo quente e um corpo frio, estabelecendo o sentido natural de fluxo de energia do corpo quente para o corpo frio.

"Em uma reinterpretação muito próxima das "conservações" previstas pela filosofia, a conservação da energia e o calor como energia em trânsito pareciam responder às perguntas. Mas, qual a natureza da energia? A resposta a essa pergunta também é complexa e tem diferentes hipóteses.

A aplicação do princípio geral da conservação da energia leva à conclusão indubitável que a energia térmica gerada é o equivalente do trabalho mecânico usado na fricção, mas traz pouca ou quase nenhuma luz sobre os passos do processo, e não dá informação sobre a atual natureza da energia produzida na forma de calor (CALLENDAR, 1912). "

O domínio da técnica de converter parte desta energia térmica em trabalho, ao movimentar um pistão, permitiu a construção das máquinas térmicas, como a máquina a vapor de James Watt que como sabe-se foi um dos alicerces do avanço da revolução industrial. Ainda pode ser citado o motor de combustão interna, por exemplo de quatro tempos conforme o ciclo Otto e do motor a diesel.

A, seguir assista os documentários e realize as atividades propostas como exercícios de fixação e de avanço em suas pesquisas sobre esses assuntos:

Revolução industrial/vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=aU0E4FSAqw4>
 Documentário Power/vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=M3Eo0PiqgHY>

ATIVIDADE I:

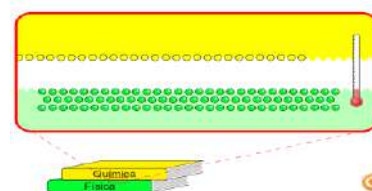
- Acesse o link: <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/tede/1938/1/PDF%20-%20Jose%20Leandro%20de%20Albuquerque%20Macedo%20Costa%20Gomes.pdf>
- Localize o anexo V: CANHÕES E CALOR, localizado na página 128, 129 e 130.
- Leia as páginas 128, 129 e 130. E, faça um resumo comentado.
- Responda as questões colocadas na página 130.

ATIVIDADE II:

MANIPULAÇÃO DO SIMULADOR DO PHET: ATRITO ENTRE SUPERFÍCIES

- Acesse o link: https://phet.colorado.edu/sims/html/friction/latest/friction_pt_BR.html. E, realize a sequência de ações, observe com atenção e responda:

Figura 10: Imagem da simulação do PHET.



1. Perceba que na tela surge a representação microscópica das superfícies de dois livros, de física e química. Antes de simular:
 Se atritarmos um livro contra o outro, admitindo que inicialmente ambos estavam em equilíbrio térmico com o ambiente, subirá a temperatura dos dois livros?
 Existe alguma relação entre o movimento de partículas que constituem os livros e a temperatura? Qual?
2. Faça a simulação colocando o cursor sobre as partículas amarelas que representam o livro de química, surgirá uma representação de uma mão no lugar do cursor. Com o movimento do mouse do seu computador ou do touchpad do seu notebook, arraste as partículas amarelas que significará que o livro de química está sendo aproximado do livro de física (representado pelas partículas verdes).
3. Provoque atrito entre os livros, arrastando as partículas amarelas para esquerda e para direita, observe se a indicação do termômetro se eleva, também tome atenção em relação a movimentação das partículas amarelas e verdes.
4. Agora você aumentará o atrito entre os livros aumentando a movimentação e comprimindo mais um livro sobre o outro, basta com o cursor aproximar as partículas amarelas e verdes, você observará que algumas partículas se desprenderão, o que representa a degradação do livro.
5. Agora simule o afastamento dos livros e, você perceberá a diminuição da indicação da temperatura no termômetro e a diminuição também da agitação das partículas de ambos os livros.
6. Reinicie a simulação através do botão com a indicação reiniciar, localizado no quando inferior direito e retome as questões iniciais do item 1 e, revise as suas respostas.

ATIVIDADE III:

MANIPULAÇÃO DO SIMULADOR DO PHET: ESTADOS DA MATÉRIA

- Acesse o link: https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter_pt_BR.html. E, realize a sequência de ações, observe com atenção e responda:

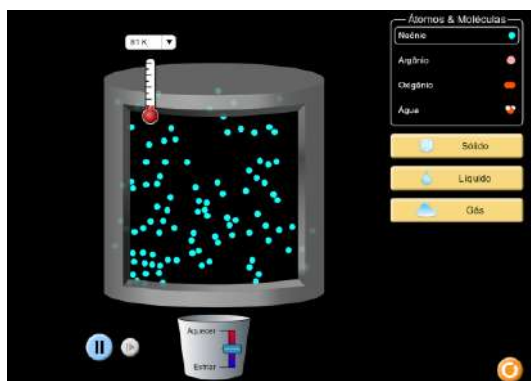


Figura 11- Imagem da simulação do PHET

- Antes de calibrar o simulador, leia as seguintes questões e reflita:
 - O que acontece com uma massa de gelo quando fornecemos energia térmica, principalmente quando na condição de 1 atm. de pressão, a massa de gelo se encontra a 0 °C? Por que?
 - A mesma questão, mas agora considerando que a massa de gelo se fundiu em água líquida, e quando esta chega a 100° C? Por que?
 - Sempre que uma massa de uma substância qualquer recebe energia térmica ela se aquece? Por que?
- Observe a imagem acima, ela representa a tela para manipulação do simulador que você acessará no link acima, um tipo de modelo explicativo para constituição da matéria. Atente-se para o canto superior direito, existe uma janela com a indicação Átomos & Moléculas, na qual poderá escolher diferentes substâncias: neônio, gás oxigênio e água. Abaixo da janela das substâncias você poderá escolher também o estado físico da substância que irá manipular. Perceba que abaixo do recipiente que contém a substância representada por partículas, há uma fonte térmica, que pode ser manipulada para fornecer energia para as partículas ou para retirar energia das partículas. Quando estiver manipulando o botão que controla a fonte térmica para cima ou para baixo, observe na parte superior do recipiente um termômetro, que acusará o aumento ou diminuição da temperatura. E, reflita sobre as questões:
 - Existe relação entre a variação da temperatura e a agitação das partículas? Qual?
 - Se for fornecido quantidade de calor suficiente de calor, haverá mudança de estado físico? Por que? Para água nas condições normais de pressão (1 atmosfera), quais as temperaturas de fusão e de ebulição da água?
- Na parte inferior da tela do simulador, existe a possibilidade de escolher uma outra simulação mais completa, clicando no botão "Mudança de Fase". Com a simulação mais completa é possível alterar as condições de pressão e de temperatura, recomenda-se que explore tais possibilidades para compreender melhor o que acontece com o modelo que representa as moléculas de água, quando se varia duas variáveis, a pressão e a temperatura. Retome as questões já colocadas, e reflita o que acontece com as temperaturas de fusão e ebulição da água quando são modificadas as condições normais de temperatura e pressão.
- Realize uma pesquisa no link colocado a seguir: <https://scholar.google.com.br/>. Sobre os temas estados físicos da água, condições normais de temperatura e pressão e sobre o ponto tríplice da água.

1.2 TROCAS DE CALOR

Utilizamos da nossa percepção pelo tato para sentir se superfícies estão quentes ou frias, por exemplo quando tocamos ao abrir uma porta o metal do trinco nos parece mais frio do que sentimos a madeira da porta, mesmo sabendo que o metal do trinco e a madeira da porta estando em equilíbrio térmico com a temperatura do ambiente, que por hipótese vamos admitir mais frio do que a temperatura média do corpo humano em torno dos 36° C. Então, o que explica a sensação diferente é o fato de que as trocas de energia entre a pele quente e os objetos frios indicam que as quantidades de calor trocadas entre a pele com o metal e com a madeira são diferentes.

A intensidade de calor trocado entre a pele e o metal do trinco é maior do que a trocada entre a pele e a madeira da porta, permitindo afirmar que o metal é melhor condutor térmico do que a madeira. A prática, a ciência e a tecnologia conhecendo a diferença de condutividade térmica nos materiais, puderam utilizar tal conhecimento para produzir painéis de melhor condutividade térmica por exemplo, por outro lado cobriram de plástico os cabos das painéis para assim promover um melhor isolamento térmico.

Fica evidente que a medida que a humanidade através da prática, da ciência e da tecnologia cada vez mais conhece as propriedades das substâncias e os processos associados com as trocas de calor entre corpos quentes e frios. Partindo do princípio de que de forma natural o sentido do fluxo de calor, sempre ocorre do trânsito de energia do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura. Conhecimentos que foram muito além da utilização de materiais isolantes e condutores térmicos, por exemplo nas máquinas térmicas de combustão interna, como por exemplo os motores dos automóveis que da explosão de combustíveis, aproveita-se parcialmente do sentido do fluxo de calor para ser convertido em trabalho motor impulsionando os pistões em um bloco de cilindros, para impulsionar toda espécie de veículos e a outra parte da energia térmica não convertida em trabalho é transferida ao ambiente pelos gases superaquecidos expelidos no escapamento, além de esquentar o próprio motor e sua vizinhança..



Figura 12 - Motor quatro tempos/ciclo Otto



www.shutterstock.com - 73531012

Para facilitar a investigação dos processos que envolvam trocas de calor, delimitaremos os corpos quente e frio em um sistema isolado totalmente ou parcialmente, mas como isolar as trocas de calor entre um corpo quente e um corpo frio? Para isso faremos uso de um aparelho experimental chamado de calorímetro.

1.2.1 Calorímetros

Para trabalhos em laboratórios, podemos reduzir as perdas de energia do sistema utilizando um recipiente isolante térmico. Este dispositivo é denominado calorímetro. Um tipo de calorímetro está representado na figura 11. Ele é feito de metal e recoberto de isopor, possui um termômetro e um misturador, colocados em seu interior através de dois furos na tampa.

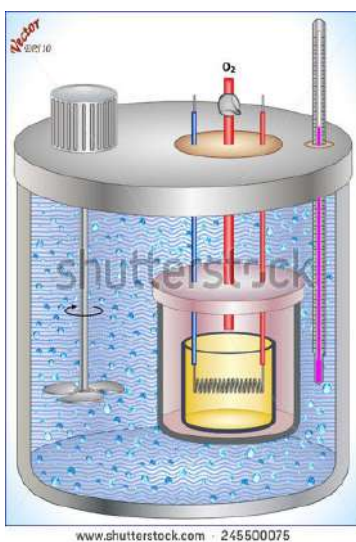


Figura 13 - Calorímetro

Podemos usar um calorímetro para determinar o calor específico de uma substância da seguinte maneira:

- Coloca-se uma quantidade de água, de massa conhecida, no interior do calorímetro;
- Mede-se a temperatura do equilíbrio térmico entre a água e o calorímetro;
- Mede-se a massa do objeto de cuja substância se quer determinar o calor específico;
- Aquece-se o objeto até uma certa temperatura, medida com precisão e, depois, coloca-se o objeto dentro do calorímetro, com a água;
- Agita-se a água com um leve movimento e mede-se a temperatura de equilíbrio térmico entre ela e o objeto.
- Utiliza-se do princípio das trocas de calor e calcula-se a propriedade do calor específico da substância.

Será proposto a seguir uma sequência de propostas de **ideação de experimentos para provocar reflexões (EXPERIMENTOS DE PENSAMENTO)**, sobre quando ocorre a transferência de energia térmica de uma substância quente para uma substância fria, e para facilitar as reflexões será considerado o isolamento térmico perfeito (uma idealização), possibilitando a análise apenas do sistema que será considerado isolado, ou seja, não permite a troca de energia do sistema com a sua vizinhança, neste caso o sistema será formado pelo corpo quente e corpo frio inseridos no calorímetro, e vizinhança tudo aquilo localizado fora do calorímetro. Em seguida uma ilustração para representar um sistema isolado e um sistema fechado:

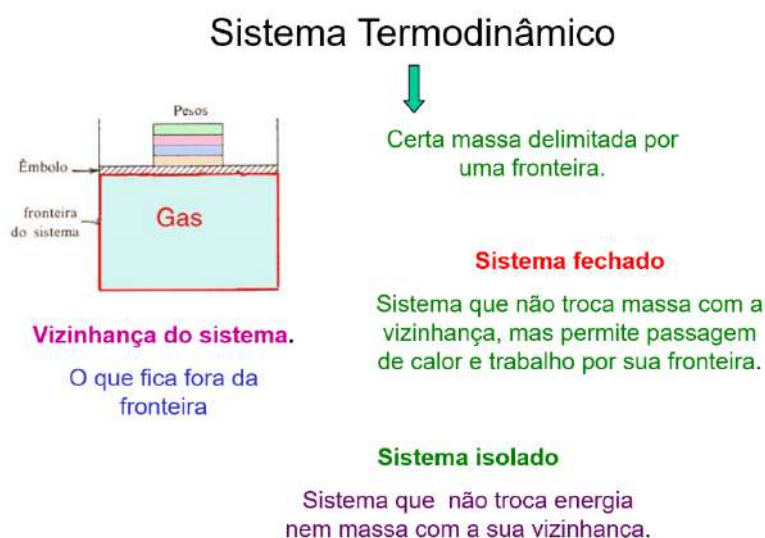
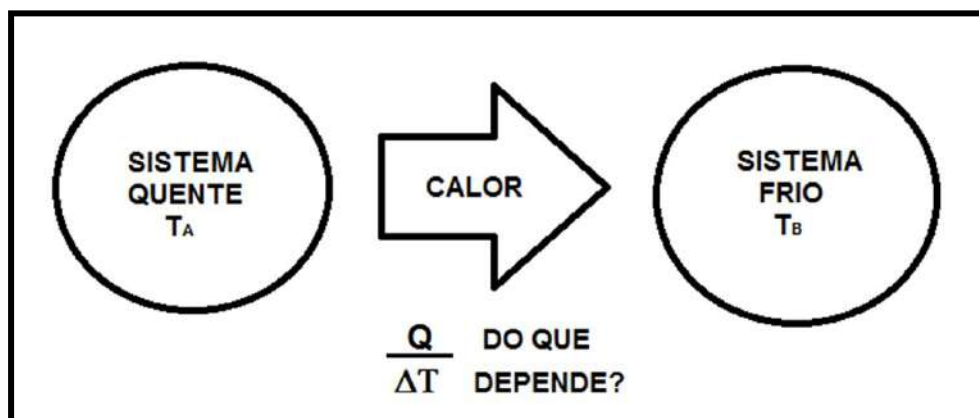


Figura14 - Sistema isolado e sistema fechado

- I) **EXPERIMENTO DE PENSAMENTO I:** o retângulo em moldura representa as paredes do calorímetro isolando termicamente as substâncias quente e fria



Q = quantidade de energia térmica que deixou a substância quente e, está em trânsito sentido a substância fria, essa energia em trânsito será denominada de calor.

Δt = representa a variação de energia que cada substância sofrerá, e que em geral não será a mesma variação da temperatura para cada uma delas, conforme será observado neste experimento e no próximo.

Não há mudança de estado físico.
 Trata-se da mesma substância, a água em temperaturas bem distintas.
 Quantidades de massa de água também bem diferentes.
 Observação de que é um modelo simplificado e que por hipótese somente farão parte das trocas de calor a água quente e a água fria.
 A água quente cede a energia que a água fria recebe, porém, a variação de temperatura é diferente para cada uma das águas.
 A variação da temperatura depende da quantidade de massa da substância



Figura 15 - Temperaturas das águas antes da mistura

Na figura existem dois recipientes com massas diferentes de água, existem termômetros digitais medindo a temperatura de cada massa de água, com as seguintes indicações $t_{\text{água fria}} = 16^{\circ}\text{C}$ e a $t_{\text{água quente}} = 71^{\circ}\text{C}$, e a massa água fria \gg massa água quente.

Questionamento: depois de ocorrido as trocas de calor entre as duas massas e, ocorrido o equilíbrio térmico a **temperatura** de equilíbrio ficará mais próxima da água quente ou da água fria? (Refleta e anote **aqui** sua justificativa da resposta.)

Ao final das trocas de calor, o sistema está em equilíbrio térmico, com uma temperatura mais fria do que a temperatura da água quente, porém mais quente do que a temperatura da água fria.



Figura 16 - Temperatura depois do equilíbrio térmico

PARA ENTENDER MELHOR: VÍDEO DO BEAKMAN SOBRE CAPACIDADE TÉRMICA: <https://youtu.be/x9GJVkWhZk>.

II) EXPERIMENTO DE PENSAMENTO II:

- Não há mudança de estado físico.
- Substâncias são diferentes, água e latão em temperaturas bem distintas.
- Quantidades de massa de água e do latão é a aproximadamente a mesma ($m_{\text{água}} = m_{\text{latão}} = 31 \text{ g}$).
- Observação de que é um modelo simplificado e que por hipótese somente farão parte das trocas de calor o latão aquecido ($t = 94 \text{ }^{\circ}\text{C}$) e a água fria ($t = 15^{\circ}\text{C}$).
- O latão aquecido cede a energia que a água fria recebe, porém, a variação de temperatura é diferente para cada uma das substâncias.
- A variação da temperatura depende de alguma propriedade da substância, que ao ceder ou receber energia comporta – se de modo distinto, tal propriedade chamaremos de calor específico.



Figura 17 - Balança e termopares para experimentação

Questionamento: depois de ocorrido as trocas de calor entre as duas massas e, ocorrido o equilíbrio térmico a temperatura de equilíbrio ficará mais próxima da água ou do cilindro de latão? Por que? (Refleta e anote aqui sua justificativa da resposta.)

CONSIDERAÇÕES

- Do experimento de pensamento I, conclui-se que para uma mesma substância (igual propriedade em aquecer ou esfriar), ao se misturar uma massa maior de água fria (16°C) com uma massa menor de água quente (71°C), depois da troca de calor a temperatura de equilíbrio térmico (18°C) aproximou-se da temperatura inicial da massa de água fria, pelo fato da sua quantidade de massa ser maior.
- Do experimento de pensamento II, considera-se que para substâncias diferentes, água e latão (propriedade em aquecer e esfriar é diferente), de massas aproximadamente iguais (31 gramas). Ao serem misturados com temperaturas iniciais diferentes, $t_{\text{latão}} = 94^{\circ}\text{C}$ e a $t_{\text{água}} = 15^{\circ}\text{C}$, e admitindo que a troca de calor ocorreu somente entre a água e o latão por aproximação de um sistema isolado (desconsideradas as perdas de energia para o ambiente), a temperatura de equilíbrio térmico ($t_{\text{e.t.}} = 23^{\circ}\text{C}$) aproximou-se da massa da água fria, mesmo ambas as substâncias possuindo massas aproximadamente iguais. Portanto, o que definiu a temperatura foi a propriedade da água em sofrer uma variação de temperatura menor do que para o latão, para uma mesma quantidade de calor que foi trocado.
- Resumindo:

$$C = \frac{Q}{\Delta t} = m \cdot c$$

Capacidade
térmica
massa

propriedade/calor
específico

III) EXPERIMENTO DE PENSAMENTO III: unidade de medida da capacidade térmica

Para indicar a unidade da capacidade térmica, é preciso conhecer como é medido a temperatura e a quantidade de calor.

a) Temperatura

Quando a indicação da temperatura de um objeto está acima de zero, significa que as partículas que constituem o objeto estão em movimento. Tal concepção apoia-se em três princípios da teoria cinético molecular da constituição da matéria:

- As substâncias constituem-se de moléculas, definidas como as menores partes da matéria e que ainda representam as mesmas propriedades químicas;
- As moléculas permanecem em constante movimento desordenado e caótico;
- As moléculas interagem entre si, quando estão separadas por pequenas distâncias.



Figura 18 - Modelo para a temperatura.

Tal modelo que associa a temperatura com a agitação das partículas de um corpo qualquer, foi fundamentada inicialmente na teoria cinética dos gases. Portanto, o modelo indica que a temperatura de um corpo está associada com a rapidez da vibração das moléculas que constituem uma massa de um gás, de um líquido ou de um sólido. A seguir, uma atividade de leitura e vídeo, para contribuir em responder algumas questões relacionadas a temperatura, suas unidades e dos instrumentos que medem a temperatura (os termômetros):

Artigo sobre termômetros: http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v28_101.pdf

Vídeo sobre termômetros: <https://www.youtube.com/watch?v=jtLklcHVHic>

O objetivo da atividade é enriquecer a representação a respeito do tipo da física: temperatura. Para tanto ilustramos com um vídeo e o artigo que trata de um instrumento objetivo de medida de temperatura, que se trata dos termômetros.

1. Realize a leitura do artigo: A termometria nos séculos XIX e XX, da Revista Brasileira de ensino de Física que indicamos, de forma alerta em relação aos princípios para construção de um termômetro. E, produza um resumo comentado destacando os tipos de escalas termométricas, e também sobre o que é necessário para construir um termômetro

2. Depois da leitura orientada poste os princípios para a construção de um termômetro de líquido e, indique as principais escalas para medir temperatura.

- b) **Caloria:** unidade caloria (**cal**), apesar de muito utilizada, não pertence ao Sistema Internacional de unidades (SI). Ela corresponde à quantidade de

calor necessária para elevar a temperatura de $14,5^{\circ}\text{C}$ para $15,5^{\circ}\text{C}$ de 1,0 grama de água. Podemos converter calorias em joules estabelecendo a seguinte relação:

$$1,00 \text{ cal} = 4,18 \text{ joules.}$$



Figura 19: Aquecimento da água.

Para conhecer como foi estabelecido essa relação assista o vídeo que ilustra o significado do equivalente mecânico

Vídeo do equivalente mecânico:

https://www.youtube.com/watch?v=uluD7a_yOxY

No início do século XIX, o físico inglês James Prescott Joule, definiu com precisão a relação entre calor e a energia mecânica, conforme foi encenado no vídeo indicado. Conforme a ilustração a seguir, Joule fez uso de roda com paletas (localizadas dentro de um cilindro com água, conforme aparece na parte central da ilustração), movimentadas por um conjunto de polias, colocadas de cada lado e impulsionadas por blocos de massas penduradas e puxadas para baixo por ação da força peso.

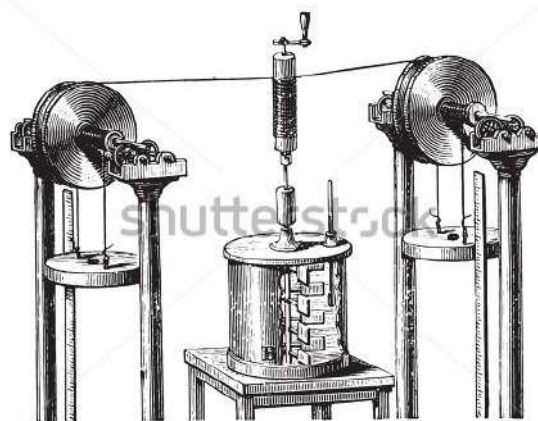


Figura 20 - Equivalente mecânico da caloría

Quando as massas caem por ação da força peso, colocam as paletas a girar. De forma que o movimento de rotação das paletas faz com que haja transferência da energia mecânica na forma cinética, para a água com o aumento da agitação das suas moléculas, e conseqüentemente com o aumento da temperatura da água, portanto com um aumento da sua energia térmica. Do experimento realizado por Joule, permitiu a determinação do equivalente mecânico do calor:

$$1,00 \text{ caloria} = 4,18 \text{ joules}$$

1.3 CAPACIDADE TÉRMICA

A ilustração representa quantidades diferentes de água, e como indicado estão sendo aquecidas por uma fonte térmica similar (potência similar= mesma quantidade de energia térmica transferida no tempo), portanto, ambas recebendo a mesma quantidade de calor, porém sofrem variações de temperatura diferentes. É possível supor que seria necessário fornecer duas vezes mais calor a massa de 2 kg de água para produzir a mesma variação da temperatura da massa de água de 1 kg.

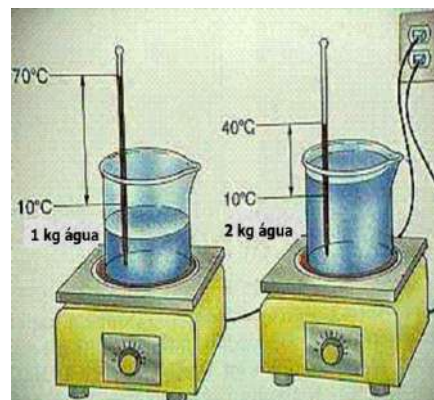


Figura 21 - Determinação da capacidade térmica

Define-se a capacidade térmica (C) de um corpo como a medida da quantidade de calor que deve ser fornecida ou retirada do corpo, podendo provocar uma determinada variação da temperatura:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Onde: {

ΔQ = quantidade de calor dada ou retirada.
 Δt = variação de temperatura

Unidade: cal/°C

Admitamos que aos fornecermos quantidades iguais de calor, para massas diferentes de água inicialmente na mesma temperatura

CALOR ESPECÍFICO

O calor específico de uma substância nos *informa quantas calorias de energia necessitamos para elevar de 1°C a temperatura de 1 grama dessa substância*. Portanto, para quantificar a energia térmica consumida ao se aquecer ou resfriar um objeto, além do seu calor específico temos que levar em conta a sua massa. Consumimos maior quantidade de calor para levar à

ferveira a água destinada ao preparo do macarrão para 10 convidados do que para 2 pessoas. Se para a mesma chama do fogão gastamos mais tempo para ferver uma massa de água maior, significa que precisamos fornecer maior quantidade de calor para ferver essa quantidade de água. Também para resfriar muitos refrigerantes

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t} \quad Q = m \cdot \Delta t \cdot c$$

Onde: Q= quantidade de calor absorvida ou emitida (J ou cal).
 m= massa da substância (g).
 t = Variação da temperatura (temp. final - temp. inicial).
 c = calor específico (cal/ g.°C ou J/g.°C).

precisamos de mais gelo do que para poucas garrafas. Se pensarmos em como as substâncias são formadas, quando se aumenta sua massa, aumenta-se a quantidade de moléculas e temos que fornecer mais calor para fazer todas as moléculas vibrarem mais, ou seja, aumentar sua energia cinética, o que se traduz num aumento de temperatura.

Por exemplo:

- **O calor específico da água na forma líquida: $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$**
- **O calor específico do gelo: $c_{\text{água}} = 0,5 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$**
- **O calor específico do ferro na forma sólida: $c_{\text{ferro}} = 0,11 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$**

O produto do calor específico de uma substância pela sua massa ($m \cdot c$) é conhecido como a sua capacidade térmica (C).

$$C = m \cdot c$$

Quando misturamos objetos a diferentes temperaturas eles trocam calor entre si até que suas temperaturas se igualem, isto é, eles atingem o equilíbrio térmico.

Se não houver perdas para o exterior (ou se ela for desprezível) consideramos o sistema isolado. Neste caso, a quantidade de calor cedida por um dos objetos é igual a recebida pelo outro. Matematicamente podemos expressar a relação entre as quantidades de calor como:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = \text{zero}$$

➤ **Princípio das trocas de calor ou lei zero da termodinâmica**

Por exemplo nos motores de combustão dos carros necessitam de um sistema de refrigeração. Para que a refrigeração a ar ou a água tenham a mesma eficácia, as duas substâncias têm que retirar a mesma quantidade de calor do motor.

EXERCÍCIO DE APLICAÇÃO

(ENEM-2014). Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até 70°C . No entanto, a temperatura da água para um banho é de 30°C . Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à temperatura ambiente de um outro reservatório, que se encontra a 25°C .

Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?

- a. 1,111. b. 0,125. c. 0,357. d. 0,428. e. 0,833.

1.4 PROPAGAÇÃO DO CALOR

A cozinha de uma casa é um verdadeiro laboratório de ciência, portanto para abordar a transferência de calor que ocorre de forma natural do corpo quente para o corpo frio, podemos investigar sobre a utilização de uma panela que realiza o cozimento de algum alimento, e para isso é colocada sobre a chama de um fogão a gás. Nesta situação, os processos de troca de calor, são a condução, a convecção e a radiação térmica.

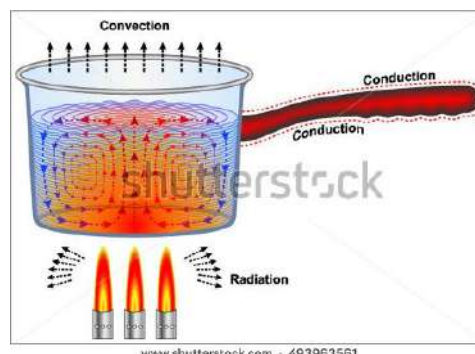


Figura 22 - Formas de transmissão de energia térmica

Ainda em torno dos materiais que constituem a panela é possível aprender sobre materiais que são isolantes ou condutores térmicos, definidos assim por uma propriedade denominada de coeficiente de condutividade térmica (CCT). Na próxima tabela traz-se os valores do CCT para diferentes substâncias, que representam a quantidade de calor (em joules) conduzida entre as paredes paralelas de um cubo de espessura de um metro, por unidade de tempo em segundo, para a diferença de um kelvin entre as duas faces do cubo. Ainda se coloca a lei da condução térmica, definida como sendo $Q/\Delta t$ (energia transferida como calor por segundo).

Condutividade térmica

$$\frac{Q}{\Delta t} = KA \frac{\Delta\theta}{L}$$

Q – Energia transferida como calor - J
 Δt – intervalo de tempo - s
 K – condutividade térmica - W/(m.K)
 A – área – m²
 L – espessura – m
 $\Delta\theta$ – variação de temperatura – K

$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$

Lei da condução térmica

$$\frac{Q}{\Delta t} = K \cdot A \cdot \frac{\Delta\theta}{L}$$

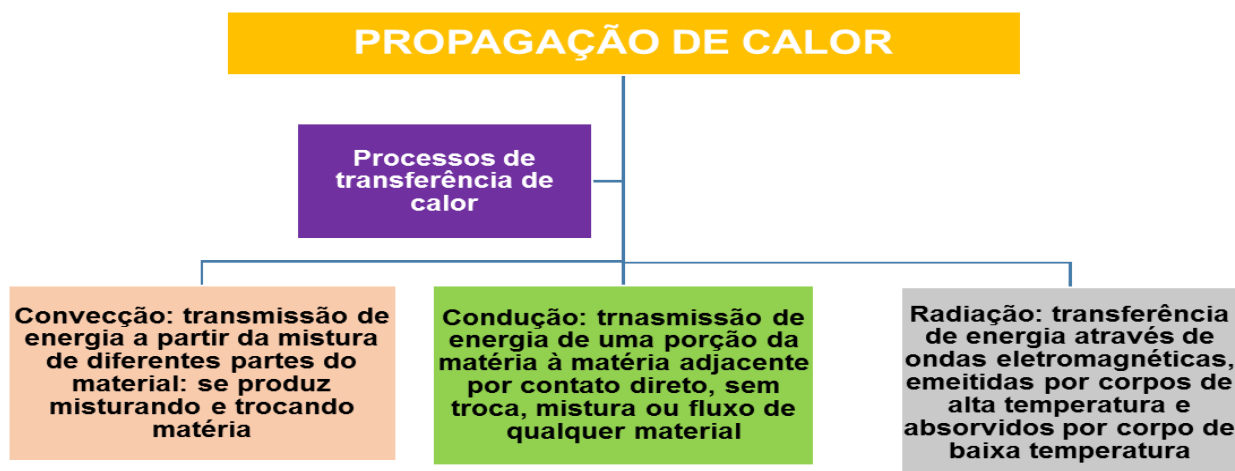
Área (m²)
 Diferença de temperatura (K)
 Energia transferida como calor por segundo (J/s)
 Condutividade térmica (W m⁻¹ K⁻¹)
 Espessura (m)

11

Figura 23 - Condução térmica.

Material	Condutividade térmica [W/(m.K)]
Metais	35 (chumbo) 381 (cobre)
Betão	1,63 - 2,74
Água	0,60 (líquida) - 2,50 (gelo)
Cimento	0,35 - 1,40
Tijolo maciço	0,72 - 0,90
Blocos de betão	0,35 - 0,79
Tijolo oco	0,49 - 0,76
Estuque de gesso	0,26 - 0,30
Tijolo multi-alveolar	0,20 - 0,30
Madeiras, lâminas	0,10 - 0,21
Betão celular	0,09 - 0,18
Isolamentos	0,026 - 0,050
Ar (sem convecção)	0,026

A seguir coloca-se um quadro resumo das formas de transferência de calor, com suas principais características:



1.5 LEI ZERO DA TERMODINÂMICA

GASES QUE EXPANDEM!

O que aconteceria se colocássemos uma rolha, daquelas que tampam garrafas de vinho feitas de cortiças, para tapar o bico da chaleira por onde sai o jato de vapor?

Aumentaria a temperatura do vapor de água aprisionado no interior da chaleira e conseqüentemente a pressão do vapor de água, e com a tendência da sua expansão o vapor de água empurraria a rolha que veda o bico da chaleira, provocando o seu lançamento pela cozinha, algo parecido com o efeito de uma explosão. Destas que ocorrem no cilindro dentro de um motor de automóvel.



Figura 24: Trocas de calor.

A água em fervura, recebendo calor da fonte térmica do fogareiro em chamas, evapora tornando-se vapor à temperatura alta, o que faz com que a pressão do sistema aumente. Como o volume do gás (volume do recipiente) permanece o mesmo, a rolha utilizada como tampa que pode ser removida facilmente é expulsa obliquamente acompanhando o ângulo da chaleira. Esse fenômeno pode ser observado também pode ser observado em um dos tempos motores do funcionamento de um motor a combustão interna (o de um automóvel, por exemplo). Mas, os motores atuais possuem uma história que se remete a Grécia antiga, como a máquina térmica de Heron de Alexandria (130 a. C.) ilustrada na figura 7 em página anterior, até a máquina térmica à vapor do Engenheiro escocês James Watt (1736 - 1819), passando pelos estudos de máquinas a vapor do médico, físico e

inventor francês Denis Papin (1647 - 1712) entre elas a “marmita de Papin” que deu origem a panela de pressão que hoje conhecemos. A seguir colocamos como ilustração a máquina a vapor de James Watt e a “marmita de Papin” e a idealização da máquina à vapor de Papin:

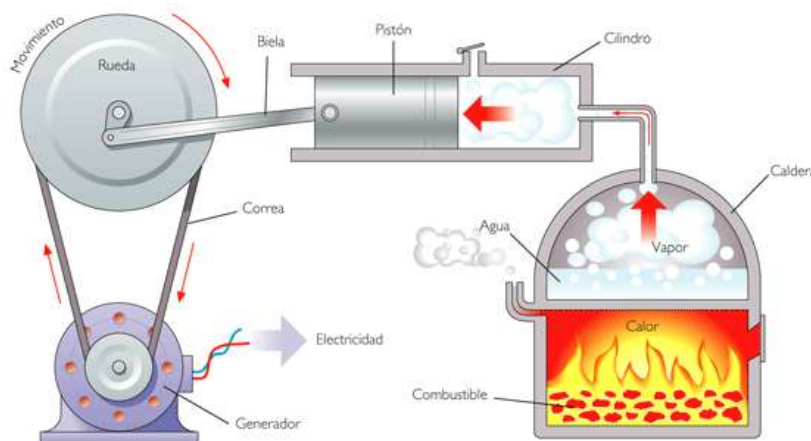


Figura 25 - Ilustração da máquina à vapor de James Watt



www.shutterstock.com · 75211825



Figura 26 - À esquerda uma ilustração da "marmita de Papin" e a direita uma ilustração da máquina térmica de Denis Papin

Agora para começar a compreender melhor o funcionamento de um motor a combustão interna conforme o ciclo Otto de quatro tempos, assista o vídeo e faça a leitura sobre o texto explicativo sobre os tempos ou etapas do ciclo Otto, em seguida manipule a atividade I de simulação proposta, e responda as questões colocadas na atividade II.

O motor quatro tempos do ciclo Otto:
<https://www.youtube.com/watch?v=H894Op8D9rk>

MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

Quase todos os carros atualmente usam o que é chamado de ciclo de combustão de 4 tempos para converter a gasolina em movimento. Ele também é conhecido como ciclo Otto, em homenagem a Nikolaus Otto, que o inventou em 1867. Os 4 tempos são:

- 1 - Admissão
- 2 - Compressão
- 3 - Explosão e expansão
- 4 - Escapamento

Retomando o último vídeo que ilustrou a sincronia entre os cilindros e os tempos motores, conforme a figura a seguir



www.shutterstock.com · 593821253

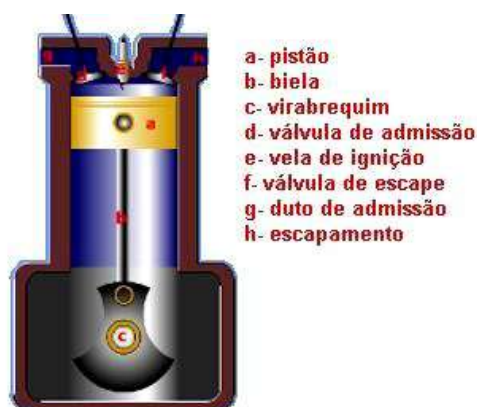


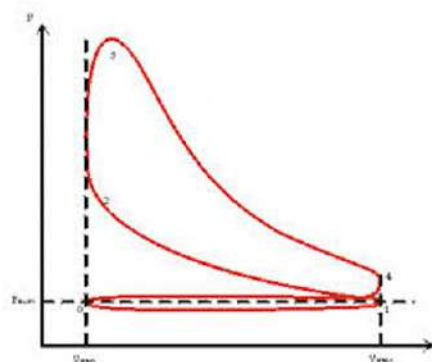
Figura 27 - Quatro tempos do ciclo Otto

DIAGRAMA PRESSÃO VERSUS VOLUME DO MOTOR QUATRO TEMPOS

TEÓRICO DO CICLO OTTO



REAL DO CICLO OTTO



1º Tempo - **ADMISSÃO**: O pistão desce enquanto aspira uma mistura gasosa de ar e combustível que pode ser gasolina, gás ou álcool, que entra no cilindro através da válvula de admissão (os motores a diesel admitem apenas ar). Durante esse tempo a válvula de escape permanece fechada para que a mistura não saia. A pressão máxima atingida é menor que 1 atmosfera, mantendo-se constante (processo isobárico) e a temperatura fica entre 340 e 400K.

2º Tempo: **COMPRESSÃO**: A válvula de admissão se fecha enquanto o pistão se move para cima, devido a inércia do virabrequim, comprimindo a mistura gasosa. Nesse tempo, além do aumento de pressão que fica entre 8 e 15 atm, há um aumento de temperatura que fica entre 600 e 750K, porém é um processo adiabático, pois não há transferência de calor nem para fora nem para dentro da mistura.

3º Tempo: **EXPLOÇÃO E EXPANSÃO**: Quando ocorre a máxima compressão uma centelha elétrica na vela de ignição provoca uma explosão que causa um aumento de temperatura, de 2300 a 2700K, nos gases resultantes e um aumento de pressão que fica entre 30 e 50 atm., no interior do cilindro, resultando na expansão da mistura gasosa. Também é um processo adiabático.

4º Tempo: **ESCAPAMENTO**: No final da expansão a temperatura fica na faixa de 900 a 1100 K e a pressão fica na faixa de 4 a 6 atm. Abre-se então a válvula de escape e praticamente sem variar o volume, o gás que se encontra no interior do cilindro escapa para a atmosfera, reduzindo-se a pressão a 1 atm. A seguir, ainda com a válvula aberta, o pistão sobe, retomando o volume mínimo, expulsando quase todo o gás restante para a atmosfera. Assim se completou o ciclo, pois o volume e a pressão no interior do cilindro voltaram aos seus valores no início do 1o tempo. Então, a válvula de admissão novamente se abre, reiniciando-se um novo ciclo.

ATIVIDADE I

1. Agora você terá a oportunidade de compreender cada um dos tempos motores do ciclo Otto, manipulando simulador colocado no link a seguir: <http://www.stefanelli.eng.br/webpage/automobilistica/motor-4-tempos-funcionamento-ciclo-otto-fagulha.html>. Você observará a figura a seguir na tela do seu computador:

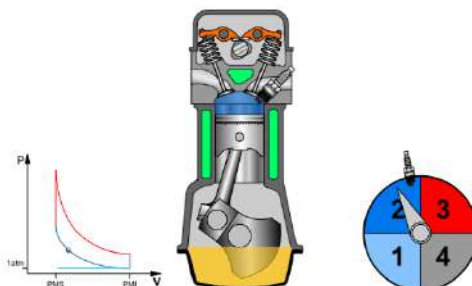


Figura 28: Imagem da simulação.

Fonte: <http://www.stefanelli.eng.br/ciclo-otto-motor-quatro-tempos>.

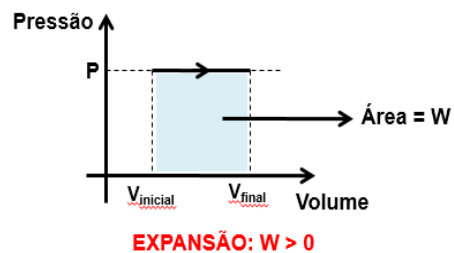
2. O círculo colorido à direita da figura indica o controle de cada etapa do ciclo Otto, incluindo a parte em que ocorrerá a faísca para detonar a explosão do terceiro tempo. Para simular basta utilizar o mouse do seu computador, ou então o touchpad do seu notebook, posicionando o cursor da tela sobre a ponteira que existe sobre o círculo colorido, você poderá controlar o ritmo do ciclo, ou simplesmente para na etapa que desejar realizar a análise.
3. Enquanto realiza a simulação atente-se para o diagrama a esquerda da representação do cilindro, ele representa a relação entre a pressão e o volume, em cada etapa do ciclo, **e procure relacionar a simulação com o texto explicativo sobre os tempos motores**. Realize a atividade II.

ATIVIDADE II: Realize uma entrevista com um mecânico ou consulte um manual de automóvel. A seguir, apresenta-se uma sugestão de pauta para a sua investigação jornalística junto ao técnico em mecânica. Você poderá acrescentar outras questões.

1. Considerando um motor quatro tempos, quais as suas partes principais?
2. Como descrever para um curioso em mecânica o funcionamento de um motor quatro tempos? E também o funcionamento do motor dois tempos? Quais as semelhanças e as diferenças entre esses dois tipos de motores?
3. Admitindo que os motores funcionam com diferentes tipos de combustível, quais as diferenças do funcionamento dos motores a gasolina e/ou álcool e o gás natural veicular? E a diesel?
4. O que significa cilindradas de um motor?
5. Os motores a combustão de 4 tempos só realizam trabalho no 3º tempo e o de 2 tempos no 2º tempo. Como o motor obtém o impulso para começar a funcionar?
6. Quando queremos aumentar a velocidade do carro, acionamos o acelerador. Como o pedal do acelerador interfere no ciclo do motor?
7. O sistema de injeção de combustível tem a função de misturar o ar com o vapor do combustível na proporção de 12 a 15 partes de ar para 1 de combustível (por unidade de massa) e controlar a quantidade desta mistura, através de uma válvula que se abre quando o pedal do acelerador é pressionado ou solto, liberando maior ou menor quantidade da mistura combustível. Com esta informação determine o quanto de combustível é borrifado por vez em um cilindro de um automóvel 1000 cilindradas?
8. Os motores são diferentes em quantidade de cilindros e aos ciclos de funcionamento que podem ser de dois tempos ou quatro tempos. Mas como é produzido o movimento desses motores?
9. Qual a diferença dos motores 1.0, 2.0 e 2.8? Por que?

1.2.2 Calculando o Trabalho Realizado por um Gás

Quando um gás sofre uma transformação à pressão constante (isobárica), o diagrama da pressão pelo volume (isobárica), o diagrama da pressão pelo volume é uma reta paralela ao eixo do volume, veja as figuras ao lado:

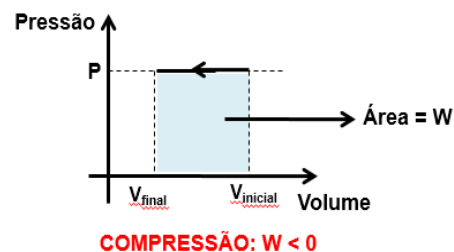


Pode-se escrever uma expressão matemática que relaciona o trabalho (W), a pressão (P) e a variação do volume (ΔV) sofrida pela substância gasosa.

$$W = P \cdot \Delta V$$

onde:

$$\Delta V = V_{final} - V_{inicial}$$



Retomando a ideia da água em fervura na chaleira, e quando fechamos a saída do vapor com uma rolha, a seguir assista o vídeo que simula tal experimentação:

VÍDEO SIMULANDO O TRABALHO REALIZADO POR UM GÁS EM EXPANSÃO: <https://www.youtube.com/watch?v=ReN4RLUajrU>



Figura 29 - “Explosão da rolha”

Considerações para reflexão sobre o experimento a partir do vídeo:

Nas máquinas térmicas, ocorrem a variação da energia interna da substância que a opera (vapor de água ou gases resultantes da queima de combustíveis) e o **trabalho que elas realizam** quando essa substância está em condições de empurrar o pistão. Ou seja, o funcionamento das máquinas térmicas envolve aumento de energia interna da substância de operação e trabalho, e ambos dependem da quantidade de energia, na forma de calor, que foi transferida à substância.

- No caso do balão tapado com a rolha sobre o aquecedor e do lançamento da rolha, quem cede calor (fonte quente) ao gás (vapor de água), para produzir o trabalho sobre o pistão (rolha)?
- Todo o calor do aquecedor é convertido em trabalho para o lançamento da rolha? Explique!
- Considerando o terceiro tempo motor do ciclo Otto, quando ocorre a explosão do combustível, todo o calor liberado na explosão é convertido integralmente em trabalho empurrando o pistão? Por que?
- Considerando o princípio da conservação de energia, e chamando o calor externo fornecido do aquecedor para o gás de ΔQ , a variação da energia interna do gás de ΔU e o trabalho realizado de W e, ainda, considerando que o trabalho representa a quantidade de energia útil (aproveitada) e a variação da energia interna, a quantidade que se “perde” (não é aproveitada), escreva uma expressão que relacione estas três grandezas.

$$\Delta Q = W + \Delta U$$

A expressão acima é uma maneira mais ampla de formular o princípio da conservação da energia, incluindo não só a energia mecânica, mas também a térmica. Ela recebe o nome de **PRIMEIRO PRINCÍPIO DA TERMODINÂMICA**. A ilustração ao lado, representa esquematicamente este princípio.

Se você prestou atenção no experimento e no esquema de uma máquina térmica, a energia é transferida de uma fonte quente para uma fonte fria, obtendo trabalho e um subproduto em forma de calor (a máquina esquenta).

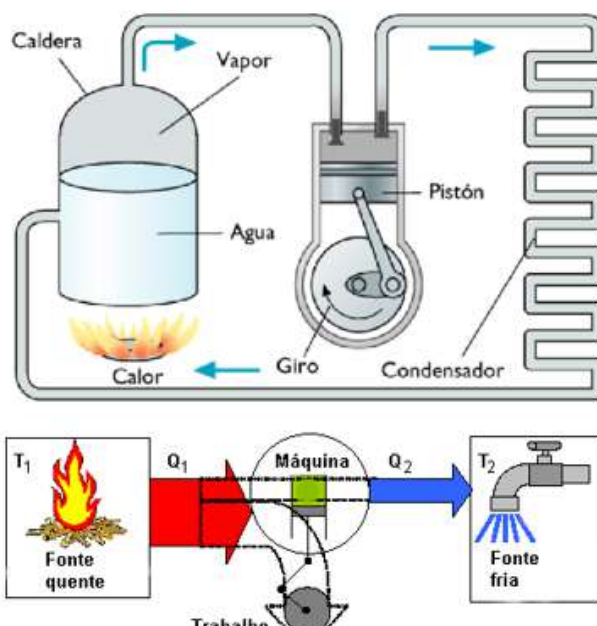


Figura 30 - Representações de máquinas térmicas.

Do ponto de vista energético, seria possível a fonte fria fornecer calor à fonte quente? E se for possível acontece?

(Para responder estas questões na próxima seção serão trabalhados o saber entropia e o princípio da irreversibilidade).

1.6 MÁQUINAS TÉRMICAS

Assista o vídeo a seguir:

Vídeo documentário: O túnel do tempo:
<https://www.youtube.com/watch?v=-qi8dFBXZR4>

Existe algum impedimento, em termos de conservação de energia, para que a vizinhança reconstrua a taça dos estilhaços?



I.PROBLEMATIZAÇÃO: algumas coisas não acontecem porque violam a conservação da energia (1ª lei da termodinâmica). Porém, nem tudo que respeita a lei da conservação da energia pode acontecer! Por exemplo, vamos recordar do vídeo que ilustrou quando uma taça de cristal com vinho, abandonada de uma certa altura, ao se chocar com o chão ela quebra e lança estilhaços em todas as direções. É sabido, que não houve perda e tampouco criação de energia no evento da taça quebrada e estilhaçada, entretanto ocorreram várias transformações de energia envolvendo sistema taça, vinho e o com a vizinhança nos arredores da taça, ou da figura 30 ao lado que retrata uma garrafa quebrando.

Figura 31 - Garrafa quebrando no chão

Procure refletir sobre as seguintes questões, depois disserte sobre as questões colocadas:

a. Do ponto de vista da primeira lei da termodinâmica (alicerçado no princípio de conservação de energia), existe algum impedimento de que por exemplo a vizinhança a taça estilhaçada, por exemplo as moléculas que constituem a atmosfera ao seu redor, possam recombina as partículas da taça e ela voltasse a sua forma antes de ser quebrada? (Justifique a sua resposta).

b. Falta uma lei que diga o que pode e o que não pode acontecer, que diga em que sentido energia prefere fluir? Algo que indique a seta do tempo!

II. OBSERVAÇÃO INICIAL

Assista o vídeo que mostra o que acontece quando se pinga uma gota de tinta em um recipiente com água. Obviamente ele espalha. Por que a gota de tinta se espalha?

Vídeo de apoio do experimento da gota de tinta que se espalha na água: <https://www.youtube.com/watch?v=c50PV-9j1BM>.

Desafio: admitindo a primeira lei da termodinâmica (que se trata de um princípio de conservação de energia), existe a possibilidade da água do recipiente contribuir e formar a gota na sua forma inicial.

a) Espontaneamente o processo de juntar a gota ocorre? Existe algum impedimento em termos da primeira lei da termodinâmica que proíbe tal evento? Justifique a sua resposta.

b) Este é um processo unidirecional irreversível. Mas, se ele fosse reversível (isto é, por conta própria ele faria a sequência inversa para vir a formar uma gota de corante novamente) estaria violando alguma outra lei da física?

1.2.4 Postulado da Entropia

Comumente, a entropia é entendida como uma medida da desordem do universo. Possivelmente, esta é a maneira mais fácil de compreender, principalmente por pessoas leigas. Isto porque a ordem, seja lá qual for, é sempre um estado muito particular e estatisticamente pouco provável. Assim, dentro do que já discutimos, podemos expressar a propriedade central da entropia:



Figura 32: Água em ebulição.

“Se um processo irreversível ocorre num sistema *fechado*, a entropia S do sistema sempre aumenta; ela nunca diminui.”

Existe duas maneiras equivalentes para se definir a variação na entropia de um sistema:

- Em termos de temperatura do sistema e da energia que ele ganha ou perde na forma de calor;
- Contando as maneiras nas quais os átomos ou moléculas que compõem o sistema podem ser arranjados.

Você observará o segundo método, que é chamado de abordagem estatística da entropia.

1.2.5 Atividade: Filme de Bolinhas de Gude, Associado com seu Grau de Liberdade

Sobre uma bancada há um recipiente, constituído de dois compartimentos que se comunicam por uma fenda. Além disso, dentro do recipiente existem cinquenta e oito bolinhas de gude, como mostra a figura a seguir.



Figura 33 - Recipiente com as bolinhas no compartimento da esquerda

EXPERIMENTO:

➤ Agora como procedimento experimental você em primeiro lugar acessará o link do vídeo a seguir:

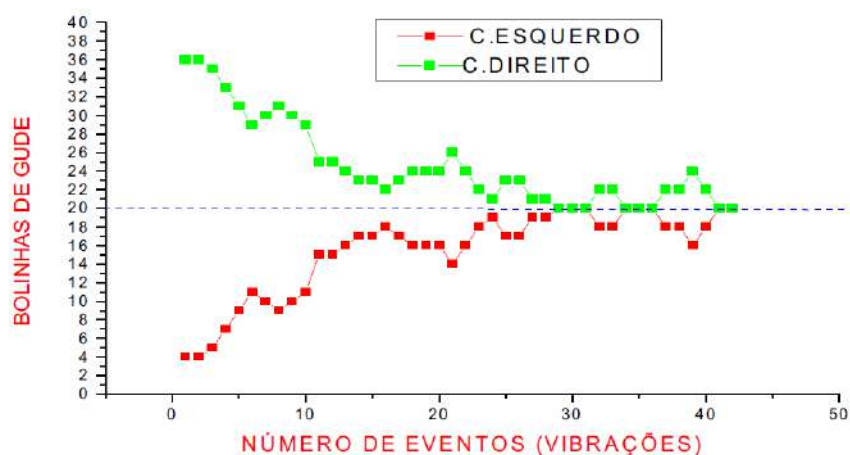
Vídeo do experimento do modelo de agitação de partículas:
<https://youtu.be/aHoGZ0dqx8U>

- No vídeo acessado no Canal do Youtube, utilizando a tecla “espaço” você irá pausar o vídeo a cada movimentação do recipiente de uma ida e uma volta, com a mesma tecla deixará o vídeo rodar e pausando o novamente depois de uma ida e uma volta.
- Em cada imagem pausada você contará quantas esferas estão no compartimento da direita, e conseqüentemente saberá quantas esferas estão do lado esquerdo. Assim preencha a tabela a seguir:

Número de eventos (agitadas/idas e voltas)	Número de bolinhas de gude em cada compartimento	
	Compartimento da esquerda	Compartimento da direita
00	58	0
01		
02		
03		
04		
05		
06		
07		
08		
09		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

- Considerações: Consultando a tabela percebe-se que à medida que aumenta o número de eventos, o número de bolinhas em ambos os compartimentos tende a

se igualar, tendo em vista que, o número de microestados de maior probabilidade de acontecer é aquele em as bolinhas se dividem igualmente em ambos os compartimentos. Para confirmar esta observação, observe o gráfico a seguir do número de eventos x número de esferas.



- Enunciado de Clausius para a segunda lei da termodinâmica: ***O calor não flui espontaneamente da fonte fria para a fonte quente.***
- Enunciado de Kelvin-Planck para a segunda lei da termodinâmica: ***É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.***

1.2.6 A Flecha do Tempo

O tempo tem um sentido, o sentido no qual envelhecemos. Estamos acostumados com processos unidirecionais - ou seja, processos que podem ocorrer numa certa sequência (o sentido correto) e nunca na sequência inversa (o sentido errado). Quando um saco de pipocas é aquecido em um forno de micro-ondas, os grãos de milho explodem em flocos macios comestíveis que são um lanche perfeito para assistir um programa de TV, um filme ou um jogo de futebol. Contudo, se você decidir remover energia térmica dos grãos estourados colocando-os em um refrigerador, eles nunca voltarão ao seu estado original. Por que um processo que ocorreu em um forno não pode ser revertido, como um videotape rodado para trás? O QUE NO MUNDO ATRIBUI AO TEMPO UM SENTIDO DE EVOLUÇÃO? A chave para a compreensão de por que processos unidirecionais não podem ser invertidos envolve uma grandeza conhecida como ENTROPIA. Comumente, a entropia é entendida como uma medida da desordem do universo. Possivelmente, esta é a maneira mais fácil de compreendê-la, principalmente por pessoas leigas. Isto porque a ordem, seja lá qual for, é sempre um estado particular e estatisticamente pouco provável. Assim, dentro do que já foi discutido, postulamos a propriedade central da entropia: “Se um processo irreversível ocorre num sistema fechado, a entropia S do sistema sempre aumenta; ela nunca diminui”. Neste sentido, fazendo uso da proposta de Monteiro, Germano *et al* (2009), passamos a uma atividade a qual chamamos de *visão estatística da entropia*.

A ENTROPIA E O TEMPO

I. O QUE É O TEMPO? (DO PONTO DE VISTA NATURAL E DO PONTO DE VISTA DO SUJEITO)

Não há resposta única e definitiva, entramos no campo filosófico, do contraditório e da dialética, portanto o conceito de tempo vem sendo transformado, com trocadilho, ao longo do tempo.

- **Ponto de vista do sujeito/o tempo como uma invenção humana/nós criamos o tempo:** surge da nossa experiência com o tempo, sensorialmente como sentimos o tempo, ou seja, nossa percepção dos eventos que acontecem no tempo e com uma certa organização crescente, um determinado sentido, ou melhor um certo ordenamento. Por exemplo, experimentamos, para quem tem irmãos mais jovens, que o nascimento precedeu a infância e que provavelmente precederá a velhice, diferencio o passado, do presente e do futuro, enfim o tempo sempre está passando em um sentido. Sem as viagens metafísicas e nonsense do filme “O curioso caso de Benjamin Button”:



Figura 34 - *Print* do filme "O curioso caso de Benjamin Button"

- **Ponto de vista naturalista/o tempo existe independente da mente humana:** diferencia a experiência subjetiva do sujeito com o tempo do que objetivamente o tempo é definido segundo algumas vertentes filosóficas construídas, ou ainda do que seria realmente o tempo independente das construções humanas. Pois, independentemente da existência humana o tempo já existia, antes de percebermos subjetivamente ou objetivamente o tempo aqui já estava. Portanto, apesar de construída objetivamente por humanos, temos que pensar no surgimento do tempo antes da percepção humana, com sensações de tempo sentidas pelo seu relógio biológico, associado normalmente com ciclos que se completam, por exemplo eventos do dia ou da noite, ou de uma sequência de dia e noite. E, aqui é o pensamento divergente que nos auxiliará no entendimento do tempo.

II. OS PROBLEMAS DO TEMPO/em uma perspectiva naturalista/independente da nossa mente o tempo existe

a. Problema: o tempo é contínuo ou discreto? Como medir o tempo?

A segunda pergunta é relativamente fácil de responder, existe várias maneiras de se medir o tempo, que se resume a contagem de ciclos, por segundo ou por dia ou por ano, mostra respectivamente a contagem de ciclos de um pêndulo, de uma rotação da Terra em torno do seu próprio eixo, ou de uma translação do planeta Terra em torno do Sol. E, os registros em um relógio de pêndulo, catálogo de um calendário. Enfim, toda medição de tempo é uma contagem de ciclos.

E, o micro tempo: aqui em relação a primeira pergunta, muito mais complexa de responder, pois embora já medimos tempos muito pequenos na casa do milissegundo, microssegundo ou nano segundo, será que chegaremos ao intervalo de menor tempo, ou seja, isolar um instante de tempo. Ou será que não é possível e o tempo é algo contínuo e o máximo que conseguiremos em tal continuidade seria medir intervalos de tempo muito pequenos. Portanto, retornando a pergunta original o tempo seria uma grandeza discreta ou contínua? Advinha não conseguimos responder tal questão, pois não conseguimos ir para um tempo infinitamente pequeno, portanto entramos em uma discussão filosófica, com o contraditório entre encontrar o instante mínimo de tempo ou concluir da sua continuidade e, apenas podemos assumir posturas contraditórias nos posicionamentos, mas sem chegar na física da coisa, portanto podemos nos situar em uma espécie da filosofia da física aqui.

Esta questão filosófica do tempo ser ou não formado de infinitos unidades de instantes, já é um problema antigo dos tempos dos gregos, como por exemplo colocado por Zenão de Eléia/pré-socrático (490 a.C. - 430 a.C.), com um dos seus paradoxos, conhecidos, pois, foram colocados por Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), que argumentava não é possível dividir o tempo em pedaços muito pequenos, pois para ele o tempo estaria relacionado com o movimento, em outras palavras deveria existir mudança de posição de um objeto, por exemplo se considerarmos que algo se moveu é porque saiu do repouso e determinado instante e depois de se mover retornará a sua posição de repouso em outro instante. O tempo seria a medida entre esses dois instantes, portanto não um instante de tempo, mas a medida entre estes dois instantes de tempo. Portanto, segundo o pensamento aristotélico a ORDEM TEMPORAL deriva da ORDENAÇÃO ESPACIAL DE TRECHOS DE MOVIMENTO. Aqui já deriva a ideia da ordem relacionada com um CONTEÚDO EM TRANSFORMAÇÃO, que depois associaremos com o termo ENTROPIA. Portanto a intenção de Aristóteles era mostrar que o tempo não é possível isolar um instante, mas sim medir o tempo transcorrido em um trecho do tempo contínuo. Por exemplo, quando eu faço toc toc na mesa, não significa que eu quebrei o tempo em dois instantes, mas que foi estabelecido o intervalo de tempo entre os dois toc toc, no fluxo contínuo do tempo.

Como Aristóteles resolveu o paradoxo de Zenão (Aquiles e a tartaruga), para evidenciar segundo a continuidade do tempo. A seguir a representação do paradoxo:

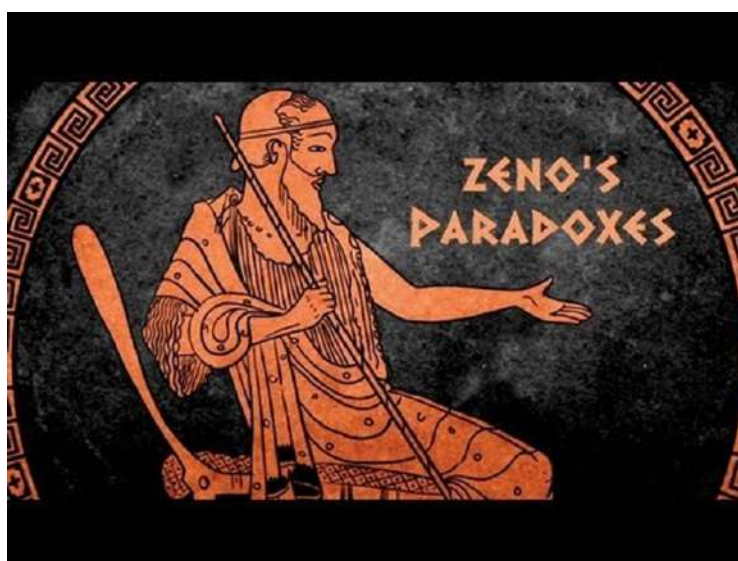


Figura 35 - Le paradoxe de Zénon/O paradoxo de Zenão.

Fonte: <https://fabulassonhadas.wordpress.com/2018/11/21/le-paradoxe-de-zenon-o-paradoxo-de-zenao>

Vamos imaginar, por hipótese do tempo discreto podendo ser dividido em infinitos instantes de tempo, bom quando Aquiles percorrer a distância correspondente a posição e o instante que a tartaruga estava, ela já terá avançado, então novamente dividimos em infinitos instantes o tempo correspondente até as novas posições de Aquiles e a tartaruga, e novamente quando Aquiles atingir a posição da tartaruga no instante correspondente, o que terá acontecido com a tartaruga, ela terá avançado para outra posição e novamente a nova divisão. E assim sucessivamente Aquiles nunca chegaria na tartaruga. Para compreender melhor acesse o link do vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=6D2koaec-b4>.



Figura 35 - Print de uma cena do vídeo: 60 Segundos de Aventuras no Pensamento.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=6D2koaec-b4>

Em seguida, depois de explicar o paradoxo, passar o vídeo do Aquiles e a tartaruga. Bom existem diferentes maneiras para resolver o paradoxo proposto por Zenão, o proposto por Aristóteles é simples, não é possível dividir o tempo em infinitos instantes, mas tarde reforçado pelo Filósofo Henry Bergson (1859-1941)

reforça a continuidade do tempo. A matemática resolverá de outra forma, mesmo considerando os tempos discretos através do cálculo integral e diferencial.

Aqui uma possível origem da flecha do tempo, que se inicia com o paradoxo de Zenão, sobre o paradoxo da Flecha, que supostamente uma das respostas é tratar o tempo como contínuo e não discreto:

Paradoxo da Flecha. Vamos supor, novamente, que espaço e tempo são quantizados, contudo, as suas partes são pontuais e instantâneas. Um arqueiro lança uma flecha, esta, por sua vez adquire movimento. A cada instante de tempo, a flecha ocupa um volume no espaço, e isso, segundo Zenão, mostra que ela está parada nesse instante. Temos uma contradição da nossa hipótese inicial de que ela está se movendo. Logo, o movimento de fato não existe e é apenas uma ilusão criada pelos nossos sentidos.

b. Como é a estrutura macroscópica do tempo? O tempo é linear ou será que ele é cíclico?

O próprio Nietzsche (1844-1900) considerava o tempo como cíclico, que aparece em uma das suas ideias sobre “o eterno retorno”. Por exemplo, para o cálice que se quebra ao bater no chão depois de cair de uma certa altura, será que ele poderia retornar a sua condição inicial de forma de taça, existe a possibilidade com uma probabilidade muito pequena que sim, entretanto para que a vizinhança da taça devolvesse para ela a energia transferida durante a sua quebradura, possui uma possibilidade tão pequena que levaria um tempo correspondente a uma eternidade.

Para Newton “O tempo, absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e da sua própria natureza flui uniformemente sem relação a qualquer fator externo, e é também chamado de duração” (PRINCIPIA, 1687).

O não retorno ao estado original da taça é o que chamamos princípio da irreversibilidade do tempo, relaciona-se com o fato com algumas coisas que não são irreversíveis. Você quebrar um copo não é reversível, ao menos não espontaneamente (claro que um ser humano poderia ir lá e juntar caco por caco e colar cada pedacinho de vidro, mas não seria espontâneo). Ou seja, esta propriedade da não reversibilidade trata-se de uma propriedade do nosso mundo macroscópico, ou seja, do nosso mundo da vida, o mundo grande que nós estamos acostumados e que conhecemos. O mundo macro é irreversível, por exemplo, no final de semana coloco dentro de uma caixa térmica, uma caixa de isopor, um frango com farofa recém assado, portantoquentinho, com algumas cervejas sem álcool bem geladas e vou para uma farofada no rio Nhundiaquara/Morretes, chegando lá a cerveja e o frango com farofa estarão mornos. Por que não acontece o contrário? O frango mais quente e a cerveja ainda mais gelada. Em outras palavras porque não acontece um fluxo de energia da cerveja gelada para o frango quente, deixando a cerveja ainda mais gelada e o frango ainda mais quente? Isto não estaria violando o princípio da conservação da energia, inclusive do ponto de vista da conservação este fluxo do frio para o quente não é proibido. Entretanto, não é isto que acontece!

De tal constatação da fluidez sempre do quente para o frio, que os físicos no século XIX, enunciaram a segunda lei da termodinâmica “É impossível haver transferência espontânea de calor de um objeto frio para outro mais quente”, por Rudolph Julius Emmanuel Clausius (1822-1888).

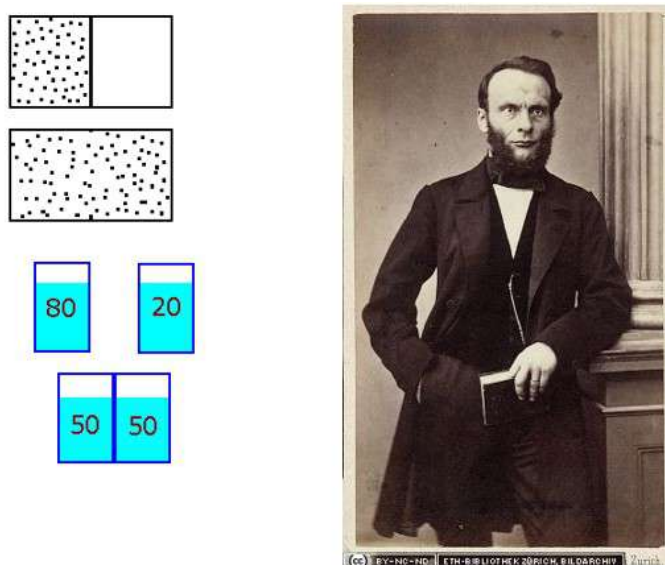


Figura 36 - cópia de fotografia da internet de Julius Emmanuel Clausius.
 Fonte: <https://www.alamy.es/clausius-rudolf-emanuel-1822-1888->

Para visualizar alguns exemplos de fenômenos irreversíveis e reversíveis assista o vídeo no link: <https://youtu.be/erLMEs5iGg8>.

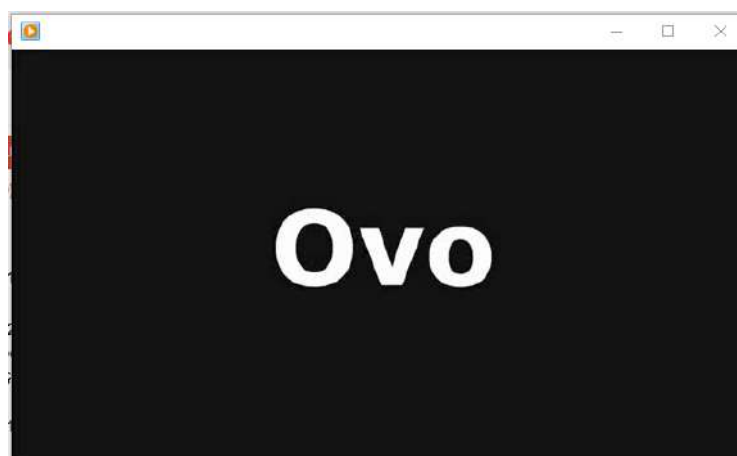


Figura 37 - *Print* do vídeo de processos irreversíveis e reversíveis
 Fonte: <https://youtu.be/erLMEs5iGg8>

No fenômeno reversível no tempo, não é possível diferenciar o antes do depois. Já no fenômeno irreversível no tempo é possível diferenciar o antes do depois. Portanto, fica claro em fenômenos macroscópicos espontâneos; mas não é percebido em fenômenos reversíveis. Cunhando um conceito chamado de entropia, que está relacionada com a irreversibilidade dos fenômenos no tempo. Entretanto somente funciona no mundo macro, mas não no mundo microscópico, veja o link do vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=laNfYby0Luk>, sobre a reversibilidade no mundo micro, em que a segunda lei no mundo quântico é violada. Por exemplo, se filmar os átomos e passar o filme para trás não surgirá diferença.

5 AS VIVÊNCIAS DOS ESTUDANTES NA CULTURA DE LABORATÓRIO

Durante a pesquisa acompanhamos os estudantes tanto na sala de aula quanto no seu mundo cotidiano, com a intenção de percebermos se adquiriram, ao menos parcialmente, do *modus operandi* do refletir, fazer e explicar ciência sob a epistemologia da *CultLab*. Escolhemos a abordagem qualitativa de investigação com a intenção de descrevermos parcialmente a complexidade dos contextos sociais presentes nas atitudes e nas manifestações escritas e faladas dos alunos, elementos presentes nas suas vivências cotidianas. Essas, por hipótese, aperfeiçoadas por meio do letramento científico. A partir daí, que a pesquisa qualitativa se fez necessária no sentido de Oliveira (2008) buscar:

Compreender e classificar determinados processos sociais, oferecer contribuições no processo de mudanças, criação ou formação de opiniões de determinados grupos e interpretações das particularidades dos comportamentos ou atitudes dos indivíduos. (OLIVEIRA, 2008, p. 58).

O mote da investigação surgiu das relações de trabalho em termos administrativos e acadêmicos a partir do coletivo da coordenação de Física, da divisão educacional e dos gestores do Colégio Estadual do Paraná, em termos da reformulação da episteme e método do laboratório de Física. O CEP é uma escola pública da rede estadual de ensino do Paraná e localiza-se na capital Curitiba, na sua grande maioria os estudantes advêm da capital e da sua região metropolitana.

Desde a fundação do colégio já se passaram quase dois séculos, sua história funde-se à história do Estado do Paraná, basta observar o nome da instituição de ensino, que recebeu o nome do estado. De certa forma o colégio representa o ensino público paranaense. O CEP também foi palco de uma série de eventos históricos, além de ter sido frequentado por uma série de personalidades como o presidente Jânio Quadros, o senador Roberto Requião, o poeta Paulo Leminski, o escritor Dalton Trevisan e o ator Herson Capri, dentre tantos outros.

Pelo fato do CEP representar o ensino público do estado do Paraná, para além da sua tradição, exige-se dele certo movimento de vanguarda, principalmente na busca de alternativas diferenciadas para contribuir à transformação da educação paranaense, no que diz respeito em promover propostas de ensino que contribuam para a imersão de estudantes no mundo da ciência e da tecnologia. Porém, a tradição enraizada nas estruturas do Colégio Estadual do Paraná impõe uma

posição de retaguarda e um certo reacionarismo diante da contemporaneidade de novas possibilidades de metodologias de ensino.

Entre os espaços funcionais na estrutura do CEP, por exemplo, houve resistência durante décadas às mudanças da utilização do laboratório de Física, que se pautou na metodologia experimental tradicional, conforme evidenciamos em capítulos anteriores. Diante da tradição do laboratório presente na noosfera de ensino de Física do colégio, como promover a transformação desse instrumento diante das resistências do campo composto por professores da coordenação de Física, do setor pedagógico, da gestão do CEP e dos estudantes? Para buscar alternativas para vencer resistências às transformações, escolhi a completa imersão do campo da noosfera que permeia o ensino de Física, para investigar toda a complexidade das vivências das pessoas ao pensarem e fazerem seu trabalho docente, de gestão e discente.

5.1 A INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA DO ENSINO DE FÍSICA DO CEP

Enquanto professor e pesquisador participante, conforme Bogdan e Biklen (1994), imergi no mundo da vida dessas pessoas que se relacionam com o ensino de Física do CEP, para estudar, conhecer e também para me conhecerem, além de registrar por escrito e/ou áudio tudo aquilo que me propus a ouvir e observar. “Consiste na participação real do pesquisador com a comunidade ou grupo. Ele se incorpora ao grupo, confunde-se com ele” (LAKATOS E MARCONI, 2003, p. 194).

Utilizamos a praticidade, no sentido de Flick (2009), ao coletarmos documentos de um contexto específico, em um momento específico e para objetivos específicos. Por exemplo, como os documentos que pesquisamos: registros do laboratório, proposta curricular de Física, diretrizes curriculares estaduais e nacionais, documentos compartilhados da divisão educacional da escola, planos de aula dos professores, sequências didáticas e observações das interações entre os que participaram da investigação de alguma forma.

Na investigação, foi possível fazer a observação das interações, eventos e práticas quando ocorreram e que puderam receber a nossa atenção direta do contexto que aconteceram. Dados multifocais que foram constituídos levando em conta as recomendações de Flick (2009), com a finalidade da estruturação das

interferências para a realização das observações, dos registros das manifestações escritas e/ou faladas dos envolvidos na pesquisa e o perfil de professores e estudantes participantes.

Esses registros dos dados aconteceram na forma de gravações em áudio, audiovisual e fotografias dos eventos, durante nossas interferências nas sequências didáticas no laboratório reformulado, nas apresentações das sínteses dos projetos de IIR e da produção de manuscritos de pesquisas bibliográficas dos estudantes. Sobretudo registros das manifestações dos estudantes em seminários, vídeos e podcasts. Por fim, não abrimos mão do diário de campo para auxiliar nos registros das interações dos envolvidos na investigação quando refletiram, fizeram e explicaram ciência sob a tutela da epistemologia da CultLab.

A construção dos saberes associadas com a metodologia de ensino Cultura de Laboratório resultou das inúmeras intervenções que realizamos ao longo da pesquisa, nos grupos que pertencem ao campo da noosfera do saber a ensinar e do saber ensinado, não necessariamente aprendido. Noosfera composta por professores da coordenação de Física, pedagogos da divisão educacional, estudantes de turmas-piloto. A investigação demandou que tomássemos parte no processo ao planejar e estruturar ações aplicadas com a intenção de influirmos no desenvolvimento ou no desfecho de inúmeras situações presentes no mundo da vida dos que integram a noosfera do ensino de Física do CEP.

Utilizamos o termo “interferência” na perspectiva positiva do vocábulo, pois sabemos do cotidiano que intervenções também podem ser de caráter altruísta e positivo, como aquelas intervenções humanitárias divulgadas nos meios jornalísticos, que primam por diminuir os impactos no mundo da vida das pessoas quando são assoladas por pandemias, desastres ambientais, conflitos armados e outras mazelas sociais.

É na perspectiva positiva que aplicaremos as intervenções no âmbito de letramento científico a partir do ensino de Física da nossa escola, que alinhamos à investigação com os trabalhos de Dubost (1987), Dionne (2007) e Thiollent (2011). Todos autores que:

Valorizam as Pesquisas de Natureza Interventiva como modalidades de investigação úteis para gerar conhecimentos, práticas alternativas/inovadoras e processos colaborativos. Além disso, podemos testar ideias e propostas curriculares, estratégias e recursos didáticos, desenvolver processos formativos, nos quais, os pesquisadores e demais sujeitos envolvidos, atuam na intenção de resolver questões práticas sem deixar de produzir conhecimento sistematizado. (TEIXEIRA; MEGID, 2017, p. 1056).

Para enfrentarmos o problema prático do protocolo tradicional das práticas experimentais que caracterizaram durante décadas o ensino de Física do CEP, em particular o que se praticou no espaço do laboratório didático de Física, optamos em realizar uma “pesquisa de natureza interventiva” (TEIXEIRA; MEGID, 2017) ou pesquisa de intervenção, ou ainda, pesquisa na ação, por oferecerem respostas para problemas de natureza prática como o nosso se encaixa.

Na pesquisa, o conjunto de intervenções permitiu o registro de considerável montante de informações, cuja coleção de dados recebeu formas de categorização, em termos dos eixos teóricos que foram definidos neste trabalho, que permitiram a comparação dos dados para verificar a relevância da Cultura de Laboratório. Diante do denso material empírico e com o processamento das categorias segundo os modelos teóricos definidos, com a intenção orientada por Flick (2009) em reduzir o material para análise a partir dos princípios do design de ensino, princípios que emergiram ao desenvolvermos a proposta de ensino, na intersecção dos pressupostos teóricos e da aplicação dos protótipos da metodologia de ensino em diferentes contextos de ensino e aprendizagem, em termos de instituições de ensino e das turmas de estudantes.

Enfim, dados que representam parte do pensamento e das interações humanas dos nativos do campo investigado a que este observador participante pertence e que está ciente das características do método de pesquisa: da valorização do aqui e agora dos ambientes e das situações do mundo da vida como fundamento da pesquisa e do método, que representa uma maneira de teoria e teorização que tem por princípio interpretar e compreender as vivências humanas.

Neste ponto, precisamos sublinhar de forma inequívoca a modalidade que escolhemos para pesquisar, que apesar das características de planejar as ações, refletir a partir das ações e replanejá-las, características que poderiam levar os leitores deste trabalho a achar que nossa investigação poderia ser do tipo pesquisa-ação, ou então pesquisa participante, justamente por seu caráter também de natureza interventiva, ambas denominações que fazem parte de um quadro ainda

maior e plural de terminologias utilizadas por investigadores para esse tipo de pesquisa com intervenções.

Para Tripp (2005), inúmeras vezes, intervenções empregadas de forma livre, criaram um quadro de enorme confusão, desinformação, equívocos de forma generalizada, ou ainda, na percepção de Chizzoti (2006), uma verdadeira balbúrdia em que há um certo uso livre de algumas definições e rótulos com um certo descuido em relação aos pressupostos epistemológicos, teóricos e metodológicos. Perceba o caso de El Andaloussi (2004, p. 101), a “confusão conceitual que cerca a pesquisa-ação não ajuda a construir uma definição clara e operacional” desse método de pesquisa. Outro viés, é que não podemos deixar de lado a circunstância de que tal multiplicidade de terminologias traduz, em determinada perspectiva, “opções ora diferentes e convergentes, ora desiguais ou mesmo divergentes” (BRANDÃO, 2006, p. 34). É possível que parte da confusão:

Aludida nas linhas anteriores diga respeito ao emprego indiscriminado do referido “rótulo”. Por vezes, o termo *pesquisa-ação* é aplicado para todo e qualquer projeto a envolver pesquisa caminhando junto com intervenção. (TEIXEIRA; MEGID, 2017, p. 1058).

Mas vamos logo afastar essa possibilidade de confusão em identificar o método de pesquisa que utilizamos com alguma outra pesquisa de natureza interventiva, pois apesar do seu caráter intervencionista, sob a ótica epistemológica, metodológica e teórica, trata-se de uma Pesquisa-Aplicação (PA), ou na pluralidade de investigações salientadas por Barbier (2007), poderíamos denominar como o autor de *ação-pesquisa*:

Processo induzido pelos pesquisadores, em função de modalidades que eles propõem, a pesquisa é efetuada pelos autores em situação e sobre a situação destes. A ação parece prioritária nesse tipo de pesquisa, mas as consequências da ação permitem aos pesquisadores explorá-las com fins de pesquisa mais acadêmica. (BARBIER, 2007, p. 43).

Entretanto, ao considerarmos no campo de uma concepção do escopo das pesquisas qualitativas em educação, nos aproximamos de “uma pesquisa sobre a ação quando se trata de estudá-la para compreendê-la e explicar seus efeitos” (CHIZZOTI, 2006, p. 80). Concepção caracterizada por Teixeira e Megid (2017):

Investigações baseadas em projetos nas quais as prioridades de investigação são definidas integralmente pelos pesquisadores. Envolvem o planejamento, a aplicação (execução) e a análise de dados sobre o processo desenvolvido, em geral, tentando delimitar limites e possibilidades daquilo que é testado ou desenvolvido na intervenção. Os processos são

fundamentados em teorias ou outros referenciais do campo específico de estudo. Os objetivos não estão necessariamente voltados para a transformação de uma realidade, mas sim, amiúde, dar contribuições para a geração de conhecimentos e práticas, envolvendo tanto a formação de professores, quanto questões mais diretamente relacionadas aos processos de ensino e aprendizagem, como a testagem de princípios pedagógicos e curriculares (interdisciplinaridade, contextualização, transversalidade, avaliação etc.) e recursos didáticos. Como parte dos trabalhos desenvolvidos nesta modalidade temos pesquisas buscando informações e dados empíricos relativos ao teste de sequências e estratégias didáticas, oficinas, unidades de ensino, materiais didáticos, propostas de programas curriculares, cursos e outros processos formativos, etc. (TEIXEIRA; MEGID, 2017, p. 1068-1069).

Diante disso, segundo Bogdan e Biklen (1994) e Franco (2005), destacamos que na PA investigamos o mundo da vida dos que integram a noosfera do ensino de Física do CEP, além de que as diretrizes da pesquisa permaneceram presas em nossas mãos e nas nossas vistas. Obviamente, por ser a pesquisa de natureza interventiva, outras pessoas como professores, estudantes, pedagogos e gestores, participaram dos processos de intervenção que demandaram nossa fabricação no caminhar da pesquisa, porém sempre na posição inequívoca de sujeitos que foram investigados e que não alcançaram à condição de pesquisadores, por outro lado suas percepções sobre a pesquisa foram consideradas e cuja relevância contribuiu para construção deste trabalho.

Enfim, a Pesquisa-Aplicação constituiu um método peculiar que exigiu um dinamismo decorrente das problematizações abertas, que demandaram constantes realinhamentos em termos epistemológicos durante o caminhar da investigação, a partir dos dados e fatos coletados do mundo cotidiano orgânico e concreto das pessoas, que imprimiram com pertinência a construção na intersecção entre teoria e prática os saberes científicos que pautaram este trabalho nas suas dimensões teórica e metodológica.

Destacamos, conforme Flick (2009), que a pesquisa na ação exige do pesquisador participante uma forma de abordar com um plano de estudo da noosfera que pauta o ensinar e aprender física no CEP em profundidade, de forma perene e por concepção qualitativa, na perspectiva primordial de promover a abertura na constituição de dados, pautada no princípio da comunicação com os observados. Esse método é adequado para se investigar os nativos integrados na proposta de ensino da Cultura de Laboratório, na forma de produto e ambiente de aprendizagem, mas também uma espécie de subcultura dos que pertencem ao campo de investigação.

Na pesquisa, adotamos por fundamento, de uma postura participativa e intervencionista em relação à comunidade do CEP, de uma impulsividade com características democráticas e de uma atitude analítica e sintética suportadas pela religação dos saberes das diferentes ciências, para o enfrentamento da complexidade dos contextos filosóficos, históricos e sociais da noosfera entorno do ensino teórico e experimental na CultLab.

Assim, dispusemo-nos a investigar o quanto a proposta de metodologia de ensino poderia contribuir como instrumento para que os estudantes aperfeiçoassem sua compreensão da complexidade do mundo da vida, em particular diante dos inúmeros assuntos da ciência que lhe são apresentados com narrativas divergentes cotidianamente nos meios informativos. Sejam esses assuntos com impactos sociais, políticos ou econômicos, mas que exigem uma certa racionalidade crítica, que pode ser aperfeiçoada por um letramento científico adquirido através da CultLab, para auxiliar os estudantes na compreensão dos processos e estruturas sociais dentro dos seus contextos filosóficos, sociais e históricos.

Portanto, fez-se necessário a partir da CultLab responsabilizarmo-nos em proporcionar um instrumento de análise sempre crítica das perspectivas de mundo que são vinculados pelos meios de informação, sejam nos meios jornalísticos tradicionais, alternativos ou nas mídias sociais como Face book, Whatsapp e outras. Os estudantes precisam avaliar o que mais lhes parece verdadeiro, preparados a partir de racionalidade crítica pautada em leituras com perspectivas divergentes, com familiarização em transitar em textos que trabalham com ponto e contraponto, para conhecerem as narrativas de temas controversos, além de diferenciarem consenso científico de negação da ciência.

À frente disso, inseridos na realidade da noosfera do LabD Física do CEP, em que não podemos separar o pensar do fazer, tornamo-nos pesquisadores no contexto prático e de vertentes controversas do LabD. O dinamismo da pesquisa demandou a construção de um outro design de ensino. De tal forma que investigamos a realidade do laboratório de Física para provocar a sua mudança. Assim, surgiu a proposta de ensino da Cultura de Laboratório, para mudar a realidade social e educacional desse espaço de aprendizagem através da mudança da epistemologia que pauta as suas práticas.

Realizamos cuidadosamente a escolha da metodologia de pesquisa, para produzirmos um trabalho com relevância e que possa vir a contribuir em termos de

propostas de ensino. A escolha ajudou a enfrentarmos os problemas de natureza complexa existentes na prática educacional do ensino de Física do CEP. Até porque Plomp (2018) chama atenção de que há sinais de aparente irrelevância de uma gama considerável de pesquisas em educação para com o escopo de aperfeiçoar práticas educacionais. Basta vermos, por exemplo, a declaração do *Design Research Collective* (2003, p. 5):

A pesquisa em educação está frequentemente divorciada dos problemas e questões do dia a dia - um afastamento que resulta em uma lacuna de credibilidade e cria a necessidade para novas abordagens de pesquisa que atentem diretamente para os problemas da prática e que levem ao desenvolvimento de 'conhecimento útil'.

Portanto, não bastam descrições dos problemas e sugestões de prescrições afastadas das experiências diárias da escola, ou seja, entradas e saídas rápidas nos problemas da sala de aula e com prescrições, muitas vezes, esvaziadas e afastadas das vivências dos que integram o dia a dia do chão de sala de aula. Precisamos sim, das correlações fortes com prescrições aplicadas de forma constante, diariamente no ambiente de aprendizagem escolar, com a continuidade de aperfeiçoamento das práticas de ensino, sempre com reflexões na ação, subsidiadas pelas constantes reavaliações das ações sob os referenciais teóricos, até porque orientamo-nos a partir do alerta de Van Den Akker (1999, p. 2):

Que as abordagens de pesquisa 'tradicionais' tais como experimentos, levantamentos e análises correlacionais, com sua ênfase na descrição, dificilmente produzem prescrições que sejam utilizáveis em problemas de design ou desenvolvimento em educação.

Foi assim que a noosfera do ensino de Física do CEP, desde o professor pesquisador, professores de sala, professores de laboratório, coordenação de Física e setores pedagógicos e administrativos, buscou produzir conhecimento crítico para transformação dos coletivos sociais envolvidos, todos pertencentes ao campo investigado e comprometidos com as suas mudanças. A partir da descrição do processo da pesquisa acerca dos nossos problemas locais, mostraremos como as prescrições da pesquisa são aplicadas de forma imediata em situações reais.

De tal forma, que é possível afirmarmos que ocorreu também a nossa formação no trabalho e na prática docente. Além da produção de saberes a partir da Pesquisa-Aplicação submetidos a eventos de divulgação científica, periódicos e de materiais didáticos de suporte para professores e estudantes, saberes que

contribuíram também na estrutura teórica desta tese, ao integrarem parte do corpo do trabalho na elaboração de capítulos anteriores.

A investigação dos problemas complexos acerca do laboratório e da experimentação no ensino de Física no CEP orientou-se por Reeves (2006), quando defende que a Pesquisa-Aplicação na forma de DBR constitui-se como método de pesquisa sistemática para problemas complexos de contextos específicos, de modo que pesquisadores no processo de investigação projetem teorias associadas à compreensão das condições reais dos problemas nos contextos em ambientes naturais de ensino-aprendizagem, conforme a orientação de Barab e Squire (2004). Portanto, organicamente ajustadas no processo de desenvolver uma solução adequada para o problema naquele contexto real específico.

Em termos metodológicos e epistemológicos, a Pesquisa-Aplicação, conforme Matta *et al* (2014), deve ser denominada em português de Pesquisa de Desenvolvimento, até por caracterizar-se por meio de:

Projetar e desenvolver uma intervenção (tais como programas, estratégias de ensino-aprendizagem, materiais, produtos ou sistemas) como solução para problemas educacionais complexos, bem como para aprofundar nosso conhecimento sobre as características dessas intervenções e os processos para projetá-las e desenvolvê-las ou, alternativamente, projetar e desenvolver intervenções educacionais acerca de processos de aprendizagem, ambientes de aprendizagem e semelhantes, por exemplo, com o propósito de desenvolver ou validar teorias. (PLOMP et al, 2018, p. 30).

Porém, antes de minuciar a pesquisa com a turma de estudantes, apresentaremos algumas informações sobre os estudantes do Colégio Estadual do Paraná, que foram possíveis graças ao coletivo da noosfera composta pela coordenação de Física, divisão educacional, outras coordenações e, o setor de informática do Colégio Estadual do Paraná (INFOCEP). Algumas informações foram amplamente discutidas na coordenação de Física e com a divisão educacional, e algumas reflexões trazem parte dos anseios dos nossos estudantes acerca das suas expectativas acadêmicas em relação ao CEP, suas preocupações com o aprendizado e da sua disponibilidade em termos de utilização da internet e dos aparelhos smartphones.

5.2 OS ESTUDANTES DO CEP E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

A divisão educacional do CEP realizou no segundo semestre de 2017 uma pesquisa com os estudantes dos três turnos, e compartilhou a pesquisa com as coordenações das componentes curriculares do ensino médio. A partir dos diversos questionamentos e informações colhidas, algumas contribuíram para conhecermos características dos nossos estudantes e parte dos seus anseios acadêmicos. A nossa coordenação de Física passou a analisar as informações obtidas das perguntas que foram organizadas na forma de gráficos, aqui abordaremos aquelas que se associam com o escopo deste trabalho. A seguir as questões elaboradas pela divisão educacional que orientaram as discussões na coordenação de Física acerca das informações dos estudantes:

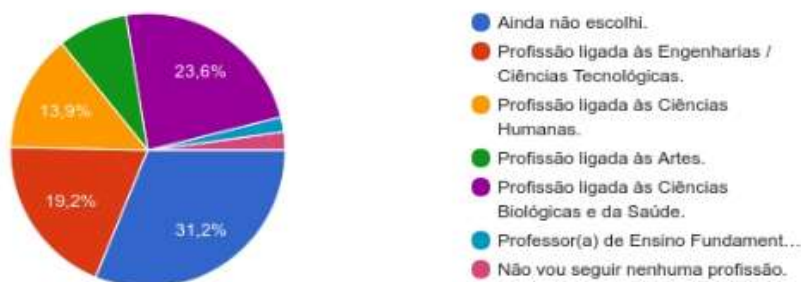
- a) Como eu articulo o acesso aos bens culturais ao processo pedagógico?
Como relaciono aos conhecimentos/conteúdo da disciplina?
- b) Em que medida utilizo essa participação e acesso aos bens culturais no cotidiano na sala de aula?

A coordenação de Física dividiu os professores para a análise em quatro grupos de 03 a 04 professoras e professores, estive inserido em um dos grupos. Na medida em que passamos a compreender os dados a partir das questões orientadoras, passamos a manifestar algumas impressões, por exemplo, a seguir trazemos o gráfico 1, obtido a partir da questão 59 do questionário:

Gráfico 1 - Respostas dos estudantes sobre escolha profissional

59- Que profissão você escolheu seguir?

2.171 respostas



Fonte: Divisão educacional e INFOCEP.

Os grupos de professores fizeram algumas críticas relativas ao gráfico elaborado pela divisão educacional, com as típicas expressões não elegantes e que já me adianto em pedir desculpas por alguns dos professores de Física, por exemplo: “- *Claro, quem fez os gráficos? As pedagogas*”. Apesar da presença de uma representante da divisão participar da discussão, por isso a crítica foi seguida de: “- *Oh, desculpa P., mas é verdade olha o gráfico faltando a porcentagem de três dos itens*”.

Felizmente, a representante da divisão educacional possuía os gráficos originais, prontamente repassou as porcentagens que faltavam. O item relativo a profissão ligada às Artes com 8,9 %, o de professor (a) de ensino fundamental com 1,4% e que não seguiriam nenhuma profissão 1,8%.

Depois da primeira impressão, os trabalhos seguiram e algumas reflexões foram pertinentes, por exemplo, inferimos que 56, 7% dos estudantes pretendiam escolher profissões sustentadas por áreas das ciências humanas, biológicas e exatas, de acordo as seguintes porcentagens:

23,6% Profissão ligada às ciências biológicas e da saúde;

19,2% Profissão ligada às engenharias e ciências tecnológicas;

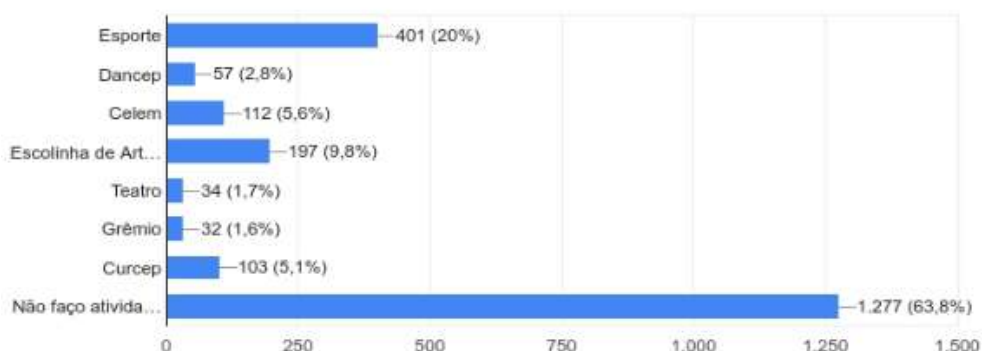
13,9% Profissão liada às ciências humanas.

Portanto, majoritariamente nossos estudantes almejavam profissões suportadas por formação que demanda de letramento científico, portanto, há expectativas por parte deles de uma proposta de ensino em ciência, tecnologia e sociedade. Ao constatar os preferências da maioria dos estudantes, passamos a olhar criticamente à formação acadêmica do Colégio Estadual do Paraná, em termos do que oferecia de atividades extracurriculares, conforme indicação do gráfico 2, relativo a questão 42 da pesquisa:

Gráfico 2 - Atividades extracurriculares oferecidas em contra turno

42- Se você faz atividade extra-curricular no CEP, qual?

2.002 respostas



Fonte: Divisão educacional e INFOCEP.

Devemos esclarecer que Dancep é um Grupo de Dança Contemporânea do Colégio Estadual do Paraná que se integra à Escolinha de Arte, esta originalmente oferecia atividades complementares no contra turno somente na área de artes visuais, porém, ao longo dos anos implementaram-se novos cursos, além da incorporação da Banda Bento Mossurunga, do Gruta (grupo de teatro), do Coro do CEP e mais recentemente o Dancep (grupo de dança). Já o Celem constitui o centro de línguas estrangeiras e o Curcep na forma de cursinho preparatório para o vestibular. Especial destaque para o Grêmio Estudantil e finalmente a parte do esporte, que constituiu uma demanda especial de aulas para o treinamento de estudantes atletas.

Os professores de Física apontaram a possível relação entre os gráficos 1 (questão 59) e gráfico 2 (questão 42), na qual 63,8% dos estudantes não realizavam atividade extracurricular no CEP, isto pode evidenciar uma lacuna de oferta de demandas de atividades extracurriculares, suportadas por uma educação científica com pauta em CTS, acreditamos que uma porcentagem expressiva dos estudantes que não se interessavam por atividades já existentes no CEP, possivelmente não se sentiam contemplados, por pertencerem aquele grupo de 56,7% que pretendiam profissões suportadas pelas áreas das ciências humanas, biológicas e exatas.

Em outras palavras, nos termos dos anseios da maioria dos estudantes, o CEP deixa de atender demandas em relação as atividades extracurriculares que contribuam para a formação científica e tecnológica. Portanto, há uma lacuna em termos de contundência de formação acadêmica nas áreas das ciências humanas, biológicas e exatas.

Destacamos que os professores de Física enfatizaram que as observações não eram de crítica as demandas das atividades extracurriculares que já são ofertadas para o treinamento, Escolinha de Arte, CELEM, Gruta, DANCEP, Grêmio Estudantil e CURCEP. Pelo contrário, equipe da coordenação apenas salientou que a escola deve primar pela equidade das diversas áreas e expectativas dos estudantes, de tal forma que precisa olhar para as componentes curriculares que pautam o ensino das ciências humanas, exatas e biológicas, tendo em conta que a partir dos dados apontados pela pesquisa e realizada de forma independente do grupo da Física, que indicou a necessidade de oferta de demandas extracurriculares que contribuam também para o aperfeiçoamento do letramento científico, daqueles estudantes que desejarem conhecer mais acerca dos objetos da ciência e da tecnologia.

Os professores da coordenação de Física sugeriram demandas na forma de módulos, como os que já constituem a realidade da Escolinha de Arte e que consideramos de grande valia para o aperfeiçoamento na formação dos estudantes que se interessam por aquela área, assim como os excelentes exemplos encontrados no DANCEP e no Gruta, sem deixar de lado os surpreendentes resultados a partir das demandas de treinamento que contribuem para potencializar a capacidade esportiva de estudantes atletas.

Agora, com o devido respeito à especificidade de cada área do conhecimento, insistimos que o CEP, em termos de oferta de atividades extracurriculares, deixa de investir também em nossos estudantes potencialmente inclinados para as áreas científicas e tecnológicas. Apesar de contribuirmos para a formação científica e tecnológica dos estudantes em termos curriculares, a partir do ensino teórico e experimental, que contribuiu para que a maioria dos estudantes optassem por profissões associadas aos objetos da ciência e da tecnologia. Os professores consideraram que com a oferta de atividades extracurriculares, seria possível maior aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos estudantes em relação aos saberes científicos, além da utilização especializada de instrumentos tecnológicos.

5.2.1 Estudantes e Processos de Ensino e Aprendizagem

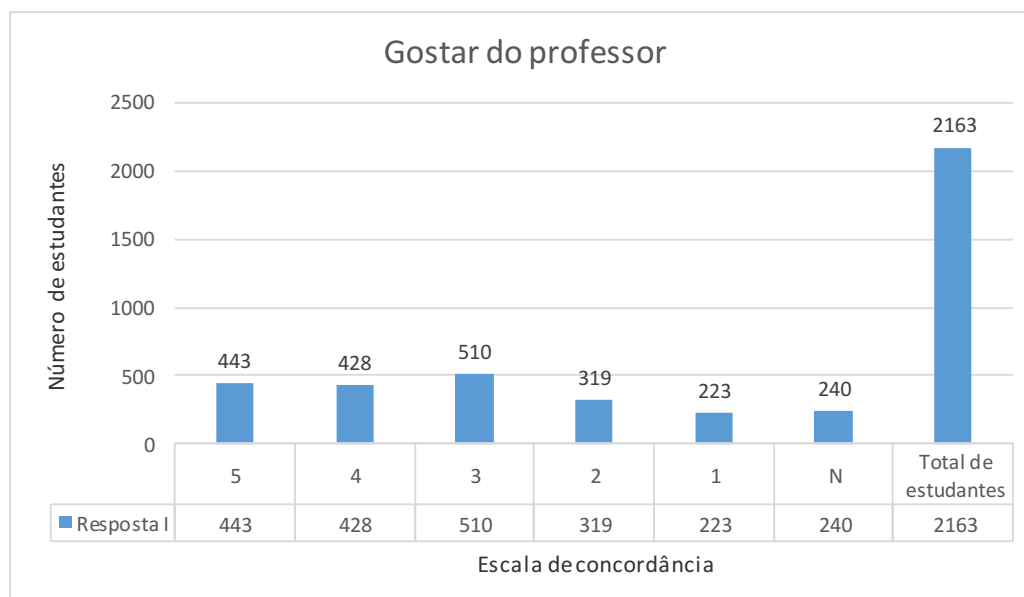
No CEP precisamos planejar estratégias para implementar ações na forma de interferências, a partir do princípio de melhorar as condições dos processos de ensino e aprendizagem, mas também aperfeiçoar os processos sociais a partir da consideração dos contextos históricos e filosóficos. Entretanto, essas estratégias precisam inserir os estudantes no planejamento, até porque a comunidade escolar deve considerar as expectativas dos seus estudantes.

Diante disso é que consideramos algumas questões relativas ao que os estudantes esperam da escola e dos seus professores, essas questões foram escalonadas com opções de resposta em ambos os lados de uma opção neutra, a partir da escala Likert³², na qual eles puderam escolher, em termos de grau de importância, conforme descrito a seguir:

5. Concordo totalmente/ muito importante
4. Concordo parcialmente/ importante
3. Indiferente
2. Discordo parcialmente/ pouco importante
1. Discordo totalmente/nenhuma importância
- N. Não sei

A divisão educacional para conhecer o que os estudantes consideram necessário à sua aprendizagem, utilizou-se da questão orientadora: **o que conta mais para você aprender melhor em sala aula?** Seguida de alguns possíveis fatores:

³² A escala Likert resultou da pesquisa de doutorado em psicologia pela Universidade de Columbia, em 1932 nos USA. Desenvolvido pelo educador e psicólogo Rensis Likert (1903-1981).

Gráfico 3 - Fator influenciador de aprendizagem

Fonte: Divisão educacional e INFOCEP (2021).

I - Gostar do professor

Os professores da coordenação de Física apontaram que há fortes evidências em relação a importância das boas relações em sala de aula, que se estabeleça um espaço de respeito e de empatia, determinado professor comentou “- *Não precisa ser o professor do tipo simpático o tempo todo, até porque depende do tipo da madeira, mas saber ouvir e, muitas vezes, colocar-se no lugar dos estudantes, ajuda muito na aproximação, na confiança e no respeito mútuo*”.

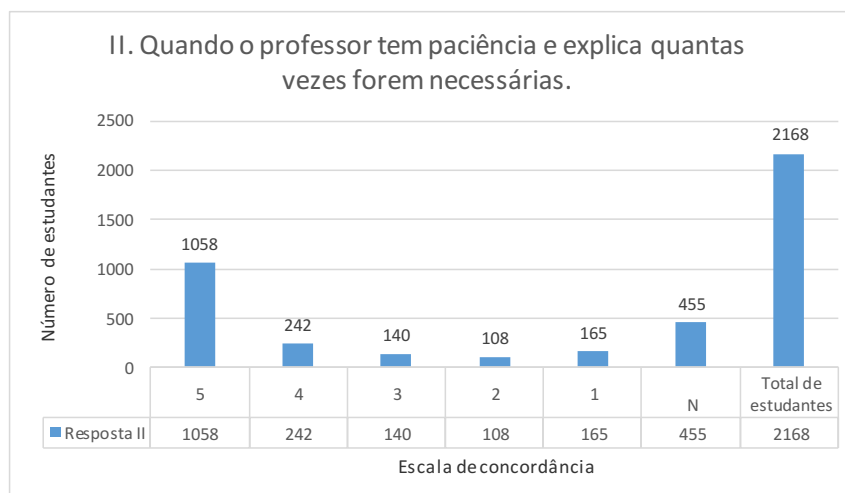
Outro professor pontuou “ - *muitas vezes, mais que ensinar o conteúdo, ensinamos com nossos exemplos, precisamos tratar com respeito para recebermos respeito de volta, é básico*”. Não há dúvidas que ao se estabelecer em sala um ambiente de respeito e de diálogo, propostas de ensino podem potencializar a aprendizagem dos saberes científicos. Mas, é de se destacar também, aqueles estudantes que responderam que não é fator determinante gostar do professor, haja vista que a conquista da atenção e da boa disciplina em sala de aula pode obter-se a partir da autoridade da motivação pelo conhecimento.

A autoridade do conteúdo, digamos assim, é construída em sala de aula a partir de propostas de ensino que consideram a aprendizagem dos saberes com significação, desde mediações por parte dos professores que valorizam aspectos cognitivos dos estudantes.

Os próximos fatores II, III, IV e V condizem muito com aspectos da docência,

que podem ser muito particulares da personalidade de cada professor ou até mesmo das técnicas obtidas em formação em trabalho ou de inspiração durante seus cursos nas respectivas licenciaturas.

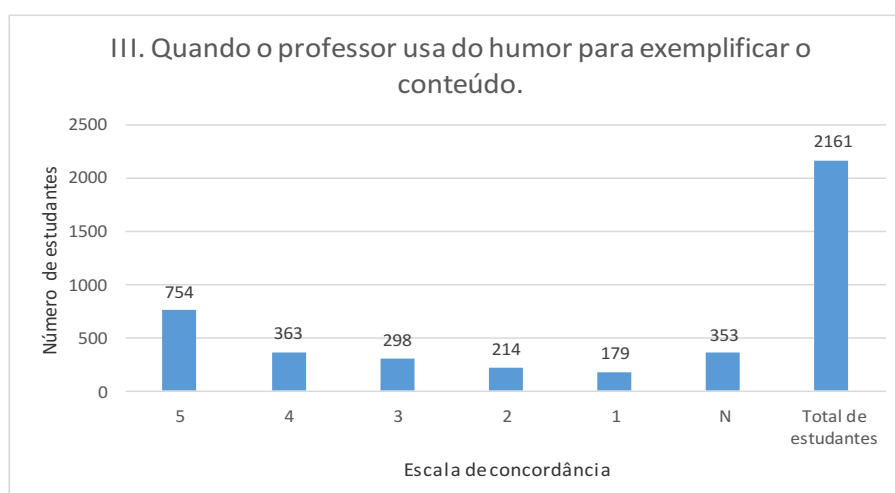
Gráfico 4 - Fator influenciador de aprendizagem



Fonte: Divisão educacional e INFOCEP (2021).

O fator II pode associar-se ao professor que conhece a complexidade de determinados saberes, e já espera de antemão que surgirão muitas dúvidas na compreensão dos estudantes, neste caso ao planejar as ações da interferência que aplicará na turma de estudantes, prepara diferentes abordagens teórico e prática, além de apresentar os fatos da ciência e objetos da tecnologia em conexão com os contextos históricos, sociais e filosóficos da sua fabricação.

Gráfico 5 - Fator influenciador de aprendizagem

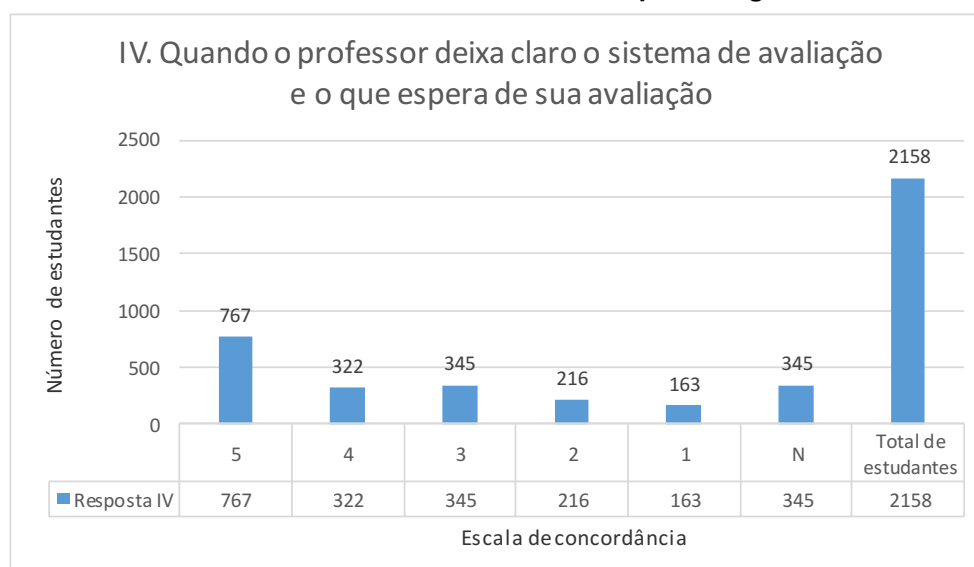


Fonte: Divisão educacional e INFOCEP (2021).

No caso do design da CL, o laboratório de multimodalidade representacional (LABURÚ; SILVA, 2011) e encenações em sala a partir das IIR (FOUREZ, 1993), podem ser boas alternativas para envolver e motivar os estudantes em aprenderem sobre conceitos científicos, pois enxergam a conexão desses saberes com o seu mundo da vida. Quanto aos fatores III, IV e V:

A condição de humor do professor até pode auxiliar a receptividade durante a aplicação de determinada interferência, porém deve ser de relevância secundária, tendo em conta a sua peculiaridade da personalidade de cada pessoa, além de que pode ser superada por aulas bem planejadas que envolvam os estudantes nas técnicas do design de ensino, até porque o humor forçado e exagerado, muitas vezes, pode criar obstáculos epistemológicos aos estudantes.

Gráfico 6 - Fator influenciador de aprendizagem

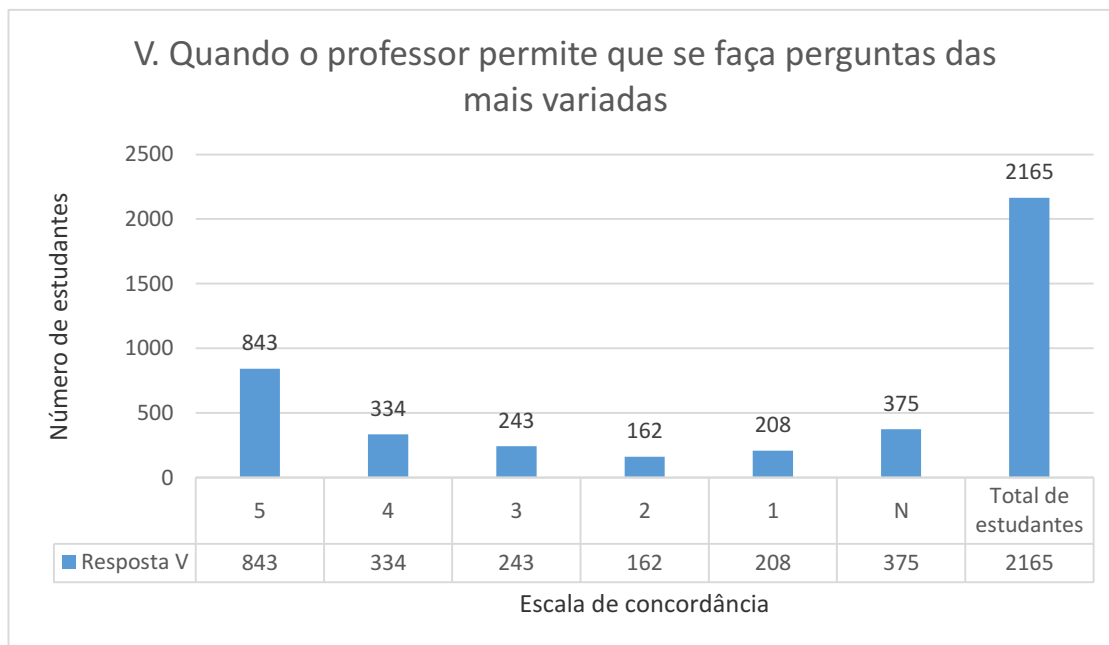


Fonte: Divisão educacional e INFOCEP (2021).

Obviamente estabelece-se boa relação entre professor e estudantes quando o sistema de avaliação do professor é claro para os estudantes, além que deve ser previamente acordado no início do ano letivo no contrato pedagógico com a turma. No caso da Cultura de Laboratório tivemos que ir além dos esclarecimentos e dos termos contratuais, haja vista que a proposta de ensino exigiria tanto deste professor participante, quanto dos estudantes, novas abordagens e formas para implementar a avaliação, pois as suas manifestações escritas, mas também faladas foram do nosso interesse. Além do fato que tivemos que repensar as tradicionais provas na sua forma, mas principalmente em termos da sua efetivação além do tempo escolar,

pois na prática estenderam-se muito além desse tempo.

Gráfico 7 - Fator influenciador de aprendizagem.



Fonte: Divisão educacional e INFOCEP.

Os dados que apontam a importância que os estudantes percebem em relação às possibilidades dos questionamentos em aula, foram fundamentais na construção dos princípios de design da proposta de ensino, a partir do anseio que há dos estudantes em poder associar a ciência da escola, talvez com a sua ciência do dia a dia, por tratar-se de excelente oportunidade para o estudante vislumbrar os problemas do currículo escolar com as vivências cotidianas, diante disso o estudante poderá tomar para si os problemas das componentes curriculares, além dos seus desdobramentos em termos da conexão das forças técnico-científica que podem estar relacionadas com o seu mundo social.

A parte da investigação acerca da relação dos estudantes com a internet, interessou aos professores da coordenação de Física, sobretudo ao aplicativo WhatsApp, até devido ao nosso interesse de como converter parcialmente o tempo de uso do aplicativo, para uma racionalidade de utilização mais acadêmica pelos estudantes. Por exemplo, o professor “A”, chamou a atenção dos grupos de professores para a nossa pesquisa relativo a utilização especializada do aplicativo, na função instrumental da construção das parcerias com os estudantes nos seus projetos acadêmicos. - *Pessoal, o Julio já faz uso do WhatsApp com os alunos dele,*

não dá para você comentar um pouco?

Prontamente, falei sobre o projeto de aprender por IIR, de como experimentei com a turma piloto a sua utilização. À frente disso passamos a discutir os dados dos gráficos 8 e 9, pois chamou-nos a atenção acerca do tempo que os estudantes fazem uso da internet e que poderiam ser aproveitados para a sua formação acadêmica além do tempo escolar.

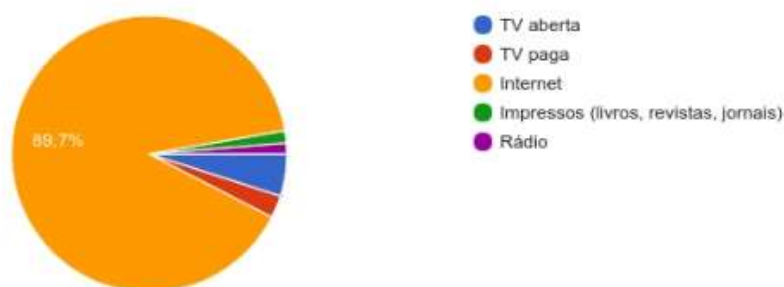
5.2.2 Estudantes do CEP e a Internet

O gráfico 8 relaciona-se com a questão 37 do questionário:

Gráfico 8 - Fontes de informação para os estudantes

37- Como você se informa mais usualmente?

2.171 respostas



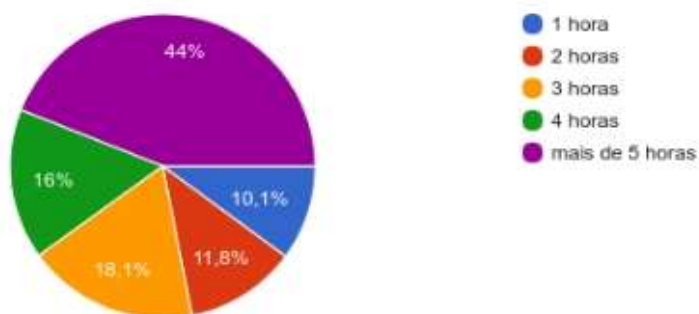
Fonte: Divisão educacional e INFOCEP.

Os estudantes informam-se, majoritariamente a partir da internet, com 89,7% contra outros meios de apenas 10,3%. Já na questão 40 do questionário interessou-nos o tempo de uso da internet com redes sociais:

Gráfico 9 - Tempo diário de utilização da internet

40 - Quanto tempo diário navega na internet (redes sociais)?

2.171 respostas



Fonte: Divisão educacional e INFOCEP (2021).

As informações sobre as quais refletimos com os professores da coordenação de Física e a divisão educacional, em termos das expectativas dos estudantes em relação ao CEP, do seu aperfeiçoamento acadêmico e da disponibilidade deles em termos de tempo de internet, principalmente o quanto passam nas redes sociais, despertou-nos que esse tempo poderia parcialmente fazer parte da formação acadêmica dos estudantes, mesmo a partir das interações sociais, portanto, os dados auxiliaram nas reformulações da nossa pesquisa, pois a, conforme Cochran-Snith e Lytle (1993), “pesquisa sistemática e intencional realizada por professores sobre sua própria escola e sala de aula”, (p. 23-24).

Diante disso é que passamos a considerar as demandas e anseios de professores de Física, de agentes da divisão educacional e de estudantes para implementarmos a pesquisa organizada em ciclos, a partir do planejamento das ações de cada interferência, sob observação ao serem aplicadas, para reflexão e possíveis reformulações. Os contextos sociais, históricos e epistemológicos da noosfera do laboratório de Física do CEP foram o mote da pesquisa e que desencadearam as ações e reflexões sobre as ações para a transformação epistemológica do LabD e das suas práticas.

5.3 INTERFERÊNCIA NO LABORATÓRIO DE FÍSICA DO CEP

Utilizamos a intervenção ou a interferência para a nossa investigação, pois, tomamos parte de forma intencional para influenciar a transformação da realidade do

LabD para o ensino de Física do CEP, a partir do design de ensino Cultura de Laboratório, que resultou justamente da nossa formação em trabalho, mas também da TD da fabricação dos fatos e objetos da ciência e da tecnologia, mas também ao aproximarmos o ensino de ciências das nuances do *modus operandi* dos cientistas nas suas vivências nos laboratórios de pesquisa. A pesquisa avaliou as intervenções em iterações a partir de ciclos das ações que planejamos e implementamos na forma de sequências didáticas na sala de aula.

A cada ciclo iterativo pesquisamos nas ações formas de aperfeiçoar o design de ensino, por meio da epistemologia que reestruturou a sala de aula, a partir do trabalho pedagógico na intersecção entre o ensino teórico e experimental. Com a reformulação dos papéis de professores, estudantes e da própria escola. O novo desenho de ensino enfrentou o problema complexo e local de ensino tradicional de Física, reacionário e conservador das práticas experimentais convencionais, de caráter informativo a partir da demonstração experimental. Atividade experimental de racionalidade exclusivamente técnica ou conhecida como epistemologia positivista da prática, “a atividade profissional consiste na solução instrumental de um problema feita pela rigorosa aplicação de uma teoria científica ou uma técnica”, (SCHÖN, 1983, p. 21).

Por exemplo, Carr e Kemmis (1986) afirmam que durante o século XIX e XX houve menções na literatura científica, que o ensino nas escolas melhoraria com o apoio do método científico de suporte positivista, em que a teoria com o seu iluminismo chegaria aos professores, ou seja, “a teoria relacionar-se-ia com a prática fornecendo o exame crítico das experiências educacionais práticas” (CARR E KEMMIS, 1986, p. 56).

O próprio Burrhus Frederic Skinner (1904-1990) destaca-se como defensor desse modelo de ensino de racionalidade técnica, no qual o professor se restringe ao seu papel técnico, em que a sua prática educacional é caracterizada por aplicação da teoria científica em problemas “técnicos” educacionais, que supostamente são resolvidos objetivamente através da racionalidade científica. Na perspectiva de que “a teoria educacional pode usar leis causais para prever e, portanto, controlar os resultados de diferentes cursos da ação prática” (CARR E KEMMIS, 1986). Neste sentido a prática possui menor importância, conforme Schön (1983) destaca que a construção curricular como reflexo, cuja normativa é de que primeiro a ciência básica e aplicada, depois com as habilidades o mundo real e os

seus problemas práticos a serem resolvidos.

A partir do ponto de vista do modelo de racionalidade técnica institucionalizado no currículo profissional, o conhecimento real baseia-se em teorias e técnicas da ciência básica e aplicada. Portanto, essas disciplinas devem vir primeiro. “Habilidades” no uso da teoria e da técnica para resolver problemas concretos devem vir mais tarde, quando os estudantes já tiverem aprendido a ciência relevante - primeiro, porque ele não pode aprender habilidades de aplicação sem antes aprender conhecimento aplicável e segundo porque habilidades são um tipo ambíguo e secundário de conhecimento. (SCHÖN, 1983, p. 28).

O papel de professor, enquanto técnico, diminui sua capacidade em refletir no processo, pois o mais importante são os objetivos definidos previamente pela norma científica e/ou pedagógica. Racionalidade técnica que normatiza o profissional da educação em termos de conteúdo e/ou do pedagógico, professor uma vez preparado com habilidades em termos de conhecimentos científicos e pedagógicos, que aplica na sua prática, uma racionalidade a serviço da técnica, com a fixação dos objetivos e uma procura dos meios pedagógicos e/ou científicos para sua efetivação, meios que durante o processo não são discutidos e tampouco reflete-se sobre os seus valores éticos e/ou morais. Formação acadêmica tradicional que, por princípio considera o conhecimento científico e/ou disciplinar, suficiente para se ensinar, no qual a prática de ensino viria com o tempo em serviço.

Então como agregar à rigidez da racionalidade técnica, princípios de razoabilidade, de criticidade e de reflexão na ação pedagógica? Utilizamos na pesquisa o caráter mais descritivo e interpretativo no lugar de explanatório e preditivo, a partir da investigação educacional que “emprega uma metodologia a qual capacita descrever como os indivíduos interpretam suas ações e as situações nas quais elas atuam” (CARR E KEMMIS, 1986, p. 79), pois admitimos que há dinamismo na complexidade da realidade educacional, com características de fluidez e reflexiva, que impedem um enquadramento na rigidez de uma sistematização técnica, em síntese, “a prática não pode ser reduzida ao controle técnico” (CARR E KEMMIS, 1986, p. 36).

A docência do professor não pode se restringir a serviço da técnica, que “consiste em um conjunto de objetivos sequenciados e técnicas as quais “dirigem” os aprendizes para os resultados da aprendizagem esperada” (CARR; KEMMIS, 1986, p. 37). Até porque os processos de ensino e aprendizagem exigem do professor orientação e reorientação com espontaneidade e flexibilidade, mas também percepção aguçada das alterações e de como outros integrantes no

processo reagem.

Carr e Kemmis (1986) afirmam que pesquisadores de formação positivista e com racionalidade exclusivamente técnica, podem ser descritos como “objetivistas” ou “técnicos”, cuja percepção objetiva acredita na independência do conhecimento em relação ao observador. Por outro lado, os chamados professores pesquisadores interpretativistas da educação e de racionalidade prática, são descritos de perfil “subjetivista” ou “prático”. Carr e Kemmis (1986) destacam que a compreensão subjetiva do pesquisador como elemento fundamental de interpretação da realidade social, os destacam por sua autonomia profissional a partir da deliberação técnica.

Por fim, eles ainda salientam que os pesquisadores críticos e de racionalidade dialética procuram descobrir “como situações são forçadas por condições “objetivas” e “subjetivas” e procuram explorar como tais tipos de condições podem ser transformados” (CARR; KEMMIS, 1986, p. 183). O ensino de Física no CEP constitui uma realidade complexa, indeterminada e com problemas abertos, que exigiram do pesquisador participante não somente o perfil acadêmico e técnico, mas também à docência em prática da sala de aula, ou seja, da formação no trabalho docente a partir do pensar a prática na ação.

De tal forma, que nossos objetivos para transformação do ensino de Física no LabD do CEP foram revisitados, revistos e reescritos, até porque a realidade sobre qual se planeja, deixa de existir na ação, ou seja, já se trata de uma outra realidade e assim acontece a cada planejamento da ação e a aplicação desta, características do materialismo dialético, quando se admite a transformação da realidade do laboratório imposta a partir das condições objetivas e subjetivas dos pressupostos teóricos e da prática dos participantes da pesquisa.

A pesquisa nas ações que planejamos e aplicamos de forma sistemática e perene contribuiu para aprendermos a partir da CL e para aperfeiçoá-la, para resolvermos o problema do laboratório convencional no ensino de Física mantivemo-nos críticos e alinhados com o método de “diálogo de levantamento de problemas” de Paulo Freire e salientado por Shor (1992), no qual “o professor é frequentemente definido como alguém que levanta problemas e dirige um diálogo crítico em sala de aula; levantamento de problema é um sinônimo de pedagogia” (SHOR, 1992, p. 31).

Diante disso envolvemos os estudantes no processo de pesquisa, por considerar sua contribuição na construção do design de ensino, construída a partir

da constante problematização dos temas. Portanto não nos limitamos na concepção técnica da metodologia como ferramenta de melhoria da aprendizagem, mas uma pesquisa na prática e sobre a prática “com concepções críticas, estrategicamente orientadas e politicamente conscientes” (PEREIRA, 2011, p. 28). De tal forma, para construirmos uma parceria entre professores e estudantes, capaz de questionar o conhecimento que existe, o poder e as condições que ele se estabelece.

Construímos uma verdadeira comunidade de aprendizagem, com professor pesquisador participante, professores e estudantes colaboradores da investigação, a partir de um processo que se estabeleceu democrático e com foco no estudante. Nessa comunidade as “noções de subjetividade e objetividade da pesquisa são redefinidas: conhecimento subjetivo e local ao invés de uma “verdade” objetiva e distanciada é o propósito” (COCHRAN-SMITH; LITTLE, 1993, p. 58).

Logo, para organização das sequências didáticas foi necessário desafiar as imposições curriculares e dos livros didáticos convencionais, por estarem muito distantes da nossa proposta de ensino e dos seus pressupostos epistemológicos. Preferimos escolher a organização conforme os 3MP de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011).

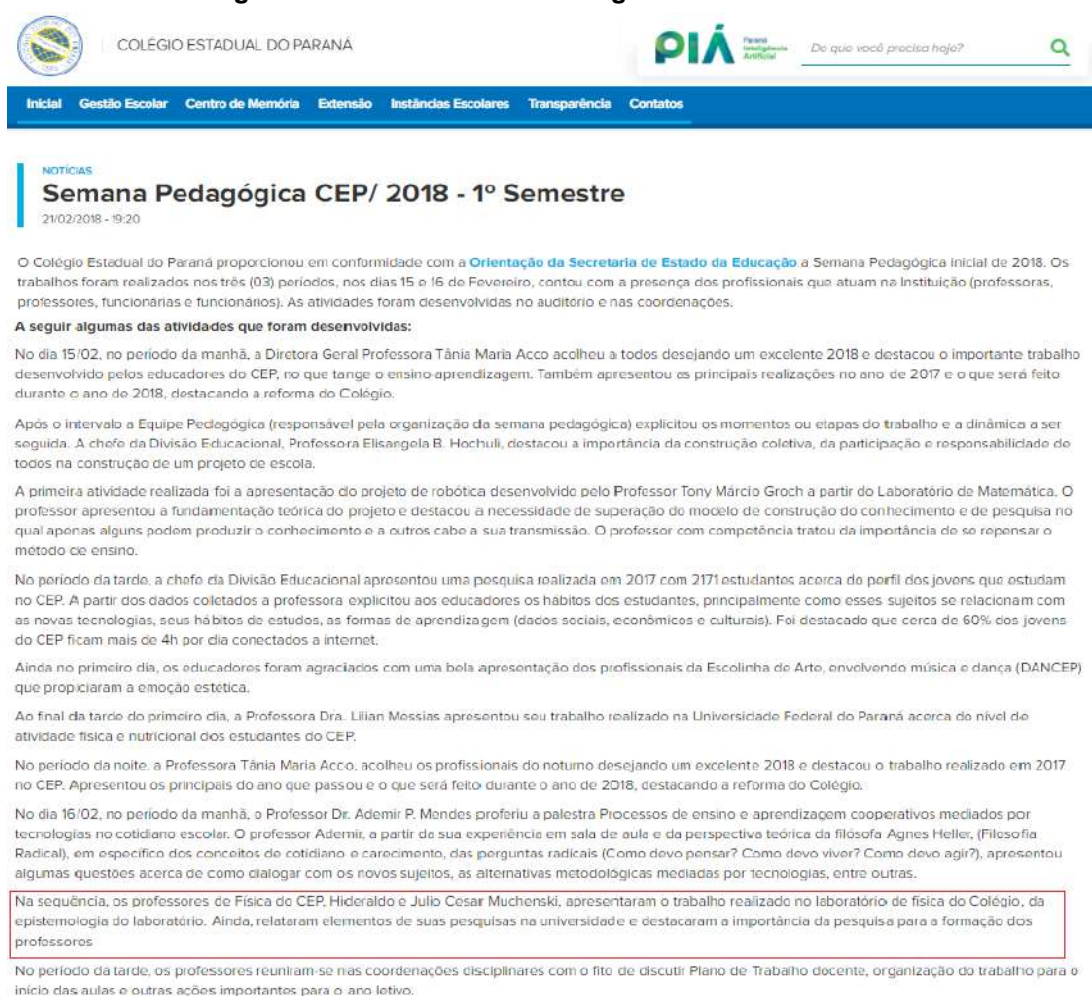
Entretanto, a racionalidade crítica impressa como suporte teórico para o LabD para sua transformação; as características do pensar, criar e fazer científicos como rotina da atividade experimental; a capacitação dos estudantes em projetos de IIR, serão elementos suficientes para superar a Cultura de Laboratório tradicional de racionalidade técnica, de informação dos modelos tácitos da ciência pronta, em vez do ensino para conhecer seus processos de construção da ciência e sua pluralidade de metodologias?

Era óbvio que necessitávamos, além dos pressupostos teóricos e técnicos, de mais ajuda para desenvolvermos o design de ensino, para a sua implementação com o objetivo de transformação da realidade de ensino de Física do CEP. À frente disso decidimos envolver no processo de pesquisa outros professores de Física, de Filosofia e a divisão educacional, para conhecermos acerca de temas que envolvessem os estudantes do CEP, além de nos preocuparmos em conhecer as suas expectativas acadêmicas em relação ao Colégio Estadual do Paraná.

Criamos assim as condições para o aperfeiçoamento do curso de Física da nossa escola, mas com a possibilidade de a proposta de ensino transcender para outras componentes curriculares, que também possuem a característica de fazer

uso do laboratório didático nas suas rotinas de trabalho pedagógico. Foi assim que nos propomos em realizar a apresentação da epistemologia da Cultura de Laboratório, a partir do que desenvolvemos do design de ensino ao longo dos anos de 2016 e 2017, em termos das sequências didáticas e dos laboratórios que aplicamos na escola. A apresentação na forma de seminário aconteceu no início do ano letivo de 2018, sob o convite da divisão educacional da escola, cujo anúncio aparece a seguir:

Figura 13 - Print do site do Colégio Estadual do Paraná



The image shows a screenshot of the website for Colégio Estadual do Paraná. At the top, there is a navigation bar with the school's logo and name, and a search bar. Below the navigation bar, there is a section titled "NOTÍCIAS" with a sub-heading "Semana Pedagógica CEP/ 2018 - 1º Semestre" and a date "21/02/2018 - 19:20". The main content of the page is a news article with several paragraphs. The text describes the school's participation in the 2018 Pedagogy Week, mentioning various activities and presentations by teachers and students. A specific paragraph is highlighted with a red box, mentioning the work of Physics teachers Hideraldo and Julio Cesar Muchenski.

NOTÍCIAS
Semana Pedagógica CEP/ 2018 - 1º Semestre
 21/02/2018 - 19:20

O Colégio Estadual do Paraná proporcionou em conformidade com a **Orientação da Secretaria de Estado da Educação** a Semana Pedagógica Inicial de 2018. Os trabalhos foram realizados nos três (03) períodos, nos dias 15 e 16 de Fevereiro, contou com a presença dos profissionais que atuam na Instituição (professoras, professores, funcionárias e funcionários). As atividades foram desenvolvidas no auditório e nas coordenações.

A seguir algumas das atividades que foram desenvolvidas:

No dia 15/02, no período da manhã, a Diretora Geral Professora Tânia Maria Acco acolheu a todos desejando um excelente 2018 e destacou o importante trabalho desenvolvido pelos educadores do CEP, no que tange o ensino aprendizagem. Também apresentou as principais realizações no ano de 2017 e o que será feito durante o ano de 2018, destacando a reforma do Colégio.

Após o intervalo a Equipe Pedagógica (responsável pela organização da semana pedagógica) explicitou os momentos ou etapas do trabalho e a dinâmica a ser seguida. A chefe da Divisão Educacional, Professora Elisargela B. Hochuli, destacou a importância da construção coletiva, da participação e responsabilidade de todos na construção de um projeto de escola.

A primeira atividade realizada foi a apresentação do projeto de robótica desenvolvido pelo Professor Tony Márcio Groch a partir do Laboratório de Matemática. O professor apresentou a fundamentação teórica do projeto e destacou a necessidade de superação do modelo de construção do conhecimento e de pesquisa no qual apenas alguns podem produzir o conhecimento e a outros cabe a sua transmissão. O professor com competência tratou da importância de se repensar o método de ensino.

No período da tarde, a chefe da Divisão Educacional apresentou uma pesquisa realizada em 2017 com 2171 estudantes acerca do perfil dos jovens que estudam no CEP. A partir dos dados coletados a professora explicitou aos educadores os hábitos dos estudantes, principalmente como esses sujeitos se relacionam com as novas tecnologias, seus hábitos de estudos, as formas de aprendizagem (dados sociais, econômicos e culturais). Foi destacado que cerca de 60% dos jovens do CEP ficam mais de 4h por dia conectados a internet.

Ainda no primeiro dia, os educadores foram agraciados com uma bela apresentação dos profissionais da Escolinha de Arte, envolvendo música e dança (DANCEP) que propiciaram a emoção estética.

Ao final da tarde do primeiro dia, a Professora Dra. Lilian Messias apresentou seu trabalho realizado na Universidade Federal do Paraná acerca do nível de atividade física e nutricional dos estudantes do CEP.

No período da noite, a Professora Tânia Maria Acco, acolheu os profissionais do noturno desejando um excelente 2018 e destacou o trabalho realizado em 2017 no CEP. Apresentou os principais do ano que passou e o que será feito durante o ano de 2018, destacando a reforma do Colégio.

No dia 16/02, no período da manhã, o Professor Dr. Ademir P. Mendes proferiu a palestra Processos de ensino e aprendizagem cooperativos mediados por tecnologias no cotidiano escolar. O professor Ademir, a partir de sua experiência em sala de aula e da perspectiva teórica da filósofa Agnes Heller, (Filosofia Radical), em específico dos conceitos de cotidiano e carecimento, das perguntas radicais (Como devo pensar? Como devo viver? Como devo agir?), apresentou algumas questões acerca de como dialogar com os novos sujeitos, as alternativas metodológicas mediadas por tecnologias, entre outras.

Na sequência, os professores de Física do CEP, Hideraldo e Julio Cesar Muchenski, apresentaram o trabalho realizado no laboratório de física do Colégio, da epistemologia do laboratório. Ainda, relataram elementos de suas pesquisas na universidade e destacaram a importância da pesquisa para a formação dos professores

No período da tarde, os professores reuniram-se nas coordenações disciplinares com o fito de discutir Plano de Trabalho docente, organização do trabalho para o início das aulas e outras ações importantes para o ano letivo.

Fonte: Colégio (2018).

O problema complexo da noosfera de ensino de Física do CEP e a necessidade de auxílio de outras pessoas da nossa comunidade, ajudaram em nossa escolha por uma metodologia de pesquisa de natureza interventiva, pois de acordo com Tripp (2005), “a intervenção é um tipo de pesquisa feito pelo prático, adaptada às exigências (formais) de trabalhos acadêmicos” (p. 463).

5.3.1 Intervenção sob o Design Cultura de Laboratório

O design de ensino CL é o produto que resultou da sequência de protótipos, pautados na investigação acerca da nossa prática e formação no trabalho docente no ensino de Física do CEP, foram também testados em diferentes contextos de outras escolas, pública e privada. A fabricação do design começou a partir do problema complexo e local do ensino de Física do CEP. A delimitação do problema, assim como a sua relevância tratamos na fase de revisão de literatura do capítulo dois. Os desdobramentos da nossa investigação da dissertação que permitiram as propensões para o escopo da pesquisa do doutorado e da propositura de uma tese para resolver o problema local da noosfera do ensino de Física do CEP.

A pesquisa da dissertação e a revisão de literatura do primeiro ciclo, que mencionamos no quadro 1, permitiram o primeiro protótipo com dois princípios do desenho de ensino, que experimentamos ao longo de 2016 na iteração com os seguintes contextos das escolas: turma piloto de sexto ano do EF II em um colégio estadual de Ponta Grossa-Paraná (acerca da reformulação do laboratório), e o colégio do setor privado em Curitiba-Paraná (relativo à imersão de estudantes em projetos de investigação científica). Os experimentos nas duas escolas permitiram, além do aperfeiçoamento do design de ensino, aprimorar a teoria que pauta a CL. Organizamos as iterações no capítulo seis nas subseções 6.1 e 6.2, além dos apontamentos que já trouxemos na subseção 4.1.

A partir das avaliações das intervenções nas duas turmas de estudantes, pudemos aperfeiçoar o protótipo, em relação aos princípios I e II do design de ensino, para aplicarmos nos contextos:

- Em colégio particular com equipes interseriadas formadas por estudantes de primeira e segunda séries do ensino médio em projetos interdisciplinares, com a orientação de professores das várias componentes curriculares.

- No CEP com colaboração de professor de Física e da estudante do curso de Física da UFPR sob sua supervisão, em turmas da segunda série do período da manhã;

Depois de algumas avaliações dos dois primeiros princípios de design no V SINECT e VI ENALIC em 2016, no ENPEC XI e EDUCERE XII em 2017 com os respectivos trabalhos de Muchenski *et al* (2016), Muchenski e Miquelin (2016), Muchenski *et al* (2017) e Muchenski, Guedes e Pheper (2017) fabricamos um novo

protótipo, mas agora incluímos dois outros princípios de design: da utilização especializada do smartphone e também de considerarmos os estudantes como potenciais influenciadores digitais sobre temas técnico-científicos-sociais. Em relação ao uso do smartphone, publicamos o estudo de Muchenski, Silva e Miquelin (2017) na revista UNIPLURI em 2017, em termos de transformar o uso do aparelho em BYOD em sala de aula, mencionamos esse último estudo no capítulo quatro da tese, mais especificamente no item 4.2.

Neste ponto da investigação escolhemos em 2018 a turma da segunda série (2C) do ensino médio noturno do Colégio Estadual do Paraná. Passamos a acompanhar esses estudantes que foram provocados à imersão da Cultura de Laboratório, para investigarmos o quanto seu *modus operandi* durante as vivências no laboratório escolar, poderiam se aproximar da racionalidade abstrata sobre o concreto, ao investigarem problemas contextualizados em questões da sociedade técnico-científica, e o quanto algumas nuances poderiam aproximar-se da natureza e prática científica da ciência trabalhadora.

A partir de cada intervenção ou como preferimos chamar de interferência, cujas ações foram devidamente planejadas e que na sua aplicação investigamos as nuances das transformações que provocaram, permitiram durante a investigação em compreender os desdobramentos de cada ciclo iterativo que culminaram no design CL. Nossa preferência pelo termo interferência no lugar de intervenção³³, vem do fato que o segundo termo no âmbito do senso comum adquire uma significação pejorativa, pois tal conotação associa-se a “padrões de valor de uma determinada época marcada pela falta de liberdade e pela imposição” (FREITAS, 2010 p. 14), pois relaciona-se muitas vezes o termo ao autoritarismo.

Outro motivo é que ‘interferência’ parece representar melhor a nossa tese, pois o protocolo dos trabalhos exigiu a construção de parcerias entre o professor participante e pesquisador com outros professores e estudantes, portanto, não nos vemos exatamente como um interventor, mas sim alguém que interfere para mediar, provocar e orientar.

A dinâmica da prática de ensino que nos propusemos a trabalhar com os estudantes, exigiu a capacidade de mediação do professor pesquisador conforme as

³³ Por exemplo, a escola ainda reflete as transformações provocadas durante a ditadura militar, daí desconforto do vocábulo. Outro ponto na atualidade é o acaloramento das controvérsias de grupos que clamam por outra intervenção militar.

tensões surgiam, pois é de antemão no planejamento que intencionalmente provocamos conflitos com as problematizações e era esperado que os estudantes reagissem com manifestações favoráveis ou não diante de assuntos que chamam para o debate, de tais conflitos de ideias surgiu a necessidade da mediação, portanto, por princípio, interferimos para provocar a mediação.

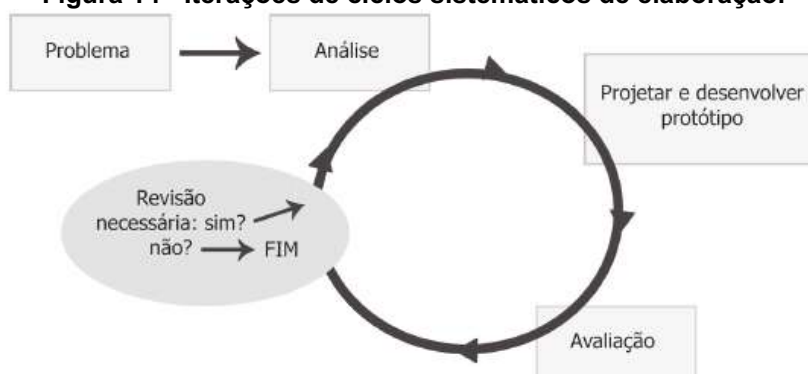
Talvez, até a melhor expressão fosse de provocar para mediar. Pois, “Vygotzky supunha que a ação humana interfere no objeto de estudo, em seu contexto e em seus participantes, neles provocando alterações, transformações” (FREITAS, 2010, p. 16). Por fim, preferimos o termo interferência, pois nelas os professores:

[...] interferem em determinadas situações pedagógicas, nelas produzindo mudanças de diferentes magnitudes e naturezas, visando a incrementar o montante e a qualidade das aprendizagens a serem realizadas. (DAMIANI, 2012, p. 1).

Depois de superarmos a escolha do termo interferência, na próxima seção apresentamos reflexões acerca da metodologia de investigação, esta não tratada em si, mas enquanto proposta “definida como toda tentativa continuada, sistemática e empiricamente fundamentada de aprimorar a prática” (TRIPP, 2005, p. 443).

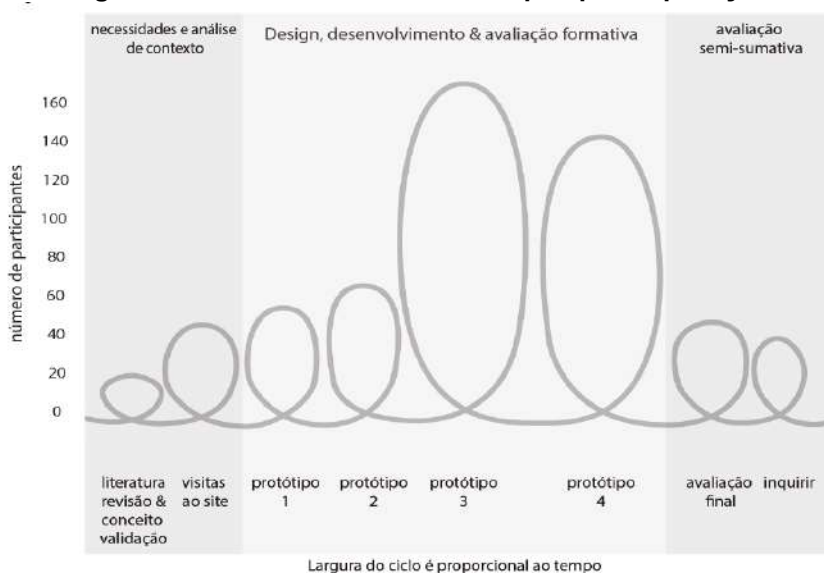
5.4 CICLOS ITERATIVOS E CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA-APLICAÇÃO

A natureza interventiva da PA e das suas características de se incorporar nos processos sistemáticos de educação, impõe a necessidade de se desenvolver em ciclos, conforme ilustra a figura a seguir:

Figura 14 - Iterações de ciclos sistemáticos de elaboração.

Fonte: Plomp et tal (2018, p. 32).

Plomp et tal (2018) também mencionam que no processo de desenvolvimento do projeto instrucional há exigência de natureza cíclica: atividades de análise, projeto, avaliação e revisão são replicadas até que um certo equilíbrio se estabeleça entre a idealização do projeto de design de ensino e o realizado na prática educacional propriamente dita. Conforme McKenney (2001) e Reeves (2006):

Figura 15 - Característica cíclica da pesquisa-aplicação.

Fonte: Mckenney (2001) e Reeves (2006).

A investigação de caráter interventivo impõe um delinear bem definido das atividades de pesquisa e conforme descrito a seguir por Plomp et tal (2018, p. 34):

- a) Pesquisa preliminar: necessidades e análise de contexto, revisão de literatura, desenvolvimento de uma estrutura conceitual ou teórica para o estudo;

- b) Desenvolvimento ou fase prototípica: fase de projeto iterativo que consiste de iterações, cada qual um microciclo de pesquisa, tendo a avaliação formativa como a atividade de pesquisa mais importante focada no aperfeiçoamento e no refino da intervenção;
- c) Fase de melhoramento: avaliação (semi) sumativa³⁴ para determinar se a solução ou intervenção está de acordo com as especificações predeterminadas. Como esta fase também resulta frequentemente em recomendações de aprimoramento da intervenção, podemos chamá-la de fase semissumativa.

A partir das atividades descritas, segundo Van Den Akker (1999), o pesquisador desenvolve reflexão sistemática e documentação suficientes para elaboração das teorias e dos princípios para elaboração do projeto, que representam a produção científica da investigação. É possível afirmar conforme Plomp (2018) que a reflexão sistemática e a documentação podem assegurar “ que a pesquisa baseada em projeto e desenvolvimento de uma intervenção emergja como Pesquisa-Aplicação” (p. 34). Van Den Akker *et al* (2006, p. 5) resume as características da pesquisa intervencionista:

Quadro 7 - Caracterização da Pesquisa-Aplicação.

intervencionista	a pesquisa objetiva a elaboração de uma intervenção para uma situação da vida real
iterativa	a pesquisa incorpora ciclos de análise, projeto e desenvolvimento, de avaliação e de revisão
orientada para o processo	o foco está na compreensão e no aprimoramento das intervenções (evita-se a mensuração de estímulos e respostas através do modelo de <i>black box</i>)
orientada para a utilidade	o mérito de um projeto é mensurado em parte por sua praticidade no uso por usuários em contextos reais
orientada para a teoria	o projeto (ao menos em parte) é baseado na estrutura conceitual e em proposições teóricas, ao tempo em que a avaliação sistemática de protótipos consecutivos da intervenção contribui para a construção da teoria

Fonte: Van Den Akker *et al* (2006, p. 5).

Porém, há outra característica fundamental da PA e indicada por Kelly (2006):

³⁴ Do latim tardio *summātu-*, participio passado de *summāre*, levar ao ponto mais alto; somar. *Sumativo* in Dicionário infopédia da Língua Portuguesa. Porto: Porto Editora, 2003-2020. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/sumativo>.

Quadro 8 - Característica que pode ser determinante para caracterizar uma PA

envolvimento dos praticantes	a pesquisa envolve a participação ativa ou a colaboração com os praticantes em vários estágios e atividades da pesquisa — isto aumenta a chance de que a intervenção se torne, de fato, relevante e prática para o contexto educacional, o que aumenta a probabilidade de implementação bem sucedida
------------------------------	--

Fonte: Kelly (2006).

Por outro lado, Wademan (2005) esclarece e demonstra que aproximação sucessiva dos produtos práticos (também chamados de intervenções), caminha lado a lado da aproximação sucessiva da teoria (que ele denomina de princípios de elaboração do projeto). O trabalho de Cobb *et al* (2003) corrobora em termos de racionalidade ao afirmarem:

Prototipicamente, o experimento da pesquisa-aplicação abarca tanto a elaboração de formas particulares de aprendizagem quanto o estudo sistemático dessas formas dentro do contexto definido com o fito de dar-lhe suporte. Esse contexto projetado está sujeito a verificação e revisão, podendo as sucessivas iterações que daí resultam fazer um papel semelhante ao da verificação sistemática em um experimento. (COBB *et al*, 2003, p. 9).

Van Den Akker *et al* (2006) destaca perfil de abordagem holística da PA, portanto, não se analisa variáveis de forma isolada e sim em contexto, haja vista que:

Ao tempo em que os pesquisadores da pesquisa-aplicação focam em objetos específicos e em processos (intervenções) em contextos específicos, tentam estudá-los como fenômenos integrais e significativos. Sua natural vinculação ao contexto da maioria das pesquisas-projeto também explica o motivo pelo qual seus pesquisadores não se esforçam para fazer generalizações desprovidas de contexto. (VAN DEN AKKER *et al*, 2006, p. 5).

É inerente da Pesquisa de Desenvolvimento a elaboração de dois produtos, um deles, enquanto pesquisa, independente da efetividade ou utilidade das intervenções, é o viés de orientação teórica de contribuir para o conhecimento do seu campo. No caso do campo educacional, conforme Plomp *et al* (2018), o “desafio da Pesquisa-Aplicação é capturar e explicitar as decisões implícitas associadas com o processo de planejamento e elaboração e transformá-las em linhas mestres” para laboração sobre problemas educacionais específicos de locais específicos. Por exemplo, em relação as nuances de pensar e fazer teoria da PA, Reeves (2006) e Wademan (2005) utilizam da concepção de “princípios de design”, já outros como

Barab e Squire (2003), Cobb *et al* (2004) e Edelson (2006) destacam como novas teorias um dos produtos da pesquisa-aplicação.

Já o outro produto surge dos aspectos da investigação relativos ao projeto e desenvolvimento das intervenções, para solucionar problemas de natureza complexa no campo das práticas educacionais, essas intervenções são avaliadas de forma sistemática e sofrem reformas para sua reutilização, com o intuito de aperfeiçoar os princípios de design da proposta de ensino.

Por exemplo, a especificidade do problema acerca da noosfera do ensino de Física do CEP a partir da utilização do LabD, demandou pela PA para a busca de soluções do problema, Pois:

[...] a partir do conhecimento de pesquisas anteriores, os pesquisadores, em colaboração com os praticantes, projetam e desenvolvem intervenções funcionais e efetivas, estudando cuidadosamente versões sucessivas (ou protótipos) das intervenções em seus contextos alvo e, ao fazer isto, refletem sobre seu processo de pesquisa com o fito de produzir princípios de design para intervenções inovadoras que sejam relevantes para a prática educacional. (PLOMP, 2018, p. 38).

Quanto aos princípios de design da investigação, emergem, segundo Van Den Akker (1999), dos princípios de natureza procedimental associados ao desenvolvimento com características da própria abordagem que escolhemos a partir dos nossos referencias teóricos, além de princípios de natureza substantiva implicados no desenvolvimento com características que surgem da própria intervenção.

O problema específico associado aos contextos filosóficos, históricos e sociais que permeiam a noosfera do ensino de Física do CEP, precisou de uma metodologia de pesquisa com princípios de design de natureza heurística para a abordagem do problema. Pois uma heurística “é sempre desenvolvida em um contexto dado e, por conseguinte, não há garantia de sucesso em outros contextos” (PLOMP, 2018, p. 39). Entretanto, o design e seus princípios, quando avaliados, validados e implementados também em outros contextos podem ser estabilizados e desta forma adquirir aspectos de generalização, o que fortalece a nova teoria que pauta a proposta de ensino, assim pode ser aplicada também em outras realidades de práticas educacionais.

De tal forma que o pesquisador participante possui a ciência de que os princípios heurísticos não constituem garantia de sucesso, mas contribuem para

subsidiar as tarefas de desenvolvimento da teoria e das intervenções de projetos específicos. Em termos da aplicação do conhecimento mais apropriado:

O conhecimento procedimental se refere ao conjunto de atividades consideradas as mais importantes no desenvolvimento de intervenções efetivas e funcionais. Por outro lado, o conhecimento substantivo é o conhecimento sobre características essenciais de uma intervenção e pode ser (parcialmente) extraído da própria intervenção resultante. (PLOMP, 2018, p. 39).

Para potencializar as intervenções, além da revisão de literatura, investigamos intervenções existentes, as quais contribuíram em termos de inspiração e de exemplos acerca do problema específico do LabD de Física do CEP. Cientes que a valoração do conhecimento que emerge da Pesquisa-Aplicação pode aumentar potencialmente, desde que a partir da articulação dos argumentos teóricos para mostrar inovação na proposta de ensino, claro com fortes evidências empíricas acerca do impacto dos princípios do design. Pois, Reeves (2006) orienta que na fase final da investigação por PA deve consistir de reflexão sistemática e registros para a fabricação dos princípios do design.

5.5 CONSTITUIÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES

A PA que desenvolvemos ao longo das iterações para elaboração do design de ensino, aconteceu em diferentes contextos desde 2016 até 2019. Coletamos informações acerca das vivências em cada contexto a partir das respectivas interferências, que aplicamos com a participação de colaboradores que se envolveram na pesquisa. A coleta das manifestações dos estudantes aconteceu por vários canais, essas manifestações constituíram nossas unidades de registro:

- As manifestações escritas na forma formal e informal por meio de: avaliações, e-mails, manuscritos dos estudantes/resumos expandidos para mostras de conhecimento, conversas via whatsapp.

- As manifestações faladas por meio de: áudios de whatsapp, podcast e seminários.

Em relação aos princípios do desenho de ensino priorizamos planejar e aplicar estes princípios a partir de ações em diferentes contextos, para aperfeiçoar a estrutura da proposta de ensino, que resultou na sequência de protótipos que foram

sendo projetados de forma orgânica, até chegarmos em nosso melhor, porém provisório, desenho de ensino com quatro princípios que pautam a Cultura de Laboratório.

A seguir os princípios:

- I. Projetos de investigação científica de equipes de estudantes com orientação do professor pesquisador participante e professores colaboradores;
- II. Reformulação do laboratório didático em termos epistemológicos e metodológicos, para corresponder, na forma e na essência, à uma sala de aula que se harmoniza na intersecção entre o teórico e o experimental;
- III. Divulgação científica por meio de estudantes na posição de possíveis influenciadores digitais, por exemplo a partir da produção de podcast;
- IV. Utilização especializada dos celulares/smartphones pelos estudantes na forma de instrumentos inscritesores.

As informações que coletamos dos diferentes contextos que pesquisamos, foram organizadas a partir das respectivas categorias que atribuímos em relação a cada princípio de design, os quais emergiram da revisão de literatura, mas também durante as fases da Pesquisa-Aplicação. A partir disso, realizamos as análises do quanto os princípios de design de ensino foram capazes de ampliar a racionalidade do estudante, para o aperfeiçoamento em termos epistemológicos, históricos e sociais do seu discurso, nas manifestações escritas ou faladas. Para investigarmos o quanto esses discursos possuem representações da ciência em construção, até porque os estudantes podem vir a reconhecer o consenso científico, para assim enfrentarem aquelas situações nas vivências do mundo da vida, nas quais se defrontam com discursos negacionistas da ciência. Logo, as categorias de análise são os princípios de design I, II, III e IV que mencionamos acima.

6 PRIMEIRO CICLO ITERATIVO: DESENHO DO PRIMEIRO PROTÓTIPO

A delimitação do problema local e complexo da noosfera de ensino de Física do CEP acerca da utilização do LabD, ocorreu inicialmente nos trabalhos de dissertação de mestrado de Muchenski (2015) e nas publicações seguintes de Muchenski e Miquelin: ESOCITE, em 2016; Enseñanza de las Ciencias, em 2017; IV CIECITEC, em 2017. Trabalhos de pesquisa que, juntamente com a revisão de literatura, permitiram a construção do capítulo 2. Na próxima subseção, mostraremos os ciclos iterativos que auxiliaram na elaboração dos princípios do design de ensino Cultura de Laboratório.

A partir do capítulo 2, realizamos em 2016 duas experiências para investigar de forma sistemática os dois primeiros princípios do projeto de design de ensino:

- I. Projetos de investigação científica de equipes de estudantes sob orientação do professor pesquisador participante;
- II. Reformulação do laboratório didático em termos epistemológicos e metodológicos.

A seguir nas seções 6.1 e 6.2, trataremos dos encaminhamentos metodológicos que orientaram os estudantes em cada experiência, em relação aos dois primeiros princípios nos seus respectivos contextos.

6.1 ESTUDANTES IMERSOS EM PROJETO DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Por que construir parcerias com estudantes em projetos de investigação científica?

O princípio de design de promover a imersão de estudantes em projetos de investigação científica, surgiu da revisão da literatura acerca da educação científica, em termos da sua efetivação a partir das ilhas interdisciplinares de racionalidade. Desenvolvemos esse princípio do design de ensino em dois grupos de estudantes, de uma escola particular em Curitiba-Paraná, acompanhamos e orientamos o primeiro grupo (a) em 2016 e 2017, o segundo grupo (b) em 2017.

Com a intenção de auxiliar a organização da PA ao seguirmos essas turmas de estudantes, assim ajudar na compreensão de cada contexto com seus participantes, dividimos a pesquisa em:

- Contexto das vivências e participantes;
- Constituição das informações;
- Análise das informações.

a) TURMA DE SEGUNDO ANO DE 2016 E 2017

CONTEXTOS DAS VIVÊNCIAS E PARTICIPANTES

No ENALIC de 2016, apresentamos o estudo sobre a proposta de ensino em que estudantes podem vir a aprender significativamente por projetos de pesquisa. Chamamos o estudo de *'Autonomia em pesquisa para estudantes da escola básica: com uma proposta de ensinar por projetos de pesquisa alicerçados por ilhas interdisciplinares de racionalidade'* (MUCHENSKI; MIQUELIN, 2016). A validação do nosso trabalho por especialistas no VI ENALIC, em 2016, contribuiu para o esboço do primeiro princípio de design da CL, de envolver estudantes em projetos de investigação científica nos moldes acadêmicos.

O objetivo principal foi o de contribuir para que estudantes, ainda em nível da EB, adquirissem autonomia em aprender a aprender acerca dos temas científicos. Para tanto, apresentamos inicialmente aos estudantes, a proposta de pesquisa por ilhas interdisciplinares de racionalidade de Fourez (1994), com a utilização do artigo de Pinheiro (2002), em que procuramos enfatizar sobre as etapas da construção da ilha de racionalidade. Exemplificamos a proposta, a partir da síntese de uma ilha de racionalidade acerca do debate entre os modelos de aquecimento global e resfriamento global, na qual abordamos: sobre máquinas térmicas; contextos da revolução industrial; dos interesses econômicos e políticos relacionados a discussão sobre o aquecimento ou o resfriamento global.

No quadro 9, a síntese da proposta de atividades por IIR que desenvolvemos com os estudantes, as atividades foram disponibilizadas no blog Racional & Empírico (<http://racionaleempirico.blogspot.com/>), o blog serviu para receber e, assim, registrar as atividades realizadas pelos alunos.

Quadro 9 - Etapas para envolver os estudantes em projetos de investigação científica.

ETAPA	PROJETO DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA/ORIENTAÇÕES PARA OS ESTUDANTES
01 - Formação em IIR	<p>Atividade para postar no blog: http://racionalempirico.blogspot.com/p/ilhas-interdisciplinares-de.html</p> <p>1). Realize a leitura do artigo: Um exemplo de construção de uma ilha de racionalidade em torno da noção de energia (de Terezinha de Fátima Pinheiro e outros). Disponibilizado NO LINK: https://www.passeidireto.com/arquivo/20937550/um-exemplo-de-construcao-de-uma-ilha-de-racionalidade-em-torno-da-nocao-de-energia. E, realize a leitura de forma alerta em relação as etapas sugeridas para construção de uma ilha de racionalidade e escreva um resumo que sintetize de como construir uma ilha de racionalidade destacando as suas etapas.</p> <p>2). Depois da leitura orientada escolha uma noção/saber sábio relativo a física térmica (2 ano) ou mecânica (1 ano), e escreva uma questão para uma possível I.I.R. E, descreva as possíveis caixas pretas que podem surgir no momento da etapa clichê.</p> <p>3). Depois do item 2, proponha uma proposta de projeto (utilitário ou cultural) para a possível construção da I.I.R. Justifique a sua indicação para o projeto e, escreva um contexto que poderá ser utilizado para chamar a atenção para o seu projeto.</p> <p>4). Comente a postagem de pelo menos dois outros colegas cursistas, em relação as sugestões de projetos e se existe alguma aderência com a sua proposta de projeto.</p> <p>5). Não esqueça de se identificar para a atividade ser considerada como completa, exemplo de identificação nome_2ª série.</p> <p>Para o dia 02/05/2016</p> <p>Observação: o artigo será debatido na aula de terça-feira (09/05/2016).</p>
02 - Discussão sobre IIR e proposta do projeto de investigação científica.	<p>SEMINÁRIO SOBRE AS ETAPAS DE UMA IIR E APRESENTAÇÃO DE UMA IIR</p> <p>Tema: problema prático ou sugerido pela disciplina.</p> <p>Etapa 1: elaborar um clichê da situação estudada;</p> <p>Etapa 2: elaborar o panorama espontâneo;</p> <p>Etapa 3: especialistas;</p> <p>Etapa 4: indo a prática;</p> <p>Etapa 5: saber sábio, a ensinar e o ensinado; com experimentos e/ou simulações;</p> <p>Etapa 6: síntese, preparo da apresentação e ensaio;</p> <p>Etapa 7: aprofundamento em algumas das caixas pretas para enriquecer a ilha de racionalidade;</p> <p>Etapa 8: apresentação e entrega dos projetos.</p> <p>(09/05/2016)</p>
03 - Primeiras etapas das IIR	<ul style="list-style-type: none"> • ETAPA 1: elaborar um clichê da situação estudada. ➤ Conjunto de questões relacionadas com a noção do saber sábio ou do projeto; ➤ Qual é o problema da sua IIR? Quais as variáveis dependente e independente? ➤ E qual a hipótese relativa ao problema de pesquisa. <p>ETAPA 2: elaborar o panorama espontâneo. Composto das seguintes ações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lista dos autores envolvidos; ➤ Pesquisa de normas e condições impostas para a situação; ➤ A lista dos jogos de interesse e das tensões; ➤ Lista das caixas; ➤ Lista dos especialistas: resumo da pesquisa inicial, citando fontes e as referências.
04 - Síntese d'IIR	<p>Atividade projeto ilha interdisciplinar de realidade: postar a síntese no blog Racional & Empírico (na página indicada como SÍNTESE DAS I.I.R), que deve conter o tema, a questão problematizadora ou contexto e a as questões da etapa clichê, com a possível indicação das caixas pretas que o grupo levantou.</p> <p>Para o dia 17/05/2016</p>

05 - Portfólio de artigos	<p>FORMAÇÃO PARA A IMERSÃO EM BANCOS DE DADOS</p> <p>TEMA: ilhas de racionalidade/abrindo as caixas pretas</p> <p>O grupo das ilhas de racionalidade já aconteceu a divisão de trabalhos, ou seja, cada integrante do grupo ficou responsável por uma caixa preta (especialidade).</p> <p>Para avançar na pesquisa chegou o momento de você abrir a sua caixa preta, para auxiliar a investigação faça uso das orientações:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Crie pergunta (s) sobre o tema da sua caixa preta; 2. Pesquisa sobre o seu tema e sua (s) pergunta (s) nas bases de dados Scielo (http://www.scielo.br/cgi-bin/wxis.exe/iah/?IsisScript=iah/iah.xis&base=article%5Edlibrary&index=KW&fmt=iso.pft&lang=p) e Google Acadêmico (https://scholar.google.com.br/), documentários no Youtube e entrevistas com especialistas nas áreas afins do seu tema (no caso de entrevistas você previamente terá que produzir perguntas para apresentar ao especialista); 3. Encontre de 4 a 5 fontes de pesquisa entre artigos, documentários e entrevistas. Eles constituirão seu portfólio de investigação; 4. Investigue sobre a sua caixa preta nos artigos e/ou documentários e/ou entrevista com especialista. Atentando-se da importância do seu trabalho investigativo da caixa preta para contribuir para o projeto de pesquisa do seu grupo; 5. Produza uma síntese sobre sua investigação da caixa preta, o texto deverá constar: <ol style="list-style-type: none"> a. Tema da caixa preta; b. A (s) pergunta (s) associadas com a caixa preta; c. Citar com referências os artigos e/ou documentários e/ou entrevistas com especialistas, que comporão o seu portfólio de investigação; d. Um resumo da investigação do seu portfólio com no mínimo 20 linhas; e. Citar outras caixas pretas que surgiram na pesquisa; f. Apontar as dificuldades da investigação relativa à sua caixa preta. 6. Produza um slide em PowerPoint esquematizando a sua caixa preta; 7. Enviar os itens “5” e “6” para o e-mail: juliomuchenski@gmail.com.br. <p>Data de entrega: 27/06/2016 (até 23:59 h)</p> <p>BOA INVESTIGAÇÃO!!!!!!</p>
06 - Fichamentos	<p>Escolha do seu portfólio de pesquisa duas das suas fontes (artigo e documentário), realize a leitura do artigo e assista o documentário, depois faça um fichamento sobre o artigo e um fichamento sobre o vídeo, que devem constar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Título do artigo ou documentário 2. Referência segundo a ABNT do artigo ou documentário (pesquise como fazer a referência de cada um); 3. Produza de dois a três parágrafos que representem um resumo do artigo ou documentário, caso utilize trechos do artigo ou documentário não esqueça de apresentar a referência (pesquise sobre referência direta e indireta); 4. Produza de um a dois parágrafos sobre suas percepções a respeito do tema abordado no artigo ou documentário; 5. Crie quatro questões sobre o artigo ou documentário, sobre dúvidas que surgiram quando realizou a leitura ou assistiu ao vídeo; 6. Envie o fichamento sobre o artigo e sobre o documentário para o e-mail: juliomuchenski@gmail.com. <p>Para o dia 01/09/2017</p>
07 - Síntese	<p>Apresentação na forma de seminário na mostra do conhecimento da escola, a partir da ambientação de sala de aula que se remetesse ao tema do trabalho de investigação científica.</p>

Fonte: Autoria própria (2021).


CONSTITUIÇÃO DAS INFORMAÇÕES



Os quadros 10 e 11, tratam do registro parcial dos dados obtidos a partir das postagens de alguns estudantes em 2016, no blog Racional & Empírico, relativo as atividades propostas no quadro 9, acesso no link: <http://racionaleempirico.blogspot.com/p/ilhas-interdisciplinares-de.html>. Esses dados, a partir das manifestações na forma escrita dos estudantes, serão analisados sob a categoria do princípio de imersão de estudantes em projetos de investigação científica ou da imersão na literatura científica.


Neste ponto, decidimos pela redução dos dados dos estudantes da 2ª série, pois se tratava de turma piloto para orientar a construção de um dos princípios do design de ensino da CL. Na redução, optamos por uma das equipes constituída por quatro estudantes, cujo trabalho inscreveram no FICIÊNCIAS em 2016, não foi aprovado. Porém no ano seguinte recebeu um aceite no ENPEC XI, em 2017.

Garantimos o anonimato dos estudantes na exposição dos dados no quadro 10, relativo as etapas 1, 2 e 3 do quadro 9 e, também, do quadro 11 em relação as etapas 4, 5 e 6 do mesmo quadro. Deixamos a inicial do nome de cada estudante com a associação as suas escritas, a partir do blog Racional & Empírico.

Quadro 10 - Dados do blog Racional & Empírico acerca das etapas 1,2 e 3.

ESCRITAS DE ESTUDANTES IMERSOS EM PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA	
ESTUDANTE	<p>MANIFESTAÇÃO ESCRITA</p> <p>(Obtidos depois do seminário sobre ilhas de racionalidade e discussão sobre cada etapa da ilha)</p> <p>Link de disponibilização dos dados: http://racionaleempirico.blogspot.com/p/ilhas-interdisciplinares-de.html</p> <p>Acesso em 08/11/2020</p>
G	<p> Unknown 9 de maio de 2016 14:52</p> <p>Gí i_2ano_</p> <p>Proposta: Como o corpo humano funciona sendo uma máquina térmica? A energia que provem dos alimentos faz com que o corpo realize suas funções básicas, e essa energia acaba sendo transformada em trabalho.</p> <p>Caixas pretas: - Como relacionamos máquinas térmicas com o sistema nervoso? - O que não é transformado em trabalho pode ser utilizado depois?</p> <p>Projeto: Comparar um motor de geladeira/carro com o corpo humano. Esse projeto tem o intuito de espalhar o conhecimento e mostrar que mesmo que as pessoas não saibam o funcionamento de um motor se assimila muito ao do corpo humano. A demonstração no projeto se dá de uma forma necessária para instigar as pessoas a saberem mais.</p> <p>Responder Excluir</p>


Z	<p> Unknown 9 de maio de 2016 17:08</p> <p>Qual a ligação de churrasco com energia?</p> <p>Desta pergunta iniciei a ideia do projeto, que é como uma coisa que envolve nosso cotidiano esta ligada à energia. Como relacionar o churrasco com a produção de energia no corpo? Qual descoberta da humanidade está ligada ao churrasco? O churrasco é algo praticado desde os primórdios da humanidade, uma forma mais saudável de comer carne, que esta ligada diretamente com uma das maiores descobertas do ser humano, o fogo, uma das formas mais potentes de energia e que está extremamente ligada a produção do churrasco. Sua outra grande ligação com a energia é com a produção de energia de nosso próprio corpo que vem da comida. Para este projeto chamar atenção acho que poderia ser contada a forma que o churrasco algo comum de nosso dia a dia esta ligado com a história desde que classe social atingiu em cada contexto até o conceito hoje em dia que vem em nossas mentes ao pensarmos em churrasco.</p> <p>M _2ano</p> <p>Responder Excluir</p>
C	<p> Unknown 9 de maio de 2016 16:02</p> <p>O que é calor do ponto de vista das variadas áreas científicas? E do senso comum? Como ele se manifesta? Por que se usa "calor" de forma tão equivocada usualmente? Existem interesses por trás dessa questão? Por que se usa de outros conceitos físicos de forma tão equivocada usualmente? Qual o impacto dessa confusão entre as ciências para elas mesmas e para os estudantes? Há países em que isso não acontece? Existe uma relação entre o desenvolvimento das ciências com a terminologia ser ou não familiar? Por fim e principalmente, quais as possíveis soluções para esse contexto?</p> <p>Sugestão de projeto: utilitário - investigação das causas e consequências de um problema para a futura formulação de modelos que busquem/tenham solucioná-lo (ou não).</p> <p>A escolha do projeto permeia questionamentos muito pessoais desde o início do Ensino Médio, quando foram apresentados conceitos físicos totalmente diferentes daqueles conhecidos a partir da Língua Portuguesa ou até mesmo da oralidade. Dessa forma foi inevitável a confusão entre as terminologias física e oral, sendo esta impassível de abandono, causando uma confusão e um impasse no aprendizado. Um exemplo é o conceito de calor: definido pelo dicionário como "s.m. Qualidade daquilo que é quente; temperatura elevada, tempo quente: os grandes calores do verão." enquanto a Física o define como energia térmica em trânsito, ou seja, justamente o oposto daquilo que se conhece geralmente por calor.</p> <p>Essa situação infelizmente não acontece apenas com a Física, como também com a História e Filosofia quando conceitos como pré-história e ética vêm à tona, por exemplo. Portanto, as questões acima parecem, nesse primeiro momento de elaboração, extremamente pertinentes não só para o estudo, ensino e aprendizado das Ciências como também para a educação como área, uma vez que é o que pretendo seguir como carreira.</p> <p>Para chamar a atenção para o projeto seria pertinente propor uma série de problemas e questões controversas como conceitos equivocados, assim como nos foi apresentado em aula e em guias através do GREF. Essa forma de apresentação provoca e, com a alternância entre CH e CE talvez abranja um número maior de estudantes. Além disso, seria interessante ainda relacionar toda a problemática com assuntos atuais e decorrentes na mídia, dependendo das respostas encontradas para as caixas pretas.</p> <p>C: _2ano</p> <p>Responder Excluir</p>

A	 <p>Unknown 9 de maio de 2016 18:06</p> <p>Por que no frio esfregamos as mãos? Quando está uma temperatura baixa, é muito comum ver pessoas na rua esfregando as mãos. Isso é uma forma de aquecimento corporal que todos tem conhecimento e repassam a informação, mas ninguém sabe ao certo por que. Desde quando fazemos isso? Quem foi a primeira pessoa a ter essa ideia? Isso acontece com qualquer coisa que esfregamos?</p> <p>O projeto em questão consiste em um experimento com tudo que é sólido, vivo ou não, partindo do princípio de que quando esfregamos as mãos, atritamos os átomos, estes começam a gerar energia pelo deslocamento dos prótons e elétrons, que se chocam entre si, formando uma energia que se transforma em calor.</p> <p>Para chamar atenção é interessante reforçar que gerar calor é algo que todos fazemos todos os dias, de uma maneira voluntária ou não, está muito presente em nosso cotidiano, portanto, acredito ser interessante ter o conhecimento de como acontece.</p> <p>A _2ano_</p> <p>Responder Excluir</p>
---	--

Fonte: Autoria própria (2021).

No quadro 11, trazemos dados obtidos das etapas 4, 5, 6 e 7 do quadro 9. Os dados correspondem a coletânea de prints de e-mails e postagens do blog, que contribuíram para construir um dos princípios do primeiro protótipo da CultLab, o da imersão de estudantes na literatura científica, em projetos de pesquisa.

Quadro 11 - Dados obtidos do blog Racional & Empírico e dos e-mails dos estudantes

ESCRITAS DE ESTUDANTES IMERSOS EM PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA	
ETAPA	PRINTS DAS MANIFESTAÇÕES ESCRITAS POR E-MAIL OU POSTAGENS DO BLOG RACIONAL & EMPÍRICO
4	 <p>Unknown 17 de maio de 2016 17:18</p> <p>Grupo: A.. ; Cam ; Cas ; G ; N</p> <p>2ª série EM, Sion Batel</p> <p>Tema principal: Questões problematizadoras a partir do uso do termo "Calor".</p> <p>Caixas Pretas:-Relação do termo e do próprio calor com o corpo humano/febre.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Relação de calor em geral com A Teoria de Planck. -Como se chegou a esse termo com tal definição. -Uso do termo em diferentes áreas da educação. -Uso do termo em diferentes lugares do mundo. <p>Responder Excluir</p>

5



Unknown 1 de junho de 2016 20:07

Tema: Definições Científicas e Senso Comum;

Grupo: A, C, G e Ni ;

- Definição de calor em diferentes áreas do conhecimento> Como o termo " calor" é usado em vários tipos de situação. Áreas já iniciadas para o processo de estudo:

Física pelo senso científico: Calor é a transferência de energia térmica entre corpos com temperaturas diferentes.

~ Biologia pelo senso científico: Se alguém afirmasse que quanto mais baixa é a temperatura ambiente, mais calor há; e que quando a temperatura ambiente sobe para valores próximos à temperatura corporal, o mal estar associado deve-se não ao excesso, mas sim à falta, de calor;

~ História pelo senso científico: Muitos gregos, principalmente Aristóteles, acreditavam que os quatro elementos responsáveis pela formação do universo eram: a água, o fogo, a terra e o ar, sendo que o fogo era seco e quente. Podemos dizer que a impulsão inicial sobre o estudo do calor foi dada pelos alquimistas que procuravam transformar diferentes materiais em ouro. Eles imaginavam que, para tal fato acontecer, era necessário um controle bem preciso da temperatura.

~ Senso comum: Usado na maioria das vezes para definir temperaturas altas " nossa, hoje está muito calor"

- Nova proposta escolar; pretendo estudar métodos de ensinios novos que vêm surgindo em diferentes países, não apenas relacionados a física, mas também ao ensino fundamental I e II, tendo em vista uma melhora no ensino futuro. Método de ensino já iniciado para estudo:

~ Finlândia> "Em experiência pedagógica, alunos são protagonistas em sala de aula. Disciplina e conteúdo perdem espaço para competências : tópicos, como "mudança climática" e "centenário da independência da Finlândia" começam a receber mais ênfase do que a transmissão de conteúdo por meio da rigidez das disciplinas.

Em um passo além do que hoje acontece por no mínimo dois períodos ao ano nas chamadas "aulas de fenômenos", a grade horária se torna mais flexível para que o estudante entre em contato com conceitos de economia, história, geografia e línguas estrangeiras de modo transversal com a ajuda de temas do cotidiano."

2ano_1 -_Al

[Responder](#) [Excluir](#)

6

IIR início: primeira apresentação IIR x**C.**
para mim27 de jun. de 2016 19:20 ☆ ↶ ⋮

Boa noite, professor

Apresentação e respectivos textos de hoje em anexo.
(obrigada por esse trabalho)

Abs.

A, C, G e N

...

[Mensagem cortada] [Exibir toda a mensagem](#)5 anexos ↓ ↺**JULIO CESAR MUCHENSKI** <juliomuchenski@gm... seg., 27 de jun. de 2016 20:48 ☆ ↶ ⋮
para C



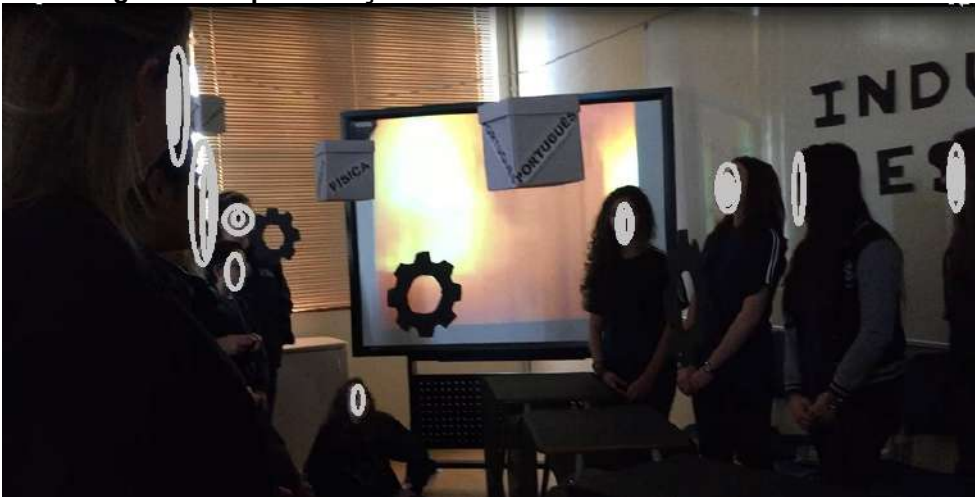
Boa noite C,

vocês estão com uma ótima ilha e, considero que renderá frutos para vocês. E, na medida que vá avançando nas leituras dos artigos realizem fichamentos dos textos, caso tenham dificuldade em fichar falem comigo e poderei contribuir. E, como a sala de vocês é peculiar, foi uma turma que rendeu em termos de ideias para as ilhas, existem turmas que sentem muito mais dificuldades. Por exemplo, meu orientador realiza a mesma estratégia com a turma de segundo período do curso de licenciatura em Ciências, e os projetos não decolam.

Portanto, não precisa agradecer, pois vocês acabam alimentando meu idealismo em acreditar que um dia teremos uma escola diferente, de caráter formativo e criativo e não de caráter informativo (de memorização e reprodução).

Abs.

...

	<p> C < j@hotmail.com> 28 de jun. de 2016 20:39 ☆ ↶ ⋮ para mim ▾</p> <p>Boa noite, professor</p> <p>Me desculpe pelo atraso, poderia ter visto a parte dos fichamentos hoje mesmo. Enfim, fico muito feliz que acabamos alimentando esse idealismo e também com os resultados da nossa turma, mas preciso agradecer sim! Em primeiro lugar, esse trabalho é um dos únicos elementos positivos do bimestre justamente pela afinidade com o tema e falta de obrigatoriedade no que se refere a resultados concretos e imediatos. Além disso, os comentários de que, explorando o problema, renderia uma dissertação ou tese depositam uma confiança absurda no nosso grupo e na escolha do tema, o que eu sinto que merece agradecimento.</p> <p>Muito entusiasmo, C.</p> <hr/> <p> JULIO CESAR MUCHENSKI <juliomuchenski@gmail.co...> 28 de jun. de 2016 21:09 ☆ ↶ ⋮ para Cr ▾</p> <p>Boa noite C</p> <p>apesar de experimental a utilização das IIR com a sua turma, acredito que se trata de uma ferramenta poderosa do Pensar, Fazer e Criar dos contextos de produção dos saberes, o simples fato de vocês começarem a acessar base de dados de periódicos, é muito positivo em termos de vocês ganharem autonomia enquanto estudantes, o que deveria ser o principal objetivo da escola básica. Portanto, estou muito satisfeito com os resultados dos grupos até aqui.</p> <p>Att.</p> <p>Prof. Julio Cesar</p> <p>...</p>
7	<p>Fotografia 1 - Apresentação da síntese em mostra de conhecimento.</p>  <p>Fonte: Autoria própria (2021).</p>

A equipe de estudantes apresentou a síntese da IIR, na mostra de conhecimento no final de 2016, a partir da preparação da sala de aula na forma de cenário que lembrasse uma fábrica, uma analogia entre o ambiente industrial e o ambiente escolar. O cenário foi chamado pelo grupo de ambiente de indústria escolar. Destacou-se na síntese da IIR do grupo: a descrição do ambiente organizado em fileiras (associação às linhas de produção); dos conhecimentos compactados e especializadas em “caixinhas”; imersão a partir da ambientação com projeção ao fundo do clip do Pink Floyd Another Brick In The Wall (HQ), disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=YR5ApYxkUU>.

O grupo teve o cuidado de substituir a música do clip por uma sonorização característica de fábrica, com sons de maquinário em pleno funcionamento, portanto, sutilmente os estudantes compararam os ambientes de fábrica e da escola. Descrição do item 7 com registro da fotografia 1 relativo a apresentação do seminário na mostra do conhecimento, das estudantes “N”, “C”, “A” e “G”, com a transcrição do áudio:

N: Vocês podem perceber que o cenário remete a ideia da indústria escolar, durante a apresentação vocês perceberão que comparamos o sistema de ensino prussiano com o ambiente industrial. Para ilustrar o nosso exemplo nós vamos utilizar a palavra calor. Para vocês o que é calor.

C: Por exemplo o conceito de calor, o que significa? Como interligar com outros saberes? Normalmente as pessoas associam calor com quente, ética é fazer o certo o certo, mas não é bem assim, são conceitos definidos de formas diferentes.

Estudante 01 assistindo a apresentação: energia em trânsito.

C: Energia em trânsito, isto. Calor em trânsito, muito bem, vocês estão estudando para o vestibular então vocês sabem. Então estes equívocos não acontecem somente com calor, com ética como eu falei e acontece com várias outras palavras.

A: Por exemplo por que quando procuramos esses conceitos nos dicionários, você acaba se confundindo, por tratarem o conceito segundo um senso comum. E, vejam este tipo de ensino especializado não é uma exclusividade brasileira, tb acontece em outros países, esse sistema de caixinhas de português, geografia e história. Mas na verdade tudo está interligado, então ensinar tudo separado por quê?

C: Foi essa relação que vocês já tiveram contato, sinal, uniforme, portões, grades, e estes tipos de coisas que é bem parecido com as indústrias, relacionado com a indústria escolar. Fora a questão histórica mesmo, por exemplo com a revolução industrial e com o desenvolvimento das máquinas térmicas, em que os desenhos não foram mais suficientes para que os operários soubessem como operar aquelas máquinas. Então, eles precisavam ler os manuais, só que eles não sabiam ler. Então eles precisaram popularizar as escolas, sem a preocupação em contribuir com a formação do indivíduo, mas somente para que ele pudesse trabalhar melhor e cada vez mais. E, na mesma época a Prússia estava em muita guerra, portanto eles precisavam desenvolver um sistema que o militar focasse em si mesmo, individualista, então foi esse sistema prussiano que você tem as carteiras enfileiradas. Mais tarde, os adultos formados nesse sistema crescem com a cabeça muito fechada, sem visão política do mundo, fora isso quando os professores tentam mudar como por exemplo ensinar a aprender, ou com a educação ativa ou misturando as matérias, nós estudantes não gostamos e reclamamos, pois desde pequenos aprendemos que o conhecimento é dividido em caixinhas, por exemplo o professor de física somente pode ensinar física e, o de filosofia só pode ensinar filosofia. Mas, a gente sabe que não é bem assim.

G: Este sistema escolar temos que aprender todas as matérias, pois vocês bem sabem que é preparar para o vestibular, isto gera um enorme stress dos estudantes, dos pais e dos professores

e, o vestibular é avaliar o conhecimento a partir de uma prova, mas você marcar uma alternativa certa prova que você tem conhecimento?

C: Muito do que a gente pensa que deveria mudar na escola é apenas uma aparência de “cosméticos” do que a gente acha que é a escola. Por exemplo, da escola sem partido que é uma proposta que está tramitando agora que o professor não pode ter opinião em sala de aula, mas se a gente for pensar bem a fundo da questão, nem é essa a discussão que a gente deveria estar tendo com alguns professores, pais, enfim, pois a discussão deveria ser que o papel do professor enquanto educador deveria ser o de ensinar a aprender [...] E, fornecer os métodos necessários para isso, não só passar a matéria no quadro, para que o aluno copie e decore e vá bem em uma prova. Além disso outro ponto por exemplo é a questão do ENEM, que antes se propunha a avaliar o ensino brasileiro, só que no final das contas ele acabou se tornando só mais um vestibular. Além de dividir as ciências por áreas de conhecimento, ciências da natureza, linguagens, matemática, acabam contribuindo e reforçando ainda mais com essa ideia das caixinhas.

A: Além dessas questões, existem alternativas de ensino, como por exemplo o utilizado na Finlândia em que as matérias estão interligadas, por exemplo, não é que você não iria ter a aula de história, mas, por exemplo, você iria ter aula sobre a primeira guerra mundial, que você teria aula com o professor de geografia, com o de história e também, por exemplo, pelo professor de física com questões relacionados com balística. Ou então vocês não iriam ter aula de biologia, mas sim teriam sobre ecossistema envolvendo diferentes áreas do conhecimento. Aqui no Brasil mesmo, existe uma escola em que a organização do currículo acontece em ciclos que totalizam nove anos e, semanalmente toda a escola senta em círculos com estudantes de diversas idades de dezesseis, de sete e doze anos, eles sentam juntos para conversar sobre um determinado assunto, por exemplo, sobre cidadania, respeito e um escuta a visão do outro, isto é uma experiência muito legal. E semanalmente também trabalham com cerâmica e exercitam artes marciais, pois eles acreditam que os encaminhamentos que dão certo para uma pessoa, não necessariamente irão dar certo para outra pessoa, por isso a diversidade de estratégias.

N: E claro para mudar a escola é necessário que o sistema lá de cima mude, pois não adianta nada ter um ambiente perfeito de aprendizagem com práticas e técnicas se lá na frente seremos cobrados por exames exaustivos como os atuais vestibulares e o ENEM. Só que é assim a gente não pode ficar sentado esperando que haja uma mudança, então a gente pode começar em um nível menor fazer a diferença, por exemplo, a gente precisa mudar a concepção do conhecimento, que ele é um só e abrange todas as matérias e que elas estão interligadas, quando a gente consegue ter essa percepção a gente tentar passar isso, criar uma corrente mesmo, portanto nós podemos repassar essas ideias para outras crianças e adolescentes e sim o sistema pode ser mudado por baixo do que ele é atualmente, além de diminuir a pressão e o peso sobre os estudantes nestas questões de vestibular, pois nós como alunos não somos definidos por isso, o sistema.

C: então é isso, alguma pergunta gente? Alguma opinião?

G: Vocês sentem isso também?

Estudante 02 que assistia a apresentação: O que a gente pode fazer para mudar esse sistema? Sei lá, algum movimento estudantil, sei lá.

C: a gente sabe que é muito difícil, mas como a gente falou tem uma PL que diz que a educação tem que ser integrada com as áreas de conhecimento e, com a arte e com os esportes, mas não interesse em mudar, de tal forma que a gente tem que começar a mudança por baixo.


G: e o vestibular não ajuda, pois ele poderia que ser modificado

A: então a mudança tem que ser gradual e como a “N” falou, vamos supor que você estivesse em uma escola perfeita e, o que você faria quando saísse da escola, pois você não iria passar no vestibular, portanto, a mudança mesmo que a gente queira vai ser bem difícil e será ao longo de muitos anos.

N: por exemplo, o sistema de vestibular teria que ser modificado.

Em 2016, a equipe realizou a inscrição do trabalho de pesquisa no FICIÊNCIAS-2016/Foz do Iguaçu, a seguir prints dos e-mails sobre orientações do professor participante, com destaque da solicitação pelos estudantes de especialistas:

Figura 16 - Prints de e-mails para a orientação da pesquisa de estudantes

 **C** <[redacted]@hotmail.com> 30 de ago. de 2016 23:51
para mim

Boa noite (dia, no caso), professor,


Primeiramente (fora Temer), muito obrigada pela atenção e todas as alterações! Como comentou, já tentei mexer no documento, não sei se corretamente hehe, e há que comentar algumas dicas. Assim como você, responderei por tópicos:

1. Sim! Realmente, não vamos nem arranhar a temática "consequências para os estudantes". A sugestão que deu ficou excelente.
2. De novo sim! Com exceção da interrogação, que é proibida pelo regulamento (define o problema como uma afirmação).
3. Como o problema ficará com a afirmação "há diferenças...", a hipótese sendo uma afirmação também sobre essas diferenças não fica quase igual? (anexo com as alterações). Sobre a sugestão, fiz uma pequena alteração. O que acha?
4. Muito obrigada!
5. Tínhamos destacado em asterisco embaixo sobre a formatação, já que esse trabalho demanda tempo e queríamos enviá-lo o quanto antes para que avaliasse. Sobre o google acadêmico, muito obrigada de novo! Não fazia ideia e com certeza economizará muito tempo.
6. OBRIGADA DE NOVO!!

Agradecemos os elogios e, principalmente, as críticas, sugestões e comentários. Tudo bem se usarmos as suas sugestões de título e hipótese? Descreveram o nosso trabalho melhor do que a gente pôde hahaha. Não estranhamos, de forma alguma, a quantidade de comentários, uma vez que é um trabalho de maior exigência quanto a normas e padrões. Em anexo, o documento com as devidas alterações e, de novo, se achar necessário, estamos dispostas a alterá-lo.

ps: contando tudo, o resumo contabilizou 2250 caracteres, contando com os espaços. Sendo assim, sugere que retiremos alguma parte específica, resumamos e/ou retiramos algumas palavras-chave?

Muito obrigada pela 2348ª vez.
abs.

 **JULIO CESAR MUCHENSKI** <juliomuchenski@gmail.com> 31 de ago. de 2016 08:34
para C

Bom dia C,

O que posso dizer do trabalho é que ele está científico, eu diria que ele não deixa a nada a desejar para qualquer congresso de nível de graduação, portanto parabéns. Mas, deixando os elogios, vamos aos trabalhos:

- É claro que podem utilizar o título e a hipótese que sugeri e, tomara que tenha ajudado no trabalho;
- No texto ficou excelente o referencial teórico e a sua formatação;
- Depois de Fourez, mudei a data (1994) de lugar, pois ele estava depois de ilhas de racionalidade e o ano deve aparecer logo depois do autor, mas está em vermelho para destacar;
- Em relação ao seu questionamento sobre o resumo, o que diz a regra, é 2000 caracteres com espaço ou sem espaço, caso seja sem espaço, mantenha o resumo como está, E, tenho a impressão que as palavras chave não entram na contagem do resumo, verifiquem isto. Lembre-se também que quando a regra fala em palavra chave, aceita-se uma expressão como palavra chave, exemplo: conceitos científicos, é contado como uma única palavra chave. Parece estranho, mas é assim. E por fim, sempre uma última revisão melhora a escrita do manuscrito.
- Agora se tiverem que realmente reduzir o resumo, não cortem as ideias, apenas procurem sintetizar um pouco mais as ideias, mas sem comprometer a sua compreensão, talvez para sintetizar procurem no discurso objetivar algumas coisas.
- Está interessante o caráter científico do texto, quando utilizaram a terceira pessoa para o resumo;

Agora é arrumar estas últimas coisinhas e depois é com os pareceristas do congresso, pois o trabalho está bem escrito e contundente, é claro que depende na correção da subjetividade do corretor, mas vocês terão ao meu ver uma boa avaliação.

Qualquer dúvida, estou a disposição.

Um grande abraço e bom trabalho.

Segue em anexo o trabalho com a poucas alterações



Bom dia, psor!

AE! Mostramos para a Fran e para a Solange, que nos ajudaram com algumas frases que estavam ambíguas. Segue em anexo a versão pronta, ou mais recente, do documento. Não sabemos como está sua disponibilidade, então caso haja alguma alteração muito drástica pode informar. Caso contrário, aguardamos seu OK para o envio. VALEUZÃO DE NOVO!

Abração.

[Mensagem cortada] [Exibir toda a mensagem](#)



Fonte: Autoria própria (2021).

O trabalho submetido ao FICIÊNCIAS corresponde a última etapa das IIR, que consistiu a sua síntese, relativo as várias caixas pretas investigadas durante a pesquisa.

A seguir o trabalho inscrito pelas estudantes A, C, G e N ao FICIÊNCIAS 2016:

Ajuda nois, psor ☺

TÍTULO: Investigação de representações de conceitos científicos por estudantes, enunciados segundo o senso comum.

QUESTÃO OU PROBLEMA: por que há diferenças entre as definições científicas e as representações enunciadas segundo o senso comum?

HIPÓTESE: há equívocos em enunciados sobre conceitos científicos, quando estudantes utilizam das suas representações alicerçadas no senso comum, que é repetido muitas vezes mecanicamente, mesmo havendo letramento científico.

RESUMO: desde o início do ensino médio, quando os conceitos físicos passaram a exigir um nível mais técnico, percebeu-se dificuldade com as definições apresentadas pelos livros didáticos, cuja essência fugia do que é conhecido pelo senso comum, entendido segundo Paty (2003). Em suma, o que era visto como verdade foi desestruturado através do acesso às

diversas matérias. Com isso, resolveu-se estudar as causas e consequências da imprecisão conceitual e como resolvê-la, visando a esclarecer a utilização das palavras, tanto no ambiente acadêmico quanto social. Em primeiro lugar, foi proposta uma atividade em sala com base no exemplo de IIR de Pinheiro (2002), que consiste em oito etapas. A primeira, elaboração de um clichê, foi feita a partir da confusão causada com as diferentes definições dadas a palavra “calor” pela Ciência. Em seguida, foi necessária a ampliação do clichê em que foi denominado o grupo de pesquisa, as normas e questões culturais envolvidas, tal como a separação das matérias desde o século XIX quando o Brasil ainda era um vice-reino. Para o melhor entendimento do assunto, foram estabelecidas diferentes caixas pretas, segundo Fourez (1994) e suas Ilhas de Racionalidade entre os estudantes. Em outras palavras, o tema central foi subdividido para solucioná-lo a partir de outras perguntas, como: o que é o “calor” do ponto de vista das variadas científicas e do senso comum?; por que se usa o termo “calor” de forma equivocada usualmente?; qual o impacto dessa confusão para as ciências e os estudantes?; qual(is) é(são) o(s) processo(s) de formulação de um dicionário, tanto no Brasil como em outros países?; como são desenvolvidos os conceitos científicos?; quais foram as mudanças com relação a esses conceitos ao longo da história, tanto no senso comum quanto na Ciência?; qual(is) a(s) razão(ões) da(s) mudança(s)?; como é o sistema de educação no Brasil e no mundo e suas respectivas falhas?. Semanalmente foram estudados e lidos diferentes artigos nessa temática, além de discussões entre o próprio grupo e profissionais da educação. Foram contatados editores de dicionários em inglês, como Oxford e Cambridge e, no Brasil, coletados depoimentos a respeito do Houaiss. Para investigar mais a fundo cada questão, as caixas foram divididas entre os integrantes do grupo. A terceira etapa, por sua vez, exigia a consulta de especialistas (**prof, é aqui que entram esses autores?**), como Bruner (1960), Morin (2000), Vygotsky (1991), além de professores de ensinos médio e superior. Durante a prática foram coletadas opiniões de colegas, amigos e conhecidos que pudessem representar o senso comum, isto é, que não estivessem direcionados para determinada fragmentação do conhecimento. No estágio cinco, que envolve a busca de princípios disciplinares, houve o aparecimento de Filosofia, Sociologia, Língua Portuguesa, História, Biologia e Física. Após resumir a Ilha durante a sexta etapa, o próximo passo foi aprofundar a pesquisa sem a consulta a especialistas, o que de certa forma foi uma continuação do quinto. Por fim, a recomendação de uma síntese abrangente de todo o projeto foi feita a partir de um trabalho escolar para mostra do conhecimento. Através de discussões com o grupo, percebeu-se que o calor é apenas um em meio a diversos exemplos que existem em nossas ciências. Entre eles, podem ser citados revolução, ética, moral, política, cultura, alienação, lógica, liberalismo, trabalho e peso. Com base em opiniões coletadas, notou-se a dimensão do problema, que atinge, ainda, outros conceitos - fruto da relação da escola com a indústria, que, desde a Revolução Industrial, foi popularizada para preparação de mão de obra, mantendo o mesmo ambiente rígido e metódico. Comparado a Finlândia, México e França, o ensino brasileiro precisa evoluir na utilização de métodos como estudante andaime de Bruner (1960), zona de desenvolvimento proximal iminente de Vygotsky (1991) e complexidade do conhecimento de Morin (2000). A adoção de conceitos não precisa ser responsabilidade integral das escolas, mas podem ser aplicados em casa, através da educação dos e pelos responsáveis. Aliados, escola e sociedade, deverão guiar o indivíduo para uma concepção una da Ciência.

PALAVRAS-CHAVE: senso comum; conceitos científicos; educação científica; escola brasileira; ilha de racionalidade.

BIBLIOGRAFIA

- BELINTANE, C. (2006). Leitura e alfabetização no Brasil: uma busca para além. *Educação e Pesquisa*, 32(2), 261-277;
- BRUNER, J. (1998 [1960]). *O processo da educação*. Tradução de M. C. Romão. Lisboa: Edições 70;
- CARIA, T. H. Hierarquias de conhecimento e saber profissional. *Cadernos de Pesquisa*, v. 44, n. 154, p. 798-826, 2014;
- FERREIRA, M. S. (2008). Os Centros de Pesquisas Educacionais do INEP e os estudos em ciências sociais sobre a educação no Brasil. *Revista Brasileira de Educação*, 13(38), 279-292.
- FRANCELIN, M. M. (2004). Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonâncias e paradoxos. *Ci. Inf.*, Brasília, 33(3), 26-34;
- GALBIATTI, D. A. (2011). Calor e temperatura: uma revisão dos conceitos nas diferentes abordagens físicas.
- GOULART, C. (2006). Letramento e modos de ser letrado: discutindo a base teórico-metodológica de um estudo. *Revista brasileira de Educação*, 11(33), 450-460.
- GUARIGLIA, R. (2012). Diálogos na dissertação escolar: um estudo sobre os enunciados de senso comum e de polêmica. *Bakhtiniana. Revista de Estudos do Discurso*. ISSN 2176-4573, 7(1), Port-88;
- MORIN E. *A cabeça bem-feita*. Rio de Janeiro (RJ): Bertrand Brasil; 2000;
- PATY, M. A ciência e as idas e voltas do senso comum. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 9-26, 2003;
- SAVIANI, D. (2007). O Plano de Desenvolvimento da Educação: análise do projeto do MEC. *Educação & Sociedade*.
- SAVIANI, D. (2010). Sistema nacional de educação articulado ao Plano Nacional de Educação. *Revista Brasileira de Educação*.
- SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; NARDI, R. Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 383-396, 2008
- VYGOTSKY, L. S. (1991). *A Formação Social da Mente*. Tradução José Cipolla Neto e outros. São Paulo: Martins Fontes, 1991;

ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

A partir dos dados, surgiram fortes evidências em relação ao grau de comprometimento e motivação dos estudantes, na medida em que tiveram liberdade de investigar temas de próprio interesse. Eles passaram a religar saberes de diferentes áreas do conhecimento, verdadeiro exercício da compreensão da complexidade que permeia os saberes, no sentido de Morin (2000). Destacamos, também a abordagem sistêmica, no sentido de Rosnay (2010), na apresentação da síntese da IIR do grupo, a partir dos pormenores que trabalharam acerca das máquinas térmicas, da revolução industrial e da indústria escolar.

Durante a palestra da equipe na MC, claramente percebemos o perfil negociador das estudantes, no sentido de Fourez (1994), ao tratarem com propriedade dos fatos da física térmica, além, também, da história e da sociologia da ciência. Expuseram firmemente suas posições diante de situações naturais e/ou sociais que conectam o ciclo termodinâmico da máquina à vapor, os contextos da

revolução industrial e os reflexos no mundo da escola. Percebemos a evidência de que o contato com a literatura científica, aproximou as estudantes da natureza e da prática científica, ou seja, como diria Hodson (1993), a ciência escolar a partir das nuances da ciência trabalhadora, pois passaram a se familiarizar com a forma que enunciados científicos são transformados em fatos, no sentido de Latour (2011), mas, principalmente, compreenderam o quanto as forças técnico-científicas, conforme Navarro e Fernandez (2011), influenciam nossas vivências em diferentes contextos sociais.

É bom salientarmos que é difícil implementar IIR em muitos sistemas educacionais, pois aqueles com currículos tradicionais de abordagem analítica, dificultam, em termos organizacionais, a metodologia de ensinar a aprender por projetos de pesquisa. Currículos com excesso de disciplinas, sem o caráter interdisciplinar e tampouco propostas de ensino por projetos de investigação. Mesmo assim, consideramos uma alternativa a implementação de IIR naqueles colégios que realizam mostras de conhecimento, pois podem se transformar em mostras de ilhas interdisciplinares de racionalidade.

A experiência com a equipe de estudantes e seu projeto de IIR, permitiu ajustar o primeiro princípio do design da Cultura de Laboratório, inclusive em termos da sua formatação, para sua reaplicação em contextos com turmas maiores e várias equipes de pesquisa, conforme descreveremos a seguir no item 'b'. Publicamos o estudo acerca do projeto de aprender por pesquisa no XI ENPEC, em 2017, o qual mencionamos no capítulo 4, no item 'a' da seção 4.1. Este trabalho de Muchenski *et al* (2017), emergiu da PA do design de ensino, e orientou nosso trabalho sobre estratégias de aperfeiçoar as manifestações dos estudantes, em termos do rigor científico.

b) OUTRAS EXPERIÊNCIAS DE PROJETOS DE INVESTIGAÇÃO

Com o intuito de aperfeiçoar o princípio do design de ensino da imersão de estudantes em projetos de investigação científica, acompanhamos duas experiências em contextos de mostras de conhecimento, na mesma escola particular. Desta vez, com toda escola em projetos interdisciplinares de pesquisa, conectados com temas lançados pela UNESCO, em 2017, chamada de 'Educação para o desenvolvimento sustentável' e, em 2018, denominada de 'Migração, desenvolvimento e educação: construir pontes, não muros'. Traremos nos itens b.1 e

b.2, algumas vivências que demonstraram a importância da imersão de estudantes em pesquisa sob orientação de especialistas.

b.1) Equipes interseriadas com projetos no escopo da ‘Educação para o desenvolvimento sustentável’

CONTEXTO DAS VIVÊNCIAS E PARTICIPANTES

Abraçamos a sugestão da professora de Biologia, do projeto acerca da conscientização do problema do lixo e de como a comunidade escolar precisa enfrentar o problema do enorme montante de resíduo. Constituímos informações a partir das discussões que envolveram a busca da resolução do problema complexo, prático e local em torno do lixo, e, principalmente, das produções dos estudantes que se envolveram nos processos de resolução de problemas abertos. Lançou-se o projeto a partir do e-mail da equipe de supervisão da escola, cujo seu anexo deu início a construção compartilhada do projeto na forma de documento editável.

A seguir a imagem do e-mail de lançamento com a manutenção do anonimato dos colaboradores:

Figura 17 - E-mail que marcou o início do projeto, com documento editável para a contribuição das componentes curriculares



Fonte: Autoria própria (2021).

A seguir o trecho do panorama geral do projeto ‘Um olhar sobre o lixo’ e também dos objetivos de cada componente curricular ao projeto, retirado do documento escrito em parceria com os professores das várias áreas do conhecimento:

Projeto Integrador Multidisciplinar para o Ensino Médio 2017

“UM OLHAR SOBRE O LIXO”

Dentre os novos desafios que se impõem ao cidadão do século XXI está a sua capacidade de resolver as questões relativas ao lixo produzido e seu aproveitamento. Surge a necessidade de uma reflexão profunda referente a tudo aquilo que se considera “lixo”, ou seja, inútil, indesejável ou descartável no cotidiano das pessoas. O lixo, infelizmente, está presente nas ruas de nossa cidade e também no ambiente escolar. Partindo desse pressuposto, dentro das Disciplinas do Ensino Médio, será proposta aos alunos a realização de um Projeto denominado “Um olhar sobre o lixo” que visa conscientizar aos alunos e a comunidade onde estão inseridos

sobre a importância da participação de todos neste processo, visando descobrir maneiras eficientes de reduzir sua produção, de reaproveitá-lo e de acondicioná-lo de maneira eficiente.

É importante também oportunizar a discussão em torno do universo do que a sociedade chama de “lixo” e o impacto disso na economia e no estilo de vida dos indivíduos. Entender que há setores e pessoas que vivem do lixo e que dele tiram seu sustento, e em que medida a desigualdade social que caracteriza a sociedade brasileira, é fundamental para a formação das novas gerações. Isso porque serão elas que poderão promover mudanças mais efetivas nas práticas de produção e consumo. A ética do consumo é hoje uma questão primordial para construção da cidadania.

Objetivos Gerais:

- Identificar o exagero na produção de lixo doméstico e coletivo;
- Obter informações referentes ao assunto e ser capaz de relacioná-las, utilizando-as no seu dia-a-dia e como fundamentação teórica e prática para os trabalhos da Mostra do Conhecimento;
- Aprender importância da destinação correta do lixo;
- Propor teorias e soluções possíveis para problemas locais e regionais;
- Perceber que a atual visão de desenvolvimento econômico leva à exaustão dos recursos e à produção de lixo;
- Compreender que existe um grande custo econômico e ambiental, que é coletivo, mas distribuído de forma desigual entre as classes sociais;
- Desenvolver a capacidade crítica e auto avaliar suas ações.

Objetivos Específicos:

Literatura / História e Sociologia / Português / Matemática/Física:

1. Aliar sustentabilidade à produção literária;
2. Pesquisar autores cuja obra literária é voltada à natureza;
3. Reaproveitar o papel utilizado em sala;
4. Trabalhar interação entre alunos e comunidade escolar;
5. Promover sensibilização e reflexão sobre a questão ambiental.
6. Elaborar a linha do tempo das mudanças decorrentes da consolidação do capitalismo na produção e no consumo.

7. Investigar como vivem as pessoas/comunidades que sobrevivem da coleta, reciclagem, reutilização e reaproveitamento do lixo.
8. Pesquisar as formas alternativas de produção e consumo na atualidade.
9. Produzir um livro digital.
10. Acompanhar e registrar por meio de relatórios os diferentes desdobramentos deste projeto.
11. Produzir fichamentos e organizá-los de modo a construir um material de consulta rápido e eficaz sobre o conhecimento produzido.
12. Produzir um documentário jornalístico sobre o projeto.
13. Capacitar os estudantes nas ilhas interdisciplinares de racionalidade de Fourez (1993).
14. Realizar a transposição didática do saber sábio para o saber ensinável segundo Pinho (2001).
15. Metodizar o pensar, criar e fazer científicos no sentido do “V” epistemológico de Gowin (1984).
16. Investigar os contextos epistemológicos e históricos com aderência a produção do lixo.

Estratégias:

Para iniciarmos o Projeto, sugerimos uma ação que possibilitará a visualização e quantificação do lixo produzido durante um dia de funcionamento da escola. Todo o lixo recolhido será levado a quadra aberta, pesado e separado por categorias (lixo reciclável: copos descartáveis, embalagens de suco, iogurte, pacotes de bolacha, etc. - Lixo orgânico: separado do reciclável e pesado). Este movimento será realizado por alunos do Ensino Médio a partir da mescla das turmas de primeira e segunda séries, voluntários, devidamente protegidos e sob a orientação dos professores.

Toda a ação será devidamente registrada pelos alunos através de anotações, fotos e vídeos que serão futuramente utilizados para a produção de um documentário.

Alunos do Ensino Fundamental I e II, assim como alunos da Educação Infantil foram convidados a participar da ação, observando o resultado da separação exposto na quadra. Este movimento tem o objetivo de impactar visualmente os alunos, funcionários e professores da Instituição.

A partir desta primeira ação e da coleta numérica dos dados, outras ações serão desenvolvidas dentro das respectivas disciplinas:(pedimos que cada professor complemente com ideias e dados específicos da sua área).

Por disciplina:

...

Física: contribui para formação dos estudantes do ensino médio com uma proposta de aprenderem por projetos de pesquisa. Cientes da dificuldade da inserção desses estudantes em processos de investigação científica, optou-se por ilhas interdisciplinares de racionalidade (IIR), de Fourez *et al.*, (1993), como uma proposta metodológica de aprender a aprender, no sentido do Vê epistemológico de Gowin conforme Novak e Gowin (1984). Estudantes serão capacitados nas etapas das ilhas com: a apresentação de IIR construídas em torno da noção de conceitos da física; leitura e discussão de artigo sobre a noção de energia de Pinheiro (2002), iniciados nas bases de dados Scielo e Google Acadêmico.

Para preparar os estudantes em aprender a aprender como metodologia de ensino, é uma alternativa de incrementar o sistema curricular disciplinar, este especializado e com problemas de ligação entre saberes das disciplinas. Alternativa corroborada por uma abordagem “sistêmica” (ROSNAY, 2010, p. 493), que organiza os conhecimentos de uma forma diferenciada e busca o entendimento não somente pela análise, mas também pela síntese, religando os saberes. Na concepção de que “não se trata mais unicamente do microscópio e do telescópio, mas sim do macroscópico”, (ROSNAY, 2010, P. 493).

Como integrantes da noosfera do saber ensinado, escolhemos as IIR de Fourez (1993) como estratégia de abordamos de forma sistêmica em torno dos saberes sábios da física e das outras disciplinas em torno do Projeto Lixo. As ilhas de racionalidade tomadas como projeto são uma proposta de trabalho escolar para religação dos saberes para autonomia dos estudantes, como componente da alfabetização científica e tecnológica, na forma de organização científica do pensamento e do discurso. No entanto, como proceder para que os estudantes possam compreender o conhecimento científico e relacionar como alicerce para responder determinados problemas? Ou como transformar um problema da

disciplina curricular formulado na escola, em um problema para o estudante procurar resolver como seu?

Para instruímos os estudantes nas ilhas de racionalidade, utilizamos o protocolo do quadro 9 do capítulo 6, no item 'a' da subseção 6.1. A partir da qualificação inicial nas etapas da ilha de racionalidade, passamos para orientação da construção das IIR, com o apoio dos demais professores da escola. Utilizamos a sequência de guias de estudos (GE), que implementamos desde 16/08/2017, conforme o quadro 12:

Quadro 12 - Etapas de especialização dos estudantes em IIR.

CAPACITAÇÃO NAS ILHAS INTERDISCIPLINARES DE RACIONALIDADE	
GE	PLANEJAMENTO DAS AÇÕES E PROCESSOS
Formação nas IIR	A capacitação seguiu a sequência de atividades descritas no quadro 9: etapas para envolver os estudantes em projetos de investigação científica. Localizado na subseção 6.1, item a.
Listar as caixas pretas	<p>Data limite para a postagem: até 23:59 h de 16/08/17.</p> <p>GUIA DE FÍSICA PARA O PRIMEIRO E SEGUNDO ANOS.</p> <p>TEMA: ILHAS INTERDISCIPLINARES DE RACIONALIDADE) / ETAPAS/MOMENTO CLICHÊ E PANORAMA</p> <p>Após o encontro da quarta-feira (02/08/17), no qual as discussões foram sobre o projeto utilitário sobre o problema do lixo, decisões importantes ficaram estabelecidas: sobre escolha dos temas; organização dos grupos e escolha dos coordenadores, criação de perguntas relativas aos temas, lista dos interesses de pesquisa, surgimento de caixas pretas e a lista dos especialistas e especialidades pertinentes designados para a abertura das caixas pretas.</p> <p>Essa primeira organização deverá ser sintetizada em um texto que deverá conter: o tema do grupo (com um pequeno texto que justifique o seu interesse pelo grupo); a questão de pesquisa e questões auxiliares; o nome dos integrantes do grupo com a indicação do coordenador; a lista de caixas pretas e a lista dos integrantes que ficarão responsáveis por cada caixa preta; e um pequeno organograma, com previsão das datas e prazos, que auxiliará o planejamento do projeto de investigação.</p> <p>O texto deverá ser inserido pelo coordenador do grupo no link a seguir: http://racionaleempirico.blogspot.com.br/p/blog-page_10.html. Esta página acolherá as postagens correspondentes a síntese da pesquisa associada com as etapas de construção das I.I.R. E, que os estudantes registrarão semanalmente com o avanço das etapas dos seus projetos, lembrando que o registro também é parte da construção da I.I.R.</p> <p>Data limite para a postagem: até 23:59 h de 16/08/17.</p>

Abertura das caixas pretas	<p>TEMA: ilhas de racionalidade/abrindo as caixas pretas</p> <p>O grupo das ilhas de racionalidade já aconteceu a divisão de trabalhos, ou seja, cada integrante do grupo ficou responsável por uma caixa preta (especialidade).</p> <p>Para avançar na pesquisa chegou o momento de você abrir a sua caixa preta, para auxiliar a investigação faça uso das orientações:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Crie pergunta (s) sobre o tema da sua caixa preta; 2. Pesquisa sobre o seu tema e sua (s) pergunta (s) nas bases de dados Scielo (http://www.scielo.br/cgi-bin/wxis.exe/iah/?IsisScript=iah/iah.xis&base=article%5Edlibrary&index=KW&fmt=iso.pft&lang=p) e Google Acadêmico (https://scholar.google.com.br/), documentários no Youtube e entrevistas com especialistas nas áreas afins do seu tema (no caso de entrevistas você previamente terá que produzir perguntas para apresentar ao especialista); 3. Encontre de 4 a 5 fontes de pesquisa entre artigos, documentários e entrevistas. Eles constituirão seu portfólio de investigação; 4. Investigue sobre a sua caixa preta nos artigos e/ou documentários e/ou entrevista com especialista. Atentando-se da importância do seu trabalho investigativo da caixa preta para contribuir para o projeto de pesquisa do seu grupo; 5. Produza uma síntese sobre sua investigação da caixa preta, o texto deverá constar: Tema da caixa preta; 1.. A (s) pergunta (s) associadas com a caixa preta; 2.. Citar com referências os artigos e/ou documentários e/ou entrevistas com especialistas, que comporão o seu portfólio de investigação; 3.. Um resumo da investigação do seu portfólio com no mínimo 20 linhas; 4.. Citar outras caixas pretas que surgiram na pesquisa; 5.. Apontar as dificuldades da investigação relativa à sua caixa preta. 6.. Produza um slide em PowerPoint esquematizando a sua caixa preta; 7.. Enviar os itens "5" e "6" para o e-mail: juliomuchenski@gmail.com.br. <p>Data de entrega: 23/08/2017 (até 23:59 h) BOA INVESTIGAÇÃO!!!!</p>
Fichamento I	<p>Escolha do seu portfólio de pesquisa duas das suas fontes (artigo e documentário), realize a leitura do artigo e assista o documentário, depois faça um fichamento sobre o artigo e um fichamento sobre o vídeo, que devem constar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Título do artigo ou documentário 2. Referência segundo a ABNT do artigo ou documentário (pesquise como fazer a referência de cada um) 3. Produza de dois a três parágrafos que representam um resumo do artigo ou documentário, caso utilize trechos do artigo ou documentário não esqueça de apresentar a referência (pesquise sobre referência direta e indireta) 4. Produza de um a dois parágrafos sobre suas percepções a respeito do tema abordado no artigo ou documentário 5. Crie quatro questões sobre o artigo ou documentário, sobre dúvidas que surgiram quando realizou a leitura ou assistiu ao vídeo. 6. Envie o fichamento sobre o artigo e sobre o documentário para o e-mail: juliomuchenski@gmail.com. <p>Para o dia 01/09/2017</p>

Fichamento II	<p>Escolha do seu portfólio de pesquisa OUTRAS DUAS DAS SUAS FONTES (artigo e documentário), realize a leitura do artigo e assista o documentário, depois faça um fichamento sobre o artigo e um fichamento sobre o vídeo, que devem constar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Título do artigo ou documentário 2. Referência segundo a ABNT do artigo ou documentário (pesquise como fazer a referência de cada um) 3. Produza de dois a três parágrafos que representem um resumo do artigo ou documentário, caso utilize trechos do artigo ou documentário não esqueça de apresentar a referência (pesquise sobre referência direta e indireta) 4. Produza de um a dois parágrafos sobre suas percepções a respeito do tema abordado no artigo ou documentário 5. Crie quatro questões sobre o artigo ou documentário, sobre dúvidas que surgiram quando realizou a leitura ou assistiu ao vídeo. 6. Envie o fichamento sobre o artigo e sobre o documentário para o e-mail: juliomuchenski@gmail.com. <p>Para o dia 13/09/2017</p>
----------------------	---

Fonte: Autoria própria (2021).

Após a qualificação inicial nas IIR e na medida em que os estudantes imergiram nos projetos de investigação, surgiram das interações, as primeiras ideias de projetos, questões clichê, os quais traremos no quadro 15.

CONSTITUIÇÃO DE INFORMAÇÕES

Constituímos os dados dos e-mails entre supervisão, coordenação e professores, além dos e-mails entre o professor pesquisador com seus estudantes e das manifestações dos estudantes no blog Racional & Empírico. O e-mail da supervisão com o cronograma inicial proposto pelos professores aos estudantes:

Figura 18 - E-mail da supervisão acerca do projeto inicial.



Fonte: Autoria própria (2021).

No quadro 13 o cronograma e no quadro 14 os objetivos gerais que apresentamos aos estudantes, elaborados pela supervisão e professores.

Quadro 13 - Organização da proposta de cronograma geral do projeto.

CRONOGRAMA GERAL DO PROJETO	
Período (Mês)	Planejamento das ações
Junho e julho	Início do Projeto com a ação coletiva de separação do lixo realizada no dia 30/06/17; Coleta de dados (registro fotográfico e em vídeo, anotações e entrevistas); Tabulação dos dados da coleta e produção de infográficos;
Agosto	Divisão dos grupos para a Mostra do Conhecimento (02/09/17) de acordo com as afinidades por área de conhecimento; Classes agrupadas (1ª e 2ª séries E.M); Grupos de no máximo 4 integrantes; Apresentação dos objetivos a serem trabalhados em cada disciplina e posterior escolha dos temas; Elaboração dos Projetos de Pesquisa utilizando a Metodologia de Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade;
Setembro	Pesquisa sobre separação e destino do lixo produzidos em escolas e empresas no Brasil e no mundo; Elaboração de uma proposta coletiva/ modelo para a implantação de lixeiras para a separação do lixo na instituição de ensino a partir de 2018; Proposta de viabilidade, orçamento/custos e disposição das lixeiras;
Outubro e novembro	Apresentação dos Projetos de Pesquisa para os alunos do Ensino Fundamental I e II, visando a capacitação dos mesmos para a implantação do novo modelo de separação do lixo em 2018; Elaboração de pôsteres com os Projetos de Pesquisa desenvolvidos nas diferentes áreas para exposição à comunidade (pais, alunos, professores e funcionários) no Dia da Família (novembro/2017);
Novembro	Produção de artigo científico seguindo o protocolo das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade; Publicação dos artigos científicos produzidos.

Fonte: Professores colaboradores.

Quadro 14 - Objetivos por componente curricular.

DISC.	OBJETIVOS DO PROJETO
Literatura	Para iniciarmos a parte prática do Projeto, recolhemos todo o papel que se torna lixo no dia a dia das salas, com esse material construiremos papéis semente - os quais comportarão poemas de grandes mestres da literatura sobre questões relacionadas ao meio ambiente, em formato de cartões que possam ser plantados para tornarem-se canteiros de flores. Enquanto parte teórica do Projeto, pesquisaremos biografia e obra de autores nacionais que se debruçaram sobre as belezas naturais ou questões ambientais, selecionaremos esses textos para compor os cartões feitos com papel semente.
História e sociologia	Pesquisar sobre a Revolução Industrial e as mudanças que ocorreram no sistema produtivo para em seguida elaborar um livro digital utilizando uma ferramenta gratuita, bem intuitiva e de fácil usabilidade. Nesse livro essa história será contada e ao final apresentarão as alternativas ao consumismo exacerbado, como a economia colaborativa, por exemplo. Avaliar os impactos socioeconômicos do lixo e pesquisar soluções encontradas que melhorem a vida das pessoas. Coletar dados referentes à produção de alguns bens mais consumidos na sociedade atual, o impacto que isso causa ao meio ambiente e o volume de resíduos gerados no processo

	produtivo.
Matemática	Pesquisar a quantidade de lixo produzido por região no Brasil, assim como qual parte desse material é devidamente descartado e/ou tratado. Verificar as possíveis causas de tamanha produção de lixo e os riscos (atuais e futuros) de seu acúmulo. Coletar dados referentes ao preço de comercialização, por quilograma, de lixo reciclável. Organizar todo o material coletado na forma de tabelas e infográficos, para exposição na Mostra e complementação do livro digital.
Arte	Promover exposição da obra criada pelos alunos, por meio do registro fotográfico, com o tema arte no Lixo. Para a criação da obra os alunos terão como fundamentação a apresentação do documentário Lixo Extraordinário trabalhado na disciplina de Matemática e exposição oral dialogada da vida e obra de Vick Muniz.
Biologia e Geografia	Pesquisar questões ambientais relacionadas a extração de matéria prima para produção de bens de consumo; poluição ambiental gerada pelo descarte inadequado do lixo; Funcionamento de lixões e aterros sanitários; histórico do processo de urbanização e geração de resíduos; Analisar a coleta do lixo para identificação de hábitos alimentares dos alunos (lanche) e desperdício de alimentos (parceria com a Nutricionista da Escola);
Oratória	Pesquisar maneiras conscientes de consumir (escambo, reaproveitamento, aproveitamento de materiais por completo, restauração) que se apresentam como alternativas mais sustentáveis; Orientar a organização do tempo como forma de propor uma outra visão às alternativas fast, que são geradoras, em sua maioria, de mais resíduos, aumentando a qualidade de vida e ainda assim sendo capazes de realizar as tarefas necessárias para que alcancem seu melhor desempenho naquilo a que se propõem; Organizar o espaço como link, ponte, entre estas novas proposições de existência, compartilhamento e vivência do mundo.
Química	Identificar os materiais e substâncias do lixo da escola para a sua classificação e, análise química dos resíduos; Pesquisar sobre qual é a matéria prima, processo de produção, processo de reciclagem e vantagem da reciclagem para os materiais encontrados no lixo escolar; Investigar quais substâncias que são produzidas na decomposição do lixo; tempo de decomposição dos materiais; contaminação do solo, águas superficiais, subterrâneas e ar; Montar um quadro comparando a variação da composição do lixo no município de Curitiba ao longo dos anos; Relacionar biomassa e energia gasta na produção de bens de consumo;
Física	Introduzir os alunos no processo de investigação científica por ilhas interdisciplinares de racionalidade de Fourez (1994), como uma proposta metodológica de aprender a aprender; Capacitar os estudantes nas etapas das ilhas com: a apresentação de IIR construídas em torno da noção dos saberes sábios; leitura e discussão de artigo sobre a noção de energia de Pinheiro (2002), iniciação nas bases de dados Scielo e Google Acadêmico;
Língua Portuguesa	Orientar na produção da parte escrita do projeto, refletir sobre os objetivos, ações e modo de registrar e organizar os dados/informações obtidas - oferecendo, como proposta, construção de arquivo coletivo em rede e/ou produção de portfólio virtual. Organizar produção do documentário jornalístico; Analisar a importância do registro de imagens e dados, definir a distribuição dos alunos em duplas para acompanhamento dos demais projetos bem como a função na elaboração do material (fotografia, vídeo, entrevista, produção de material escrito, edição) - direcionando atividades para cada dupla, como, por exemplo, direcionando e estruturando as perguntas para entrevista, reunindo dados/resultados em textos claros e objetivos, selecionando e editando o material a ser usado na produção final.

Fonte: Professores colaboradores.

Na figura 19, a imagem de estudantes na atividade do dia 30/06/2017, a ação coletiva de separação do lixo que se coletou na instituição de ensino.

Figura 19 - Professores e estudantes em ação coletiva de separação do lixo da instituição



Fonte: Autoria própria (2021).

No quadro 15, mostramos as primeiras informações a partir dos projetos de pesquisa das equipes de estudantes, com os títulos dos trabalhos, questões clichê e portfólio de pesquisa.

Quadro 15 - Informações dos estudantes e seus projetos de investigação acerca do lixo

Grupo / tema	Questões clichê	Caixas pretas/Portfólio e fichamentos
I.. Processo de mudança do lixo na história: Idade Média, Grandes navegações, Revolução Industrial, 1° e 2° Guerra mundial, Guerra fria e nos dias atuais.	<p>Como era o lixo na Pré-história/ Antiguidade? O que eles faziam com o lixo nesse período?</p> <p>O que era o lixo na Idade Média? Como ele era tratado? Qual a relação entre a Revolução Industrial e o macarrão instantâneo? Por que existem pessoas viciadas em compras?</p> <p>Qual a relação entre a moda e a alta produção de lixo?</p>	<p>O lixo e a revolução industrial</p> <p>Programa de Administração e Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Universidade Federal de Minas Gerais. História do Lixo. Disponível em: https://www.ufmg.br/proex/geresol/lixohistoria.htm. Acesso em: 22 de agosto de 2017.</p> <p>A Revolução Industrial. Direção: Dennis Azzarella Lee Kohns. Produção: Corporação Educacional Enciclopédia Britânica, John Barnes. Colaborações: James Shenton, Ph.D., Departamento de História Columbia Universidade. Orientação Educacional: Philip Groisser, Ph.D. Roteiro: Linda Gottlieb. Câmera: Alan Capps, James Reilly. Animação: John Fleming, Richard Pape. Edição: Paul Stein. 1968. Inglaterra. 48'26" som, cor.</p> <p>Eigenheer, Emílio Maciel. LIXO: a limpeza através dos tempos. Capítulos II. O lixo na antiguidade; III. O lixo na Idade Média; IV. O lixo no final da Idade Média e na Modernidade. Disponível em: http://www.lixoeducacao.uerj.br/imagens/pdf/ahistoriadolixo.pdf. Acesso em: 20 de agosto de 2017.</p> <p>ANDRADE DE MELO V. Lazer, modernidade, capitalismo: um olhar a partir da obra de Edward Palmer Thompson, v. 23, n. 45, Rio de Janeiro Estud. hist. (Rio J.) 2010</p> <p>“COSTA R. R.; PORTO R. B.; WATANABE E. A. M. Efeito multinível das atividades de marketing nas vendas, receita e lucratividade em microempresa. v. 19, n. 65, São Paulo Rev. bras. gest. neg. 2017</p>
II. Sociedade dividida pelo consumo; setor industrial e padrões de consumo	<p>Por que a sociedade é tão dividida a partir do consumo?</p> <p>Como o surgimento da indústria influenciou no aumento da desigualdade?</p> <p>Por que com o surgimento da indústria surge junto ao capitalismo?</p>	<p>Fontes: Mariana Nazari: motivos que levam uma mulher de baixa renda a comprar produtos de beleza.</p> <p>Edson Ricardo e Marchiano Marcelo: Valores individuais - v. 18.</p> <p>Faoro, R.: Os donos do poder.</p> <p>Foucault, M.: Verdade e poder.</p> <p>Lebrun, G.: O que é poder?</p> <p>Reimaginando a dinâmica capitalista: Expectativas ficcionais e o caráter aberto dos futuros econômicos. Acesso disponível: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20702017000100164&lang=pt</p> <p>Lutas sociais e desafios da classe trabalhadora: reafirmar o projeto profissional do serviço social brasileiro. Acesso disponível: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-66282017000200366&lang=pt</p>
III. Lixo dos oceanos e mares (O mundo marinho animal afetado pelo lixo)	<p>Para onde é destinado o lixo descartado em ruas? Como ele acaba no mar? Como esses resíduos afetam o meio ambiente marinho? Como o plástico digerido pelos animais afeta os seres humanos? É possível retirar todo esse lixo do mar, já que existe muito micro plástico e como são partículas pequenas como fazer isso?</p>	<p>Os Oceanos Estão Virando Plástico</p> <p>Referência: ECYCLE. Os oceanos estão virando plástico. Disponível em: http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1259-os-oceanos-estao-viran-do-plastico.html. Acesso em: 01 setembros de 2017.</p> <p>Giro do Pacífico Norte: a maior lixeira do mundo é no mar</p> <p>Referência: (GLOBO 2008. Programa Fantástico. Acesso em: 13 de setembro 2017</p> <p>Bilionário quer limpar os oceanos com construção do maior iate do mundo</p> <p>Fonte: Rede TV: bilionário quer limpar os oceanos com construção do maior iate do mundo. São Paulo, 2017</p>

<p>IV. Proposição de mudanças de hábitos para produção de menos lixo</p>	<p>O que você tem para colaborar com a questão de diminuir o impacto ambiental pelo lixo? Como surgiu o lixo? Como ele se tornou um problema para a humanidade? Quais curiosidades existem sobre o lixo? Como acabar com os grandes problemas do lixo? O consumo exagerado, tem contribuído para se acumular uma grande quantidade de lixo, mas diminuindo esse consumo, será suficiente para ajudar o meio ambiente?</p>	<p>http://www.blogdolixo.com.br/lixo/por-que-existe-tanto-lixo/ http://www.revistameioambiente.com.br/2007/11/16/curiosidades-sobre-lixo/ https://www.ufmg.br/proex/geresol/lixohistoria.htm http://www.ecoloop.eco.br/uma-breve-historia-sobre-o-lixo-no-mundo-e-o-surgimento-da-reciclagem/ http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/o-lixo.htm http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/voce-conhece-a-ilha-de-lixo-no-oceano-pacifico/</p> <p>O mercado da reciclagem de papel no município de São Paulo, Brasil. REVISTA ELECTRÓNICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES. Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98 v. 6, n. 119 (33), 1 de agosto de 2002</p>
<p>V. Produção e conscientização sobre o papel semente a partir da literatura</p>	<p>Quanto o colégio consome de papel e qual seria a vantagem do uso de papel reciclável para o colégio? Qual o ciclo do papel até se transformar em papel semente? Por que a natureza é tão presente nos poemas de Helena Kolody? Como foi o processo que o papel passou até os dias atuais? Por que a descoberta do papel demorou tanto para chegar no Ocidente? Na antiguidade, todo mundo tinha acesso ao papel? Depois de usarem o pergaminho, o que faziam com ele? Por que a Alemanha demorou tanto tempo até usar o papel? Por que apenas fibras de celulose servem para fazer papel?</p>	<p>RAMOS, Patrícia de Lara. Imagens poéticas que configuram a morte em Helena Kolody. Revista de Investigações, Cascavel, v. 27, p.01-19, 2014. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/INV/article/view/475/644> Acesso em: 01 set. 2017</p> <p>Prevenção ao consumo abusivo de drogas na escola: desafios e possibilidades para a atuação do educador. Disponível o acesso em: http://www.scielo.br/pdf/ep/v41n1/1517-9702-ep-41-1-0119.pdf</p> <p>Universo poético de helena Kolody: imigração ucraniana no Paraná e nostalgia enquanto retorno às origens. Acesso disponível em: http://e-revista.unioeste.br/index.php/linguaseletras/article/view/1142/932</p> <p>LITERATURA COMPARADA, acesso disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1971808/mod_resource/content/1/Tania%20Franco%20Carvalho%20%28i%29.pdf</p> <p>Como foi o processo que o papel passou até os dias de hoje? Fonte: http://www.notapositiva.com/old/trab_estudantes/trab_estudantes/eductec nol/eductecnol_trab/historiadopapel.htm#vermais</p>
<p>VI. O problema do lixo eletrônico</p>	<p>O lixo eletrônico pode prejudicar o meio ambiente? O lixo eletrônico pode prejudicar nossas futuras gerações? Quais países produzem mais lixo? E o que eles produzem? No que uma cultura de um determinado país ajuda/influência nessa produção? Como reduzir a produção efetivamente? Como dar um destino melhor aos resíduos sólidos?</p>	<p>WALTY, I. De lixo e bricolagem. Alceu, Rio de Janeiro, v. 5, n. 9, p. 62-76, jul./dez. 2004. Disponível em: http://publique.rdc.puc-rio.br/revistaalceu/media/alceu_n9_walty.pdf. Acesso em: 12 out. 2005.</p> <p>DEMAJOROVIC, J. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos. Revista de Administração de Empresas. São Paulo: EAESP, FGV, v. 35, n. 3, p. 88-93, mai./ jun. 1995.</p> <p>Rodrigues W, Magalhães Filho LNL, Pereira RdS. Análise dos Determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nas capitais estaduais brasileiras. Urbe. Rev. Bras. Gestão Urb. 2016; 8(1):130-141.</p> <p>MUCELIN, Carlos Alberto and BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Soc. nat. (Online) [online]. 2008, v. 20, n. 1, p. 111-124. ISSN 1982-4513.</p>

VII. Sistema educacional	<p>Por que a escola não é útil ensinando conceitos aplicáveis a vida, no lugar de nos transformar em máquina de passar no vestibular? Os planetas como sistemas complexos, como nós, possuem seu próprio tempo, por que nós não haveríamos? Quão desonesto é propor-se uma metodologia humana, mas na prática só frustra os alunos? Por que a instituição oprime o aluno que questiona a instituição?</p>	<p>Pesquisar sobre o movimento errante do Planeta Mercúrio, acerca do modelo gravitacional de Isaac Newton.</p> <p>Leitura do livro de Paulo Freire: Pedagogia do Oprimido</p> <p>Sistema educacional de base positivista e, sistema de tradição prussiana.</p>
---------------------------------	---	---

Fonte: Autoria própria (2021).

O projeto V (**Produção e conscientização sobre o papel semente a partir da literatura**), mostra o resultado final da ilha de racionalidade, com o resumo da proposta de pesquisa, assim como a ideia que surgiu no processo de pesquisa, em termos de despertar a conscientização das pessoas que visitaram a MC, em relação ao abuso do consumo de papel.

A seguir a proposta do projeto:

Figura 20 - Primeiros passos de estudantes com literatura científica

Introdução-

1.1 **TEMA:** Papel semente

1.2 **QUESTÃO NORTEADORA:** Quais as vantagens do papel semente para o futuro da humanidade?

1.3 **OBJETIVO GERAL:** Mostrar como fazer o papel semente

1.3.1 **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:** -Mostrar o ciclo do papel

-Estudar o consumo e o desperdício de papel na escola (Colégio _____);

1.4 **JUSTIFICATIVA:** Levando em consideração o desperdício de papel, a diminuição de matéria-prima e o desenvolvimento de novas tecnologias, é importante conhecer novas alternativas de consumo e reciclagem.

Metodologia: -Apresentar a história do papel;

-Comparamos as vantagens do papel semente em relação ao papel normal;
-Analisamos o consumo de papel na escola;

- Desenvolveremos uma oficina, ensinando a como produzir o papel semente. No final daremos um vaso e um pedaço desse papel, para as pessoas plantarem em casa;

- Fizemos uma pesquisa com o Colégio _____, do _____, pesquisando o consumo produzido pelos alunos e professores, em um período de tempo;

Referências:

http://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/Ensino_Fundamental/Origami/Documentos/indice_origami_papel.htm

Fonte: Acadêmicos colaboradores.

A figura 21, mostra a ideia proposta pela equipe de trabalho para conscientização do uso abusivo de papel, além de chamar a atenção para o descarte consciente do lixo na natureza, a partir da produção do papel semente:

Figura 21 - Slide da apresentação da equipe na mostra do conhecimento

Etapas da produção do papel semente

- ETAPAS:
- 1ª- Recolhemos o papel
- 2ª- Deixamos de molho na água por um dia
- 3ª- Trituramos o papel e colocamos cola na massa
- 4ª- Colocamos no molde com a semente e deixamos secar por dois dias
- 5ª- Tiramos do molde e vamos dar o papel para as pessoas usarem
- 6ª- Depois de usarem o papel, poderão plantar na terra e deixar a semente germinar

Fonte: Estudantes colaboradores.

Enfim, o mais importante, as manifestações das estudantes durante a apresentação na mostra de conhecimento. Fala a respeito da coleta seletiva do lixo na cidade de Curitiba:

Estudante R: - *está sendo um grande avanço essas cooperativas para ajudar os catadores a ter uma melhor condição para o trabalho, mas eles ganham um salário muito baixo e ainda devem dar uma porcentagem para a empresa e poderiam ter uma estrutura um pouco melhor para poder recolher os papéis. Poderia existir mais empresas para participarem dessa ação que é muito boa e ao invés dos sucateiros não cumprirem as leis, poderiam correr atrás para tentar mudar as leis, dentro da legalidade.*

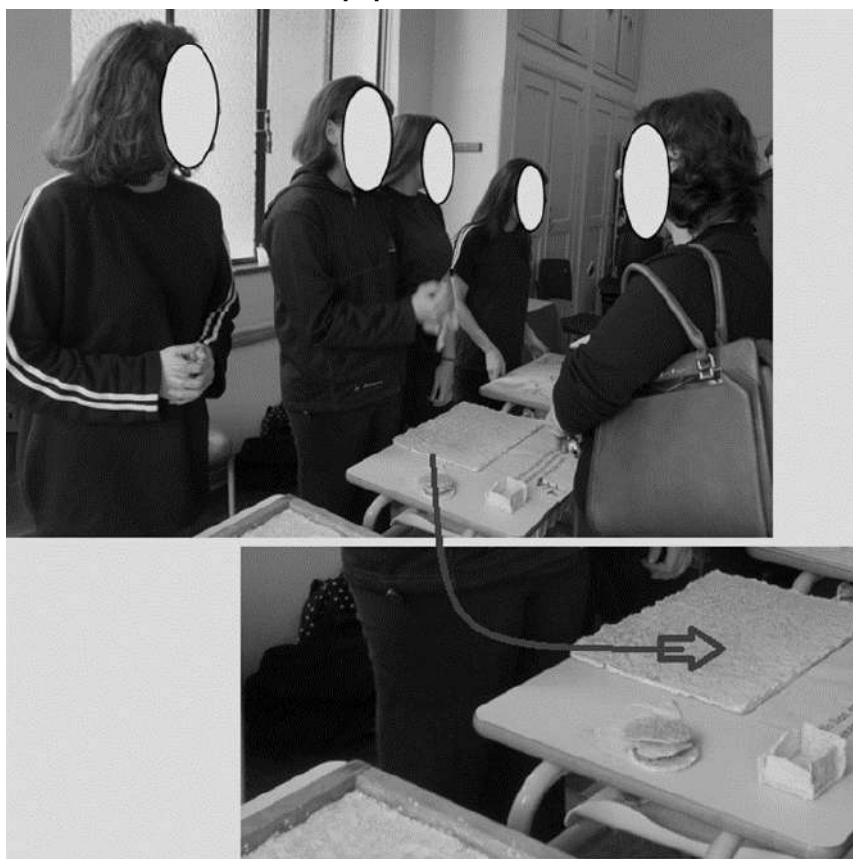
Seguida da estudante 'M', que destacou a autora Ramos (2014), ao tratar da relação de Helena Kolody com a natureza.

Estudante M: - *Ao longo das obras de Helena Kolody é possível notar a temática da morte e da crença no eterno, não é expressado em seus poemas a tragédia na morte, mas sim conselhos, avisos, para que o homem esteja preparado para ela. Achei muito interessante a forma que a autora do artigo abordou as figuras*

de linguagem e os poemas de Helena Kolody, uma visão praticamente inteira voltada para a vida e principalmente, para a morte, porque isso era exatamente o que eu procurava, alguma análise dos poemas de Kolody virada para algum tema relacionado a natureza.

Momento simbólico de síntese do projeto de pesquisa, foi a apresentação para a comunidade escolar na MC, com as estudantes na posição de especialistas, conforme o registro na fotografia 2:

Fotografia 2 - Síntese do projeto de IIR da equipe em mostra de conhecimento. No destaque o papel semente



Fonte: Autoria própria (2021).

O próximo projeto VI (**O problema do lixo eletrônico**), mostra, também, o ciclo completo da investigação científica, desde o resumo da proposta inicial do projeto de investigação, até a fase da síntese da ilha na forma escrita e falada. O destaque para equipe foi a abordagem CTS do projeto. Mostrarei primeiro o resumo da proposta inicial do projeto:

Figura 22 - Proposta de projeto de investigação científica

Mostra do Conhecimento

Nomes: A _____, L. _____, P. _____

Problema: Quais as consequências e como evitar o acúmulo de lixo?

Objetivo Geral: Conscientizar as pessoas sobre o lixo, mostrar que é um problema real no nosso cotidiano

Objetivo Específico: Com o nosso infográfico pretendemos mostrar a quantidade de lixo produzida em cada continente, mostrar também quais são os países que mais reciclam e como é feita essa reciclagem e trazer as consequências do acúmulo de lixo de uma maneira mais didática e de fácil entendimento

Justificativa: Levando em consideração o aumento do acúmulo de lixo decorrente do descarte inapropriado e do consumismo, é importante saber o quanto de lixo é produzido em cada país/continente para que a reciclagem seja feita de forma mais eficaz e completa.

Metodologia: Reunir dados através da pesquisa aprofundada em diversas fontes à fim de produzir um infográfico, tratando da produção de lixo em diversos continentes, propondo possíveis soluções para o problema que é o acúmulo de lixo. Montar um infográfico em forma de globo terrestre, utilizando materiais recicláveis. A partir da nossa pesquisa, usaremos os materiais em questão para recriar os continentes do globo com o material mais descartado em tal região.

Referencias: www.portalresiduossolidos.com/quem-produz-mais-lixo-no-mundo/

www.g1.globo.com/tecnologia/noticia/2015/12/brasil-produz-36-do-lixo-eletronico-da-america-latina-mostra-estudo.html

www.exame.abril.com.br

www.senado.leg.br

Fonte: Acadêmicos colaboradores.

Agora a síntese da IIR a partir da transcrição da fala dos estudantes:

- Produção escrita da equipe: *no mundo temos diversos problemas relacionados ao lixo, desde a sua gestão e a como reaproveitá-lo. Dentro disso, os resíduos sólidos são os que mais geram problemas. Mas o que é resíduo sólido? Os resíduos sólidos são partes de sobras que são geradas após a produção, utilização ou transformação de bens de consumos (exemplos: computadores, automóveis, televisores, aparelhos celulares, eletrodomésticos, etc.).*

Segundo o artigo, Análise dos Determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nas capitais estaduais brasileiras de Waldecy Rodrigues, Luiz Norberto Lacerda Magalhães Filho e Regiane dos Santos Pereira - Que nos estados de maior custo por habitante a gestão do lixo é feita por órgãos privados. Já nas capitais que apresentam a gestão mista, ou seja, feita tanto por órgãos públicos como privados tendem a ter um custo médio menor.

Sendo assim, pode-se concluir que no Brasil toda a questão do lixo e sua gestão é muito pífia e pouco trabalhada dentro do nosso cotidiano. Caso houvesse um maior engajamento do governo em campanhas de conscientização dentro e fora das escolas e caso fossem trabalhadas mais seriamente e lidadas de fato como um problema que nos atinge nos dias de hoje, talvez não estaríamos na situação que estamos hoje.

➤ *Produção falada de porta-vozes da equipe:*

Estudante 'Y' da equipe: então, a gente vai fazer um, pensou me fazer um globo, e ele feito, tipo, de lixo, e pesquisar em cada país o que mais ele produz de lixo, é, vamos supor, a gente não pesquisou ainda, mas sei lá, que os Estados Unidos seja alumínio, que não deve ser, mas aí fazer os estados unidos feito de alumínio e fazer, tipo, o país que mais produz lixo, um tamanho maior, assim, para impactar. E também, de fazer uma cidade e uma onda de lixo, que tipo, engolindo ela, entre aspas, tipo um tsunami de lixo, porque o lixo é um problema invisível, que assim, você joga ele ali no lixo, na lata de lixo, que alguém vai pegar e levar para o aterro, vai enterrar, e você vai achar que acabou, só que na verdade, não. Isso traz consequências, e a gente vai disso também, das consequências que traz esse descuido do lixo.

Estudante 'A': A gente vai falar sobre o lixo eletrônico, que tipo, hoje em dia pode estar trazendo maiores problemas porque tem muitas pessoas que acabam trocando de celular todo ano, e até de computador. Vamos falar sobre como o lixo eletrônico afeta o meio ambiente, e se ele pode afetar a nossa futura geração, tipo nossos filhos, como as baterias são feitas, tipo a composição delas, como seria o descarte correto, para onde elas são, porque elas não podem ser jogadas em qualquer lixo, tem que ser um lixo específico e a reutilização delas. Também o perigo das baterias e curiosidades sobre o

lítio, que é o principal componente das baterias de celulares, que é tóxico também

Por fim, na fotografia 3, o registro da apresentação do projeto de pesquisa na MC:

Fotografia 3 - Apresentação da ilha de racionalidade na mostra do conhecimento.



Fonte: A autoria própria (2021).

Quanto ao projeto I (**Processo de mudança do lixo na história- Idade Média, Grandes navegações, Revolução industrial, 1º e 2º Guerra mundial, Guerra fria e nos dias atuais**), trazemos manifestações dos estudantes, a partir dos fichamentos das referências que investigaram, ao abrirem algumas caixas pretas:

Percepções a partir do documentário: A revolução Industrial de Dennis Azzarela, 1968.

Estudante 'G': - *Com esse documentário, consegui perceber os porquês e os primeiros passos dessa revolução que mudou o mundo. Focando nos Estados Unidos e na Inglaterra, foi possível analisar como pensaram os homens que desenvolveram novas técnicas e máquinas, entendendo como chegaram a algumas ideias e porque precisavam de determinada melhoria que inventaram. Depois de assistir esse vídeo, automaticamente relacionei a sociedade atual com os novos estilos de vida da época, percebi as relações em termos de sociedade entre hoje e aquela época.*

Estudante sobre o artigo de Costa *et al* (2017), cujo título: Efeito multinível das atividades de marketing nas vendas, receita e lucratividade em microempresa:

Estudante L: *de acordo com esse artigo, consegui perceber que o marketing é uma estratégia totalmente voltada à propaganda e ao lucro, nada mais é do que formas criadas para persuadir os consumidores e convencê-los que algum produto tem múltiplas funções e benefícios, induzindo as pessoas a comprar cada vez mais, o que é péssimo para o meio ambiente como estamos vendo no projeto do lixo e causa o endividamento da população. Também foi possível concluir que essa atividade de propagandas e divulgações tem um bom retorno para as microempresas, as pesquisas indicam um bom crescimento nos faturamentos e maior visibilidade no mercado depois da implantação dessa estratégia.*

Outro estudante, em relação ao artigo Lazer, modernidade, capitalismo: um olhar a partir da obra de Edward Palmer Thompson:

Estudante P: *com a leitura desse artigo, pude perceber melhor a importância e como as revoluções ocorridas na Inglaterra interferiram em nossa sociedade, as questões de possuir horário para as atividades e compromissos, a corrida contra o relógio, o porquê algumas diversões são consideradas erradas, como e por que chegamos nas atuais condições de trabalho, a dominação do capitalismo e as consequências disso, etc.*

Houve, também, interesse da nossa parte por algumas das manifestações faladas das equipes, quando trataram em linhas gerais do projeto e da síntese dos seus respectivos trabalhos.

A seguir a transcrição dos áudios das falas em sala de aula:

Quadro 16 - Áudios registrados em sala de aula das manifestações dos estudantes

MANIFESTAÇÕES FALADAS DOS ESTUDANTES RELATIVO AS EQUIPES DO QUADRO_15	
GRUPO	TRANSCRIÇÕES
	<p>Estudante 'L': <i>a gente vai falar como o processo, como o lixo foi mudando durante os anos, os anos que falo é desde a pré-história até os dias de hoje, qual que foi o marco do lixo mesmo, que seria a revolução industrial, como a indústria revolucionou a concepção de lixo, começando a produzir mais, contaminando o meio ambiente, quando que foi que eles começaram a ter preocupação com o meio ambiente, tipo com os movimentos hipster e por aí vai.</i></p> <p><i>A gente separou aqui em pré-história, Roma e por aí vai, essas épocas assim. A gente também optou por colocar a guerra fria, que foi um marco para um novo tipo de lixo que começou a surgir, seria o lixo nuclear daí, que eles não sabiam aonde depositar, não sabiam o que fazer com o lixo e foi um grande problema na época. Tanto que tem um lago, acho que na Rússia, é né? Que eles jogaram todos os experimentos radiativos e -inaudível- e mais radiativos que usam no mundo, e a outra parte do grupo vai falar sobre consumismo, desperdício e alimentação, tipo, por exemplo, na pré-história quando eles matavam um animal, eles usavam o couro, tudo basicamente do animal para sua sobrevivência, o que não acontece hoje. Hoje em dia eles matam o animal e jogam fora o couro e etc., e não utilizam nada.</i></p> <p><i>Também a gente vai falar da revolução industrial, como que ela renovou a indústria alimentícia, com essa coisa de desperdício, de que você tem que ter tudo novo</i></p> <p><i>Estudante 'R': a noção do tempo também.</i></p> <p><i>Estudante 'G' ": exatamente! Que agora você tem um tempo para comer, uma hora, quinze minutos, trinta, que seja. As guerras, a grande depressão, foi quando as pessoas estavam a bem dizer, comendo bem e de repente acontecem uma série de eventos que começam a fazer com que elas comecem a passar fome e até mesmo serem canibais. A guerra fria né, que podemos dizer que foi o início dos fast-foods, que foi o início.</i></p> <p><i>Estudante 'M': teve um contraste, teve um lado oriental né, que é o lado comunista, onde por exemplo, só tinha uma coisa, não tinha variedade, era uma pasta de dente, era só essa, com uma capa branca, escrita: pasta de dente e só, não tinha produção em massa, totalmente minimalista, tinha assim, simples, uma coisa de tudo, e tinha o contraste do lado do ocidente, que começou com essa produção exagerada que se tornou hoje...</i></p> <p><i>Estudante 'L': e a ideia de falar de mostrar para as pessoas que de um lado faltava e do outro sobrava e era desperdiçado e nos dê até chegar aos dias de hoje as coisas são exatamente isso, que na África falta comida, falta água, falta assistência e em questão, em outros lugares sobra comida, tipo, fica estragando....</i></p> <p><i>Estudante 'M': e na variedade, que vai no mercado tem, quinze tipos de miojo...</i></p> <p><i>Estudante 'L': e trabalhar a ideia da estética né, tipo, por que as pastas de dente têm que vir numa caixa? Não podem vir só a pasta de dente, mas daí ninguém compraria porque eles precisam fazer marca e propaganda para fazer, deixar bonito para as pessoas comprarem, tanto nos produtos como na alimentação.</i></p>

=	<p><i>Estudante 'H': nosso grupo escolheu fazer o processo reverso do que vocês fizeram. A maioria pegou o lixo e do lixo foram abrindo tópicos para escolher um, e a gente já tinha um pensamento, já no bimestre passado, de a gente usar o tema: por quê que a sociedade é tão separada, tão dividida?</i></p> <p><i>E daí, nisso a gente foi achando caixas pretas como poder, padrão e indústria. O nosso objetivo seria abrir essas caixas pretas e tentar achar um modo de como isso está interligado tanto no lixo quanto na nossa sociedade.</i></p> <p><i>Então a gente conseguiu achar que todas as caixas pretas estão interligadas ao capitalismo e ao consumo. Então, dessas três caixas pretas a gente vai interligar com capitalismo e consumo e, com isso a gente vai interligar também com a maneira com que a gente pode usar o lixo de outra forma, mudando nosso costume. Daí a gente interligou física, sociologia, oratória e artes. Pronto, esse é o nosso projeto!</i></p>
≡	<p><i>Estudante 'R': então, a gente quer encontrar e pesquisar uma matéria prima que a gente possa usar para produzir um material que possa ser fabricado, possa fabricar novos produtos sustentáveis. E daí a gente ficou pensando no trabalho lá de baixo, que a gente fez na quadra, e a gente ficou pensando na verdade, no lixo orgânico, e daí a gente pesquisou que existem tecidos que podem ser feitos com fibras de algumas frutas e verduras, e daí a gente está entrando nisso. Não tem nada muito certo ainda.</i></p> <p><i>Estudante 'A': Então, a gente queria fazer uma coisa mais interativa, tipo com um, as pessoas que vão ver nosso trabalho, então a gente pensou em fazer uma roleta e pegar vários materiais que tem longa duração de decomposição, que muitas vezes, as pessoas não sabem e acabam, tipo, está no cotidiano dessa pessoa e ela acaba descartando só que ela não sabe quanto tempo de decomposição isso vai levar.</i></p> <p><i>Então, tipo, a gente meio que vai dar um choque de realidade nas pessoas porque a gente vai mostrar para ela quanto tempo de decomposição aquela material demora.</i></p> <p><i>E daí a gente vai fazer uns cartões, tipo, com cada material e explicando o porquê de aquilo demorar, porquê, o quê que aquilo pode trazer problemas, tipo, o quê que aquilo pode prejudicar nossa saúde ou até o meio ambiente.</i></p>
≡	<p><i>Estudante 'M. C.: a gente vai pegar dados sobre o lixo que a gente separou, na quadra, e a gente vai tipo ver quanto tempo eles levam para se decompor e também quanto o lixo a gente acumula em um ano, tipo, aqui no colégio e também em cada pessoa e em toda a cidade.</i></p> <p><i>Estudante 'V': Outra: a gente tinha pensado em pegar, tipo, de cada pessoa, uma pessoa falando, quanto uma pessoa produz o lixo e até uma cidade? Quanto uma cidade produz e para conscientizar as pessoas e tal, para que elas mudem e que, para que as pessoas produzam menos lixo e que tenha essa mudança e encontrar uma solução para os problemas do lixo.</i></p> <p><i>Estudante 'A' a gente pensou em fazer um resort sustentável, onde pode ter várias formas de energia, que a gente mesmo produz lá dentro, como placa solar e também o telhado verde, que a gente comentou no trabalho de matemática lá, que a gente fez. E também como envolve água, a gente pensou em hidroelétrica, coisas sustentáveis, que a energia que a gente produz lá dentro, vai sustentar o hotel. E relacionado ao lixo, o professor deu uma sugestão, que é juntar o lixo e produzir gás metano, e usar esse gás pra usar a energia mesmo.</i></p> <p><i>Professor: se a escola tem veículos, dá para abastecer os veículos da escola, adaptar para o gás. Na cozinha não sei se a produção, se produz alguma coisa tóxica, pois o gás metano, ele é, o gás de cozinha é etano né? Então não é tão tóxico, agora o metano, tenho minhas dúvidas. Agora estou negociando com as meninas para ver essa ideia do resort e tal, de repente fazer na escola.</i></p> <p><i>Estudante: É!</i></p> <p><i>Professor: toda essa coisa de sustentabilidade de energia, de compostagem de lixo, aproveitamento de lixo, de repente na escola, pra escola servir de modelo...</i></p> <p><i>Estudante 'L1': não no resort...</i></p> <p><i>Professor: não. Na escola</i></p> <p><i>Estudante 'A': na escola, boa, boa!</i></p>

VII	<p>Estudante 'L': <i>pensamos em pesquisar como o descarte de lixo em diferentes escolas montessorianas afetam nosso redor. Por que a gente vê uma diferença entre a educação montessoriana e a educação que as outras escolas dão? Até no método e o jeito de não ser fábrica escolar. Aí a gente viu que aqui não tem nenhum projeto, tipo sustentável, nada. Mas por exemplo, no da Índia, eles viram prêmios e tem, todo ano, projeto lá, para salvar vida marinha e natureza, tipo é, uma coisa bem diferente, é uma outra realidade, e olha que é na Índia, um lugar que tem muito problema para descartar o lixo. Então nosso projeto vai ser basicamente, cada um pegar um país que tem o Sion, ou uma escola montessoriana, era para ser NOME DA ESCOLA, mas não tem em todos os continentes, não tem na Ásia e a Ásia é um lugar importante, nem na África. Aí a gente pegou, cada um pegou uma escola NOME DA ESCOLA e, quem não tinha NOME DA ESCOLA pegou uma escola montessoriana, e foi pesquisando como que isso funciona e a gente vai contactar, a gente falou com a galera dos outros colégios, perguntar com é que eles fazem com o lixo, se tem um projeto e essas coisas, pra mostrar realmente como o meio influencia a escola e como a escola influencia o meio em que ela tá.</i></p> <p>Estudante 'c': <i>é tipo, na escola eles poderiam reciclar e tals, mas o lixo é descartado de qualquer maneira fora da escola, então, não seria bom, seria melhor utilizar o lixo dentro da escola, fazendo, tipo, o próprio material, tipo aquele papel semente que a galera de literatura vai fazer, essas coisas ou a compostagem que você tinha falado e é isso.</i></p>
-----	--

Em relação aos dois próximos registros, a fotografia da esquerda é da equipe do projeto III (**Lixo dos oceanos**), para conscientização das pessoas em relação ao tempo de decomposição do lixo. Na fotografia da direita do projeto VII (**Sistema educacional**), das escolas montessorianas ao redor do mundo e como lidam com o problema do lixo.

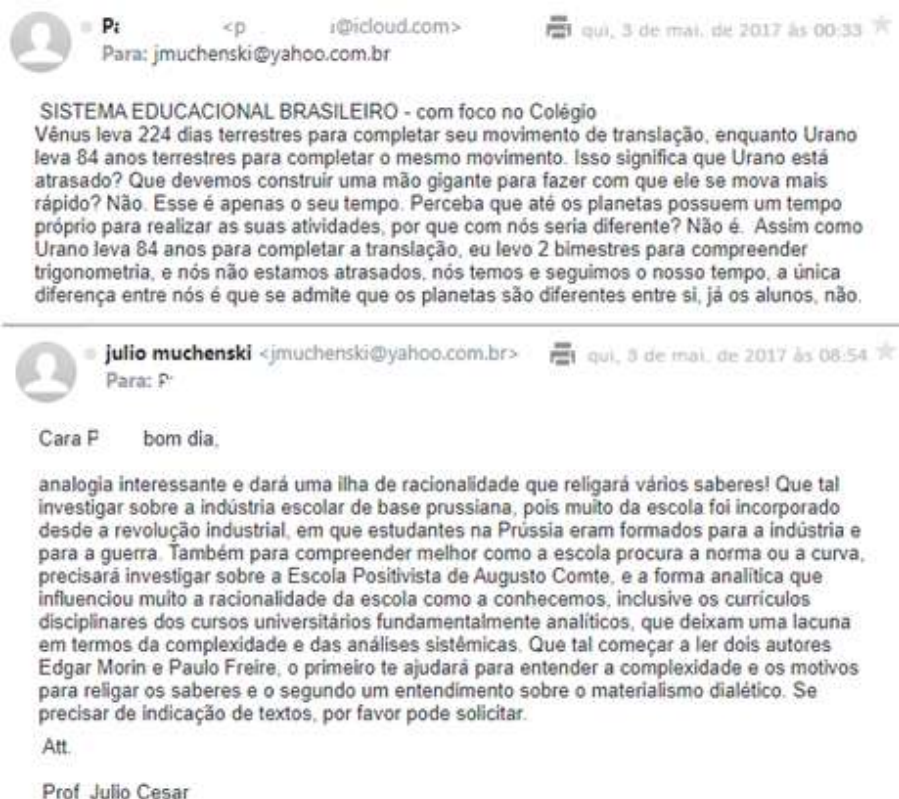
Fotografia 4 - Imagens de instantes da mostra do conhecimento



Fonte: Autoria própria (2021).

Por fim, destaco o trabalho da estudante do projeto VII (**Sistema educacional**), ela escolheu investir em um projeto de pesquisa individual para questionar a própria instituição de ensino, tal qual a equipe que realizou a crítica ao sistema educacional com uma alusão a indústria escolar, descrito no 'item a' desta mesma seção 6.1, em 2016. Desta vez, a aluna a partir da investigação em torno do sistema de ensino, destacou-se pela forma da sua manifestação performática acerca da síntese da IIR. Trocamos alguns e-mails acerca das primeiras ideias do trabalho:

Figura 23 - Troca de e-mails com a equipe acerca de orientações da IIR

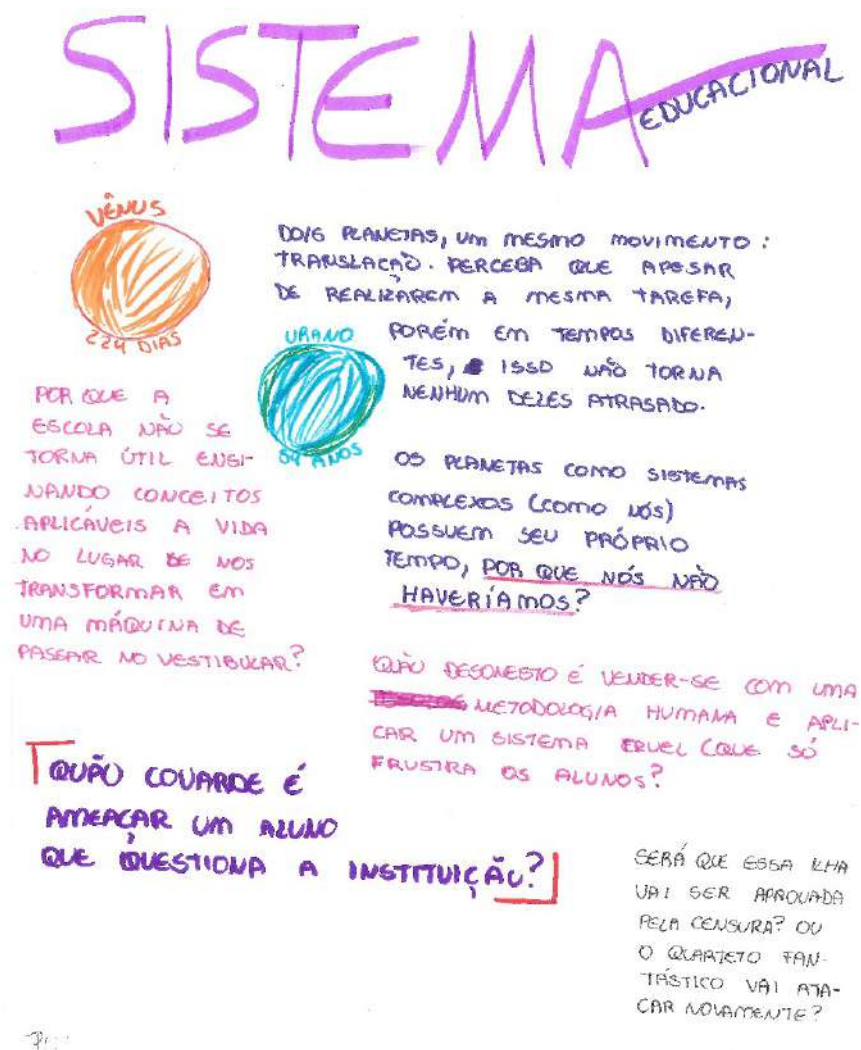


Fonte: Autoria própria (2021).

Na medida em que o trabalho da estudante avançou, percebemos que ela tinha um problema com a instituição de ensino, segundo a qual, apesar da escola manifestar a importância de respeitar o tempo de cada aluno, na prática a estudante não percebia tal encaminhamento. Diante disso, concordamos com o projeto individual, a despeito de preferimos aqueles coletivos, pois no caso da aluna havia energia de sobra para empenhar-se na investigação, consideramos que sua motivação fortaleceria o discurso crítico, até para que ela desse vazão a angústia que, visivelmente, sentia em relação a sua própria escola.

A seguir o seu mapa mental com a ideia da pesquisa, portanto, provisório e antes da manifestação performática:

Figura 24 - Mapa mental acerca do projeto VII- Sistema educacional.



Fonte: Acadêmicos colaboradores.

Mostraremos juntamente com a síntese da IIR da estudante, imagens do vídeo que ela produziu. A composição artística usou como cenário inicial uma das praças de Curitiba, a produção mostra a performance de um dançarino, conforme o item (a) da figura 25, ao longo do filme há um fundo musical com a declamação da poesia autoral da estudante. Apresentamos transcrição do áudio com a poesia na íntegra, e as partes em negrito identificadas por letras são para relacionar com as imagens que aparecem ao longo do filme. Link do vídeo: https://drive.google.com/file/d/15Q8zifwIxHUh0eHr_6K1aDqX9hdMhtb/view?usp=s_haring.

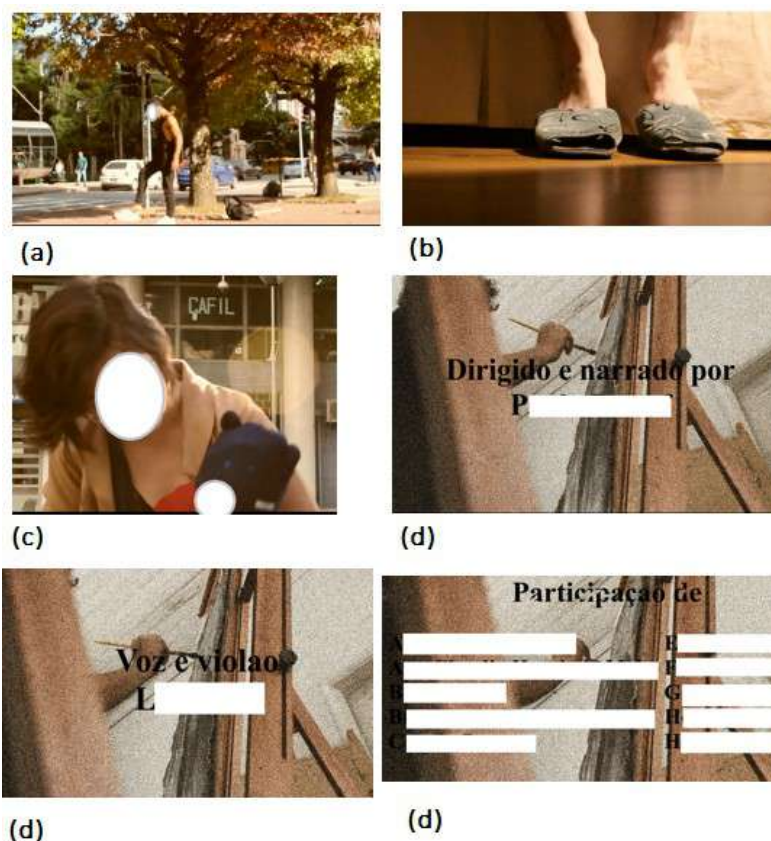
Poema: *Cíclico, vamos pensar que o nosso corpo é a Terra, mais você pode ser o Sol também, se você quiser! Nós vamos precisar de um sol eventualmente, para começar a falar de aquecimento, **nós precisamos falar do frio e como ele***

como substância não existe (a), ele não é uma entidade física ou algo do tipo, na verdade ele é apenas uma sensação, um pulso elétrico do seu cérebro para te avisar que o seu corpo está perdendo calor e isso é vital para a sua sobrevivência. É quase como o medo, que você sente quando acha que vai perder alguém importante e a consternação que você tem como resposta. Percebe o que eu acabei de dizer, a consternação é uma resposta ao medo e isso é fundamental para você entender a diferença entre aquecimento e calor. O medo é uma emoção, ou seja, uma série de respostas químicas ao estímulo externo e conseqüentemente é involuntário, a consternação é um sentimento que mostra como você e o seu corpo se sentiram e vão lidar com isso. Falando de forma bem leiga e assassinando a neurociência, nós podemos dizer que existe processo versus resultado final. É essa relação que nós vamos usar em aquecimento e calor, o aquecimento enquanto processo do planeta ele depende do ângulo de inclinação da Terra. É agora que você lembra que você é a Terra em relação ao Sol e, agora que o seu coleguinha lembra é o Sol, isso é que vai definir a quantidade de energia que vai ser trocada. Mas agora trazendo para a nossa realidade você e seu coleguinha de massas similares vão trocar quantidades de energia similares e isso não é espiritualidade, é só o universo sendo a confusão energética em que tudo é energia e, assim como a vegetação vai se comportar de forma diferente da água ao receber a energia solar, o seu braço também vai se comportar de forma diferente do pescoço ao receber energia na forma de um estímulo mecânico. Essas diferenças definem o clima de maneira geral e, no nosso caso elas definem como o nosso corpo vai reagir. O calor por sua vez é produto do aquecimento e a gente pode definir como energia em movimento, uma ilustração é o movimento da Câmera neste take e, nós principalmente o calor está sempre irradiando para a vizinhança. Um aquecimento que na Terra poderia duplicar o número de furacões, em nós poderia aumentar o número de confusões mentais. **E é por isso que a gente não somente absorve, mas também cede energia, em tudo a troca de energia, desde a troca com a pantufa que você colocou para ir ao banheiro até a mão gelada que te causa arrepios (b)**. Talvez uma das coisas mais bonitas que a gente possa fazer seja gastar o nosso tempo gastando energia, com alguém ou com o chão, com o pincel e a tinta, com a contração muscular para fazer aquele passo, até com uma meia. **Você como o meu Sol cede energia essencial para que as minhas flores germinem, mas isso não me faz dependente de você, nós somos um sistema entrópico e ele é baseado nas trocas para o**

amadurecimento mútuo. O meu tempo de translação ser diferente do seu, não significa que um de nós está atrasado ou adiantado, os planetas têm tempos diferentes, risos, porque que nós humanos não iríamos ter. E no geral é isso, um ciclo constante de trocas de energia entre nós que nunca tem fim (c). (A produção e direção do filme foi da estudante P, com voz e violão de L e a estudante mobilizou a participação de uma série de outras pessoas (d)).

Na figura 25, apresentamos algumas das cenas da produção do filme, há conexão entre partes da poesia e as cenas, indicadas pelas respectivas letras:

Figura 25 - Prints do vídeo-síntese da IIR do projeto Ciência e Arte



Fonte: Acadêmicos colaboradores.

ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

As experiências de 2016 e 2017, com a equipe de estudantes que descrevemos nesta mesma subseção 6.1 no item 'a', somadas com as experiências com as duas turmas de 1ª e 2ª séries, mescladas com o projeto 'UM OLHAR SOBRE O LIXO', e descritas também na subseção 6.1 no item 'b', evidenciaram que estudantes podem pensar, fazer e explicar ciência a partir dos projetos de

investigação científica, pois passam a vivenciar costumes e essências que se assemelham em algum grau com a natureza e prática da ciência trabalhadora, na medida em que se familiarizam e se naturalizam com as especificidades de processos de fabricação de fatos.

Na medida em que avançamos com os projetos das IIR, os estudantes deixaram de representar o pensar e fazer científico, a partir de histórias contadas sobre aqueles cientistas e os seus laboratórios. Agora, além de, também, conhecerem essas histórias, adquiriram algumas das especificidades daqueles agentes da ciência profissional. Os estudantes passaram a protagonizar sua própria história de pensar e fazer ciência, enquanto se debruçam sobre problemas práticos, complexos e locais, para coletivamente buscar formas de resolver esses problemas, defrontam-se com toda sua complexidade que demanda conhecimento das diversas componentes curriculares, buscam maneiras de religar esses saberes científicos com o auxílio dos especialistas, dos companheiros de equipe e da imersão na literatura científica.

Os estudantes ao mergulharem na literatura científica, precisam seguir o 'fio de Ariadne', que teceu a teia do conhecimento, para, assim, compreenderem as controvérsias, os debates científicos e ideológicos, os financiamentos de pesquisa, os interesses de pesquisadores e da academia, de modo que precisam considerar os contextos históricos, filosóficos, sociais e políticos, enfim, tarefa que não poderia ser encarada da perspectiva individual, mas sim da perspectiva do coletivo, ou seja, ombro a ombro passam agora a operar a ciência. Os alunos saem da sua posição reativa de apenas ouvir histórias sobre a ciência, para uma posição de ativismo ao contribuírem nas ações de pensar, fazer e explicar ciência a partir de seus projetos de pesquisa e do *modus operandi* de laboratório, ao tentarem transformar a sua própria realidade.

Porém, assim como os cientistas, sem deixarem de viver a vida, pois nas vivências da pesquisa há, também, espaço para o humor, o choro, a ansiedade, os insights, as paixões, as brigas, as risadas, afinal os estudantes são tão essencialmente humanos como os cientistas e suas vivências nos seus laboratórios. Neste sentido, há de se destacar o trabalho VII-Sistema Educacional, conforme o quadro 15, em que o tema da estudante não conseguiu adesão de colegas da própria instituição de ensino, porém, sua pesquisa chamou a atenção de pessoas do

seu círculo cultural. Até porque a estudante já trilhava um caminho para a formação acadêmica junto às artes e, muitas vezes, os saberes da Física não estão exatamente no escopo de interesse de alunos com este perfil. Entretanto, a liberdade que projetos de investigação oferecem aos estudantes, podem conectar preferências próprias com saberes de outras áreas do conhecimento.

Outro ponto em destaque do projeto VII-Sistema Educacional, em termos da crítica à instituição de ensino da estudante, é que serviu de elemento de motivação, pois a estudante procurava resolver um problema que era dela, um desajuste na percepção dela entre o discurso institucional da escola e uma prática pedagógica e metodológica, um combustível potente em termos de impulsionar às vontades em produzir uma crítica com solidez e conteúdo. O trabalho da estudante e o seu produto final, na forma de apresentação performática, ajudou-nos a perceber que poderíamos acrescentar mais um princípio ao design de ensino, o princípio que os estudantes ao incorporarem à sua cultura geral a cultura científica, eles podem se tornar potenciais influenciadores em temas relacionados com a ciência.

O projeto VII-Sistema Educacional, destacou-se, ainda, com a sua conexão explosiva entre ciência e arte, à medida que a autora do trabalho reuniu durante o projeto de investigação, saberes da termodinâmica com poesia, dança e encenações das experiências cotidianas, cujo cenário de fundo foi de crítica ao modelo institucional de ensino. Portanto, formas poderosas de promover a conscientização crítica através das manifestações culturais e artísticas, que nos levaram a considerar como princípio de design de ensino.

Este princípio em que estudantes se tornam divulgadores da ciência, por meios digitais, nós passamos a utilizar na turma da 2ª série do CEP, ao longo de 2018, ao trabalharmos com os seminários e sínteses das ilhas de racionalidade, além da experiência da produção de podcasts em 2019 com outra turma de 2ª série.

À frente dos resultados da imersão de estudantes em projetos de investigação científica, escolhemos, de forma definitiva, a imersão de estudantes em projetos de investigação científica, como um dos princípios do design de ensino Cultura de Laboratório. Ficamos convencidos durante o processo de desenvolvimento desse princípio, de que os projetos de investigação se alinham a epistemologia e metodologia que desenhamos para a reformulação do laboratório didático, tendo em vista, principalmente, à similaridade com o *modus operandi* do trabalho coletivo em comunidades de fabricação da ciência, por exemplo, na medida

em que os estudantes produzem suas IIR, passam a enfrentar problemas complexos, manipular os saberes científicos, percorrer a teia da literatura científica, além do sentimento de pertencerem a uma espécie de movimento cultural dos que fazem da ciência parte das suas vidas.

Definitivamente, a proposta de envolver estudantes em projetos de aprender por investigação científica, transformou a forma como essa escola particular passou a encarar as mostras do conhecimento, pois no ano seguinte, em 2018, o projeto de MC estruturou-se acerca do tema sugerido pela UNESCO, denominado na escola de 'Influência Africana na Cultura Brasileira'. Os trabalhos foram inaugurados a partir do e-mail institucional encaminhado pela supervisão e coordenação da escola, naqueles mesmos moldes que trabalhamos ao longo de 2016 e 2017.

Figura 26 - E-mail de inauguração dos projetos de investigação científica



Fonte: Autoria própria (2021).

Neste e-mail de inauguração foi compartilhado documento editável, para que os professores realizassem as suas contribuições para a elaboração do projeto inicial da mostra do conhecimento, portanto, percebemos a naturalização do movimento interdisciplinar na instituição de ensino:

Figura 27 - Documento editado por várias componentes curriculares

MOSTRA DO CONHECIMENTO 2018

SUGESTÕES DE TRABALHO – 27/6/2018

PROFESSORA R (VER MATERIAL ANEXADO), serve para EF2 e EM.

Ensino Médio: Teias de Aprendizagens (como no ano passado, cada professor na sua disciplina orienta a ilha de racionalidade dos projetos dos alunos) O que acham?

A : ARTES- máscaras africanas – como são confeccionadas, material utilizado, as expressões e o sentido da máscara para cada tribo, obra Les Demoiselles D'Avignon Pablo Picasso

Sugestões para QUÍMICA - pode ser trabalhado Plantas Medicinais e chás. E outro assunto que também achei muito interessante é sobre a Cana de açúcar.

-Contribuições científicas dos africanos para o conhecimento de processos como: produção de rapadura, açúcar mascavo e a síntese da cachaça.

-Importância da Química no ciclo da cana-de-açúcar.

-Aspectos Químicos e Históricos da cana-de-açúcar no Brasil: como preparavam o açúcar e cachaça.

-Experimentos: a) Produção da Rapadura, b) Síntese do Açúcar Mascavo; c) Produção da cachaça; e) Determinação de etanol no organismo humano: construção de um bafômetro.

-Tipos de açúcares e processos de produção: mascavo, refinado, cristal

PROFESSORA S –

Sugestão de filme (podemos passar na semana que vem, no auditório)

Um filme (documentário) para começar: A caminho da escola de Pascal Plisson - César de melhor documentário em 2013 (acho)

crítica:

<http://www.adorocinema.com/filmes/filme-210112/>

filme completo, mas em francês:

<https://www.youtube.com/watch?v=OIsFlkvupBs> (só consegui em francês)




Não é um filme que discute os problemas, nem dá soluções, só mostra o caso de crianças de 4 países (2 da África - 1 do Marrocos e outro do Quênia) e das dificuldades de todo o dia de chegar na escola. Só 1h e 14 min...

Fonte: Autoria própria (2021).

Destacamos a incorporação do protocolo de qualificar os estudantes nas IIR, para desenvolverem seus projetos de investigação científica sob a orientação dos professores especialistas, tendo em vista que em 2018, os projetos de investigação científica passaram a integrar a MC da escola, houve o aperfeiçoamento dos resumos expandidos de todas as equipes da primeira e da segunda séries, um total de dezesseis trabalhos formalmente estruturados.

A seguir, por exemplo, um dos resumos:

Figura 28 - Escrita formal em projetos de investigação científica.

PROJETO DE PESQUISA

EQUIPE: C, L, P e M

1. INTRODUÇÃO
1.1 TEMA GERAL
 RAÍZES AFRICANAS: INFLUÊNCIA AFRODESCENDENTE NA CULTURA BRASILEIRA

2.2 Tema Específico
 A utilização do açúcar como biocombustível na produção de um foguete.

2.3 OBJETIVO GERAL:
 Mostrar o potencial do uso do açúcar como biocombustível.

2.3.1 Objetivos específicos
 Relacionar o período colonial brasileiro com o açúcar; comparar o açúcar com outros combustíveis; estudar a história do açúcar desde o período colonial brasileiro até a atualidade; demonstrar como o açúcar pode ser utilizado como combustível natural sustentável; produzir foguetes utilizando o açúcar como combustível.

2.4 QUESTÃO NORTEADORA
 Como o açúcar pode ser utilizado como biocombustível?

2.5 JUSTIFICATIVA
 O açúcar foi por muito tempo a grande riqueza do Brasil, devido ao seu uso comercial e sua visão geográfica favorável para seu plantio, dando nome ao momento histórico do Ciclo do Açúcar, porém acabou “perdendo” destaque após eventos históricos da presença holandesa no Brasil. O trabalho tem como proposta uma nova visão sobre um produto que existe em grandes quantidades, porém não tem tanta importância como poderia ter, além do seu uso gastronômico. Num contexto atual em que energias limpas estão sendo pesquisadas e desenvolvidas a todo momento, biocombustíveis aparecem no mercado com uma possibilidade de mudança de ares e uma possível garantia de um futuro que saiba utilizar e reutilizar seus recursos disponíveis. Um “por que não?” Sempre surge levantando dúvidas, e “por que não?” Utilizar o açúcar como combustível viável como alternativa aos métodos atuais de produção de combustíveis, algo que vai gerar trabalho no motor de diversos automóveis, maquinários, empresas, além de ser acessível às moradias.

METODOLOGIA
 Para a parte teórica, serão realizadas pesquisas sobre a história e utilização do açúcar no Brasil e sobre a utilização do açúcar como combustível. Em seguida, será descrita sua reação com nitrato de potássio. Para a parte prática, será mostrada, a partir de experimentos, a reação do açúcar com nitrato de potássio. Por fim, serão construídos foguetes de papel ou cano PVC utilizando o açúcar e nitrato de potássio.

REFERÊNCIAS
 BALDISSERA, Rafaela et al. Propelentes sólidos para foguetes Avaliação teórica do desempenho da mistura nitrato de potássio/açúcar. 2016. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/ricaucs/article/view/4743>>. Acesso em: 07 jul. 2018.
 AMERICA, Comunicação Latin. História do Etanol no Brasil. 2016. Disponível em: <<http://www.bioblog.com.br/história-do-etanol-no-brasil/>>. Acesso em: 07 jul. 2018.
 MACHADO, Fúlvio de Barros Pinheiro. A História da Cana-de-açúcar – Da Antiguidade aos Dias Atuais. 2017. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=993>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

Fonte: Autoria própria (2021).

É importante destacarmos o formalismo presente no resumo expandido do projeto: A utilização do açúcar como biocombustível na produção de um foguete. Para mostrarmos o quanto os estudantes incorporaram características comuns aqueles que se inserem no mundo da literatura científica. Por exemplo, na manifestação escrita do grupo, à medida que surgiram no resumo elementos típicos do meio da produção científica, cuja a prática do seu ofício dos seus agentes, exige formas de comunicação com maior rigor na publicação dos trabalhos de pesquisa.

6.2 REFORMULAÇÃO DO LABORATÓRIO DIDÁTICO

Para desenvolvermos o segundo princípio de design relativo a epistemologia e metodologia do LabD, seguimos outras turmas enquanto atuavam no laboratório, organizamos e constituímos as informações que obtivemos da seguinte forma:

- Contexto das vivências e participantes;
- Constituição das informações;
- Análise das informações.

Mostraremos a seguir as experiências que vivenciamos *in loco*:

a) TURMA DE SEXTO ANO DO COLÉGIO ESTADUAL IOLANDO TAQUES FONSECA DE PONTA GROSSA - PARANÁ EM 2016 CONTEXTO DAS VIVÊNCIAS E PARTICIPANTES

Para desenvolver e avaliar o princípio de design acerca da experimentação, associamos o conceito de pressão (especificidade da Física), com a técnica de luz e sombra (especificidade das Artes Visuais). Diante disso, os professores de Física e Artes Visuais construíram a ilha interdisciplinar de racionalidade a partir dos saberes sábios: pressão; luz e sombra do barroco europeu. Nosso plano de ação foi utilizar a IIR como cenário de fundo do laboratório e do atelier, durante as práticas experimentais e artísticas. O cenário da ilha de racionalidade serviu aos professores como contexto inicial de problematização, além de auxiliar, também, na forma de condução das atividades experimentais e artísticas.

Ao superarmos as etapas de construção da ilha interdisciplinar de racionalidade, desde o momento clichê até a sua síntese, organizamos a partir da IIR duas SD, a primeira sequência de LabD sob a ideia de multimodalidade representacional, para que os estudantes pudessem ampliar suas representações acerca da pressão e outras relacionadas. Uma vez que eles alargassem a sua racionalidade acerca desses saberes, estariam preparados para as práticas artísticas (PA), da segunda sequência de atividades, como por exemplo, a releitura da obra de Joseph Wright.

Escolhemos a escola estadual nas proximidades da UTFPR, em Ponta Grossa-Paraná, pois tratava-se da escola em que lecionavam as professoras

especialistas em Artes Visuais, elas faziam parte do programa PPGECT, da UTFPR de Ponta Grossa. A turma de 6º ano que investigamos era formada por estudantes periodizados, em termos do ano escolar e da idade.

O momento clichê e o contexto inicial de problematização

No primeiro encontro com os estudantes, apresentamos um vídeo do youtube, disponível no link: https://www.youtube.com/watch?v=6MDUy_uyTro, (Acesso em: 9 jul. 2016), como contexto inicial. Além da problematização do momento clichê da IIR, a partir da pergunta: Observe o que aconteceu com um vagão de GLP (gás liquefeito de petróleo), que foi vedado depois de limpo por vaporização! O que pode ter amassado este vagão?

A seguir imagens da discussão a partir da apresentação da questão clichê:

Fotografia 5 - Instante da turma do sexto ano do ensino fundamental II



Fonte: Autoria própria (2021).

A questão marcou o início da sequência didática sob os 3MP de Delizoicov e Angotti (2011), a respeito da obra de Joseph Wright, que serviu de problematização, e, também, para condução do LabD de multimodalidade representacional, no qual os estudantes passaram a manipular o saber “pressão”.

Quadro 17 - Organização da sequência didática sobre pressão e técnica de luz e sombra

ANO/COLÉGIO Sexto ano do Colégio Estadual Iolando Taques Fonseca	ENCONTROS 23 e 30 de junho de 2016
Especialidades do LabD: pressão, técnica luz e sombra	Duração: 10 aulas
Especialista para abrir as caixas pretas de física: Julio Cesar Muchenski Especialistas para abrir as caixas pretas de Artes visuais: Camila Gonçalves Klipan e Camila Regina Rosa Kops	
<p>a) Objetivo geral: alargar a racionalidade dos estudantes com múltiplas representações de conceitos de Física e das Artes visuais. Objetivos específicos: identificar as relações de proporcionalidade no aspecto de estática dos fluídos entre pressão, força e área. As relações de proporcionalidade do teorema de Bernoulli, entre pressão e velocidade. Enriquecer a compreensão dos estudantes em relação a obras de arte, que tragam algum tema relacionado com a ciência e a tecnologia e/ou técnicas do barroco sobre luz e sombra representando personagens de uma maneira teatral na composição pictórica.</p>	
<p>b) Desenvolvimento b.1). Primeiro encontro - 05 aulas foram utilizadas - Ilha interdisciplinar de racionalidade em torno da tela de Joseph Wright “Experimento com um Pássaro numa Bomba de Ar”, com aspectos da história e filosofia da ciência. - Laboratório didático de multimodalidade representacional, proposto em trabalho de grupos de quatro estudantes, para proporcionar aos estudantes múltiplas representações a respeito da pressão, todos em contextos em aparelhos experimentais diferentes e em contextos problematizados. Com a utilização dos contextos representados nos modelos - réplica. - Fechamento do laboratório, colocando os estudantes em semicírculo, promovendo a fala dos estudantes, a respeito dos tipos físicos, aspectos da obra e aplicações, com a intenção de proporcionar a explanação das múltiplas representações formadas durante a sequência de atividades. - Proposta de prática artística de grafite, como proposta de aplicar o princípio de Bernoulli, para o entendimento de como funciona um spray, utilizando canudinhos plásticos, tinta comestível e stencils com temas relacionados com a ilha de racionalidade. b.2). Segundo encontro - 05 aulas foram utilizadas - Foi iniciado com uma retomada dos saberes trabalhados no LD de física no primeiro encontro. Em seguida, apresentou-se para os alunos uma leitura dirigida sobre a obra, para explicar o papel de cada personagem presente na tela de Wright. Após esta leitura dirigida entregou-se aos alunos um questionário no qual eles deveriam responder sobre essa leitura de imagem dirigida. Neste mesmo encontro aplicaram-se técnicas de desenhos focando na característica do barroco sobre luz e sombra. E também se trabalhou com a técnica de desenho de Natureza Morta, com a técnica da observação, colocou-se uma cesta com frutas, em cima de uma mesa no centro da sala de aula, onde cada aluno deveria desenhar conforme o seu ponto de observação, para aprender a trabalhar proporção, figura e fundo e novamente luz e sombra em desenhos. Com o cunho qualitativo dado que levou em conta o ponto de vista dos alunos em relação aos assuntos abordados referentes à tela de Joseph Wright. Utilizou-se a observação direta para fim de coletas de dados, com filmagens dos encontros com os alunos, produção de experimento com questionários a serem respondidos pelos alunos após a prática e também com desenhos.</p>	
c) Recursos: projetor multimídia, LD de multimodalidade representacional e PA.	
<p>d) Referências: DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A., PERNAMBUCO, M. M. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos, 4 ed. São Paulo: Cortez, 2011. LABURÚ, C. E. AND O. H. M. DA SILVA (2011). "O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional the didactic laboratory perspective from multi-modal representation." Ciência & Educação 17(3): 721-734. CUMMING, Robert. Para entender a Arte. Ed. Ática. São Paulo-1996.</p>	

Fonte: Muchenski et al (2016).

Depois da problematização inicial, reservamos um tempo para ouvirmos o que os estudantes tinham a dizer a partir da questão clichê. Alguns tiveram dúvida em relação a sigla GLP, relativo ao gás liquefeito de petróleo, que respondemos a partir do exemplo similar do gás de cozinha. As manifestações dos estudantes e professores foram gravadas em áudio e vídeo, além dos registros fotográficos.

Após esse tempo de discussão, organizamos a turma em grupos de quatro estudantes, um total de cinco grupos, explicamos a eles que trabalhariam algumas práticas experimentais e artísticas, e que a atuação em grupo e as discussões seriam fundamentais para a melhor compreensão dos conceitos. Utilizamos uma sequência de slides para pautar todas as atividades, e, também, para promover as discussões. Além de lançarmos mão de dois guias instrucionais, respectivamente, das atividades experimentais acerca da pressão e das práticas artísticas a partir da técnica de luz e sombra. Os slides da apresentação e os guias instrucionais encontram-se no apêndice A.

Esclarecemos aos estudantes que eles participavam de uma pesquisa e que observaríamos eles enquanto trabalhassem as práticas experimentais e artísticas. Apesar da escola não possuir espaços próprios de LabD e de atelier, adequamos a sala de aula para os alunos desenvolvessem as atividades. Logo no início da atividade, entregamos a eles o primeiro guia instrucional e garantimos a eles que seria mantido o seu anonimato.

CONSTITUIÇÃO DE INFORMAÇÕES

Realizamos duas modalidades para constituir os dados, os escritos nos guias instrucionais nos dois encontros, além dos dados do segundo encontro, quando gravamos a atividade em áudio e vídeo, até porque era do nosso interesse a verificação se houve aprendizagem com significação dos conceitos da Física e das Artes Visuais.

A seguir no quadro 18, mostramos parte do corpus de dados:

Quadro 18 - Dados a partir da escrita do guia instrucional e de áudio e vídeo do LabD

Atividades	Categorização de partes dos dados coletados do LD das representações dos estudantes				
	23/06/2016	Representaram o termo pressão em pelo menos um dos contextos	Estática dos fluidos/ representação de $P = (F/A)$	Dinâmica dos fluidos, P como uma função da velocidade	Responderam a etapa clichê/vagão do trem amassado
Primeiro encontro	12	9	8	9	5
Segundo encontro	Realizado na semana seguinte em 30/06/2016				
Observação: foi de 20 o número total de estudantes que colaboraram com a pesquisa. E, foi considerada as representações mesmo quando incompletas e provisórias, conseguidas mesmo quando houve lacunas na escrita dos estudantes, lacunas apresentadas possivelmente pela alfabetização parcial, ou seja, não foi completado o ciclo de alfabetização no EFI.					

Fonte: Muchenski *et al* (2016).

No segundo encontro, a SD caracterizou-se pelas atividades das práticas artísticas. Porém, antes de se iniciar os encaminhamentos pelas especialistas de Arte, resolvemos retomar as atividades da primeira semana, até para percebermos o quanto foi efetivo a proposta experimental, em termos da aprendizagem com significação dos conceitos que os estudantes experimentaram. Na imagem, aparecem os professores e um dos estudantes que atendeu ao nosso chamado para apontar no quadro onde estava a representação da bomba de ar de Robert Boyle.

A seguir na fotografia 6, o registro do momento que o estudante aponta para a obra:

Fotografia 6 - Estudante aponta o que considera a parte principal da obra de Joseph Wright

Fonte: Autoria própria (2021).

Na próxima conversa que transcrevemos, diz respeito a retomada de conteúdo em relação ao primeiro encontro, no que diz respeito ao conceito pressão:

Professor: vamos então continuar com a atividade de caráter científico, mas também conectando com artes. Apenas para retomar, vamos tentar lembrar quais foram os conceitos científicos que a gente trabalhou aquele dia, alguém lembra o conceito em que trabalhamos aquele dia e em quais experimentos?

E1: ar; E2: gás; E3: pressão.

Momentos de hesitação, seguiram-se outras manifestações:

E10: aquele experimento em que se assoprava a folha de papel.

Professor: muito bem! Vocês lembram que trabalhamos com a movimentação do ar quando assopramos o ar acima da folha, lembram? O que acontecia com a folha? O que aconteceu com a pressão ao aumentarmos a velocidade na parte de cima da folha?

Estudantes em coro: subia; Estudantes: hesitação. Estudantes (maioria): subia. E4: está errado.

Professor: Isto está errado, perceberam isso? Portanto, sempre dá aquela vontade, por isso é importante parar um pouquinho, pensar! Mas é isso, realmente a pressão é que diminuiu. Como que ficou claro para vocês no experimento da folha, de que a pressão diminuía quando a movimentação do ar aumentava?

E3: assoprava sobre a folha; E1: a folha subia!! E7: a pressão na parte de baixo era maior.

Professor: quando a pressão diminui na parte de cima é porque a velocidade aumentou ou diminuiu? Lembrem onde assopramos!

Estudantes: hesitação [...] Estudantes: a velocidade aumentou!

Professor: alguém pode explicar o que acontece quando a velocidade diminui?

E5: quando a velocidade diminui a pressão aumenta. É o contrário.

Houve a partir do experimento de soprar uma folha de papel e da relação com a asa de um avião em movimento, um entendimento razoável da relação entre velocidade e pressão, em termos do princípio de Bernoulli. Na sequência voltamos a questionar se lembravam de outros experimentos:

Professor: Muito bem! Em seguida realizamos um outro experimento, vocês recordam?

E3: do lápis! Estudantes: sim! E2: quando a ponta era fina a pressão aumenta!

Professor: podemos então tirar uma conclusão da situação, quanto menor for a área/mais fina da superfície de contato, o que acontece com a pressão? Alguém pode dar um exemplo?

E1: a pressão aumenta! E3: uma mulher que está de salto alto não deve pisar na grama! E5: porque ela afunda! (Risos).

Professor: agora com relação a força aplicada no lápis, se você aumentar a força que exerce nas pontas do lápis, o que acontece com a pressão aplicada pelo lápis nos dedos?

Muito estudantes: maior a pressão também.

Sobre as relações de proporcionalidade entre pressão e área, pressão e força, os estudantes apresentaram uma boa compreensão, portanto, os experimentos foram relativamente significativos para eles.

Outras experiências de ensino teórico e experimental para o EFII podem ser encontradas no trabalho de Muchenski (2015) e Muchenski e Miquelin (2015). Os dois trabalhos mostram o quanto o perfil epistemológico de estudantes pode ser aperfeiçoado em relação aos saberes científicos. Desde suas primeiras imagens, alicerçadas em empirismos primeiros e realismo ingênuo, os quais podem ser reformados e melhorados com uma metodologia de ensino, que leve em conta essas primeiras vivências constituintes do ideário dos estudantes, o qual pode ser alargado e qualificado, por meio de designs de ensino, que promovam o letramento científico, inicialmente, desde as primeiras vivências escolares desses alunos.

Na fotografia 7, mostramos o quanto a turma se envolveu nas atividades propostas, haja vista que ao solicitarmos voluntários para participar dos experimentos, prontamente estudantes manifestaram-se para serem escolhidos.

Fotografia 7 - Estudantes voluntariosos

Fonte: Autoria própria (2021).

Foram várias interações que pudemos retomar os saberes trabalhados nas atividades experimentais, na fotografia 8, recordamos a ideia da pressão e de como ela pode dificultar tomar um suco com canudinho, caso um dos canudos esteja dentro do líquido e o outro fora, por exemplo na imagem, o estudante utiliza os canudinhos não consegue uma diferença de pressão suficiente para que o líquido suba até a sua boca. O registro deste momento também retrata a nossa preparação para a utilização do spray de baixo custo para a atividade com estêncil de pintura.

Fotografia 8 - Interação com estudante em experimento sobre pressão

Fonte: Autoria própria (2021).

Sempre há tempo para ajudarmos os estudantes, em reformar suas representações dos saberes da ciência, para, assim, contribuir com a ampliação da sua racionalidade, nos termos de Paty (2003). As discussões sobre pressão, vácuo e o princípio de Bernoulli não pararam, nelas foi possível, também, perceber o quanto obstáculos epistemológicos são resistentes à aprendizagem de um conceito ou então a sua reforma, pois, em Bachelard (2009), encontramos orientações que nos ajudaram a não subestimar o quanto as primeiras impressões e vivências dos estudantes os impulsionam em respostas rápidas, sem a devida racionalização, muito mais visceral do que cerebral poderia assim se dizer, respostas rápidas lançadas por impulso mais intuitivo do que racional.

Para auxiliar na compreensão do spray de baixo custo, que aparece na fotografia 8, discutimos antes da atividade sobre o princípio de Bernoulli, nos contextos da mangueira de água que foi estreitada na sua saída por um dedo polegar e, também, no caso do aparelho circulatório que abrange a circulação do sangue em veias e artérias, além da relação ao perfil da asa de um avião, todas situações que tratamos em contextos teóricos e/ou experimentais. Não nos surpreendemos quando surgiram os obstáculos epistemológicos, haja vista que se trata de um princípio complexo, o de Bernoulli. Basta olharmos parte da transcrição das falas:

Professor: para verificar se vocês pegaram a ideia da relação entre velocidade e pressão, vamos retomar aquela ideia da saída da água da mangueira. Vamos supor que você queira molhar a parede, mas o jato de água não alcança, o que podemos fazer?

E3: coloca o dedo na ponta da mangueira e a água fica mais rápida.

Professor: muito bem a velocidade da água aumenta e a pressão, aumenta ou diminui?

Estudantes: aumenta (alguns); diminui (outros). [...] (hesitação)

Estudantes: diminui

Professor: muito bem, aqui na saída da mangueira onde ela é estreita pelo dedo polegar, mas a vazão da água é a mesma e a água tem que passar, portanto a velocidade aumenta. O que acontece com a pressão aqui? (O professor aponta para a figura no slide que mostra o estreitamento da saída da mangueira).

Estudantes: a pressão diminui!!! (Em coro de forma enfática!).

Professor: agora no sistema circulatório das pessoas que durante a vida não se cuidaram e tiveram uma alimentação com muita gordura e bloquearam parcialmente as suas veias e artérias, então o que vocês acham, onde a veia estiver parcialmente fechada com gordura, a velocidade do sangue quando passar por esse ponto de estreitamento, o que acontece com essa velocidade?

Estudantes: aumenta! E5: fica mais rápido.

Professor: e com a pressão?

Estudantes: menor (em coro).

Professor: agora vamos retomar aquela situação da asa do avião em termos da sustentação do avião (o professor aponta para a imagem no slide que representa o perfil da asa de um avião). Aqui na parte de baixo da asa do avião a velocidade do fluxo de ar é maior ou menor que da parte de cima da asa do avião?

Estudantes: menor.

E11: já que a velocidade é menor a pressão é maior.

Professor: e na parte de cima em que a velocidade do fluxo de ar é maior, a pressão é?

Estudantes: a pressão é menor!

Somente depois de trabalharmos com o aperfeiçoamento das representações dos conceitos, por meio do aumento do seu realismo na percepção dos estudantes, através da especulação complexa, conforme Hacking (2012), além da manipulação dos conceitos, no sentido de Laburú e Silva (2011), nos diferentes experimentos e diferentes contextos, os estudantes foram convidados para a parte lúdica, da intersecção de ciência e arte, com a prática artística de estêncil de pintura.

Bachelard (2009) orienta esse cuidado que tivemos, em trabalhar epistemologicamente os saberes relacionados a pressão e da técnica de claro e escuro, para somente depois da aprendizagem com significação desses conceitos, promover aos estudantes, vivências mais chamativas e mais coloridas, pois estas tendem a se fixar antes da racionalização. Logo, a importância da exploração teórica e experimental dos conceitos, pois evitamos, assim, constituir na percepção dos estudantes obstáculos epistemológicos a aprendizagem com significação dos saberes da ciência.

A seguir o deleite lúdico com o spray para pintura com estêncil:

Fotografia 9 - Estudantes divertem-se com ciência e arte com spray no estêncil de pintura



Fonte: Autoria própria (2021).

As fotografias 9 e 10, conectam-se com os registros das fotografias 5 e 6, no que diz respeito ao experimento associado com a discussão sobre a bomba de ar, em termos da existência da pressão do ar e do vácuo. Ideias que aparecem na transcrição abaixo, de alguns diálogos a partir da obra “Experimento com um Pássaro numa Bomba de Ar”, de Joseph Wright.

Fotografia 10 - Experimento da bexiga no interior da garrafa.



Fonte: Autoria própria (2021).

Depois ao retomarmos a obra de Joseph Wright, 'O pássaro na bomba de ar', surpreendemo-nos, também, do quanto a obra foi significativa para os estudantes. Em relação a fotografia 10, os respectivos diálogos:

Professor: muito bem, vamos retomar a obra do Joseph Wright, vocês compreendem sobre o que é este experimento que aparece na pintura?

E12: sobre o ar e a pressão! E1: da bomba! (O estudante aponta com o indicador para a projeção na parede).

Professor: alguém gostaria de vir aqui na frente para apontar onde está a bomba?

(Estudante 2 em 5min e 08 s aponta na projeção o aparato experimental) / registro na fotografia 5.

Professor: vocês perceberam que esta pessoa (aponto para o James Ferguson) está representando o que na obra?

E 9: um homem. E4: um mago! E 5: o cientista. E11: ele está segurando para deixar entrar ou não o ar dentro em que está o pássaro. E8: ele está controlando a entrada de ar! E10: ele pode tirar o ar da ave.

Professor: o pássaro está morto?

Estudantes: não! (Em coro). E2: porque tem ar ainda!

Professor: qual a parte do quadro que vocês acham mais importante? Ao olharem para o quadro vocês sente-se convidados em interagir com a obra? Participar do experimento?

E3: a bomba de ar! E4: sim, o cientista está olhando para nós! E12: é verdade! E5: ele está esperando a gente decidir se o pássaro morre ou não! E6: coitada! (Referindo-se a cacatua)!

E2: parte da bomba! E2: em gestos ele representa o movimento circular da manivela. E8: é tem aquela coisa!

E7: ai, eu esqueço o nome! (Ela tenta lembrar o experimento dos hemisférios de Magdeburgo)

Portanto, já não tínhamos mais dúvida sobre o bom caminho de religar os saberes da física com os saberes da arte, tendo em conta o quão significativo foi a relação do que experimentaram, e, também, a forma como a obra no contexto da experimentação impactou os sentidos dos estudantes. Ao trabalharmos os conceitos, mesmo a partir do empirismo primeiro e do realismo ingênuo dos estudantes, não criamos nos estudantes obstáculos epistemológicos, pelo contrário,

os estudantes foram capazes de formar múltiplas representações epistemologicamente corretas dos saberes apresentados.

A atividade de análise e discussão de elementos da obra de Joseph Wright, foi marcante para os estudantes, por exemplo, em termos da representação do experimentador e da experiência, evidências que apareceram nos diálogos durante a retomada de conteúdo do primeiro encontro, e, também, na prática artística proposta pelas professoras especialistas em Arte. Por exemplo na fotografia 11, os estudantes desenharam interpretações a respeito da obra e, assim, como nos diálogos aparece nas produções dos estudantes, o destaque que eles deram ao experimento da bomba de ar, que aparece na obra do “Experimento com um Pássaro numa Bomba de Ar”.

Fotografia 11 - Professora convida estudantes a produzirem interpretações da obra “Experimento com um Pássaro numa Bomba de Ar” de Joseph Wright.



Fonte: Autoria própria (2021).

É interessante chamarmos a atenção, para o fato de que os estudantes iniciaram os desenhos pelo experimento, curiosamente, por experimentos que haviam realizado no nosso primeiro encontro. Inferimos aqui sobre o quão significativo foi para eles a atividade experimental, que desenvolvemos no primeiro encontro da sequência didática, inclusive em relação aos elementos simbólicos que aparecem no quadro. Por fim, na fotografia 12, os três professores especialistas em Arte e Física, abriram a discussão para que os estudantes manifestassem impressões sobre as simbologias da obra.

Fotografia 12 - Manifestações dos estudantes sobre os elementos simbólicos da obra de Joseph Wright



Fonte: Aatoria própria (2021).

A partir dessa discussão, retomamos o bloco de conteúdo relacionado com as atividades experimentais com o conceito de pressão, em diferentes problematizações e com contextos históricos, filosóficos e sociais. Após a retomada de conteúdo, desenvolvemos com os estudantes a atividade das práticas artísticas e a partir do guia instrucional, pautamos os trabalhos dos estudantes. Das atividades artísticas constituímos as informações do quadro 19:

Quadro 19 - Dados a partir das produções dos estudantes do guia de práticas artísticas

Atividades	Categorização de partes dos dados coletados do PA das representações dos estudantes				
	30/06/2016	Técnica de Spray com canudinho e copo descartável	Identificaram aspectos físicos e artísticos na tela	Análise do Roteiro de Leitura de uma obra de arte	Realizaram o desenho de observação, com ênfase no claro e escuro
Primeiro encontro	Atividade realizada na semana anterior no dia 23/06/2016				
Segundo encontro	15	12	13	13	20
Observação: foi de 20 o número total de estudantes que colaboraram com a pesquisa. E, foi considerada as representações mesmo quando incompletas e provisórias, conseguidas mesmo quando houve lacunas na escrita dos estudantes, lacunas apresentadas possivelmente pela alfabetização parcial, ou seja, não foi completado o ciclo de alfabetização no EFI.					

Fonte: Muchenski et al (2016).

Observamos, a partir das práticas que os estudantes desenvolveram, que eles se preocuparam primeiro com a parte científica, depois passaram a pensar nas técnicas de desenho claro e escuro, proporção, ao seja, nas características do barroco europeu. Outro fato intrigante aconteceu durante a atividade de PA, na qual realizaram a releitura da obra “Um experimento com um pássaro na bomba de ar”, quase a totalidade de estudantes iniciou o desenho pelo experimento, estes desenhados a partir dos experimentados no LabD, portanto, não reproduziram a bomba de ar que aparece na obra, mas sim aqueles que haviam manipulado no LabD.

Quanto ao guia instrucional de artes visuais, perguntamos a cada estudante em relação à obra e dos representados na pintura, com quem havia se identificado e muitos responderam que era a figura do cientista James Ferguson, aqui, novamente, devemos tomar a atenção, pois com a utilização de uma IIR, construída a partir dos aspectos da história e filosofia da ciência, é um bom caminho para desmitificar a figura do cientista, muitas vezes distorcida por falsos estereótipos.

ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

Ao constituirmos os dados a partir das escritas dos estudantes do primeiro encontro com a turma do 6º ano, surgiu uma disparidade entre os resultados que obtivemos nos dois encontros, em relação as manifestações dos estudantes. Causou-nos estranheza, pois na forma falada no segundo encontro, as representações estavam corretas, para a maioria dos estudantes, quando responderam corretamente sobre as relações entre pressão e força, pressão e área, em termos da proporcionalidade direta e inversa (para estática dos fluídos). Da mesma forma, indicaram corretamente as relações entre pressão e velocidade, no caso do princípio de Bernoulli (dinâmica dos fluídos), ao explicarem o contexto da sustentação do avião em voo, em que a velocidade é maior e a pressão é menor para a parte superior da asa, e o contrário para a parte inferior da asa.

Portanto, não há dúvidas que aconteceu aprendizagem com significação, uma vez que os estudantes expuseram as suas representações de forma assertiva, uma semana após a realização atividade. Diante disso, a nossa estranheza, pois nas atividades escritas do primeiro encontro, ainda, em relação as mesmas relações entre pressão, força, área e velocidade, houve um aproveitamento muito menor.

Ponderamos sobre algumas possíveis causas da disparidade dos dados obtidos, que se diferenciaram entre a comunicação falada e a comunicação escrita:

- Estudantes foram parcialmente alfabetizados, ou seja, o ciclo de alfabetização ficou incompleto no EFI, pois tiveram dificuldade de transcrever para o papel suas representações faladas, nos grupos e com os especialistas. Dos vinte estudantes, apenas um escreveu corretamente a palavra pressão, apesar de o vocábulo aparecer no guia instrucional, várias vezes, ou seja, o letramento científico pode acontecer, mesmo, para estudantes não totalmente alfabetizados. Entretanto, a redação desses estudantes era precária.

- Ficou evidente a partir da análise dos roteiros, que eles se saíram melhores na parte escrita, quando tiveram mais tempo para realizar o experimento, uma vez que tiveram mais tempo para discussão sobre a experimentação. Resultado que mostrou que o LabD de multimodalidade representacional necessita de mais tempo para a sua realização, para que haja mais tempo para o pensar o experimento, com os afazeres experimentais em si.

- As informações apresentadas nos quadros 18 e 19, deixaram claro que houve aprendizagem com significação, de forma mais satisfatória quando se manifestaram na forma da comunicação falada, entretanto, o resultado foi menos satisfatório quando tiveram que se manifestar na forma de comunicação escrita.

- Observamos nas escritas do guia instrucional, que apenas um estudante dos vinte participantes procurou responder de forma escrita o momento clichê, antes da realização das atividades do LabD, porém o estudante respondeu de forma equivocada, o que mostra que com a utilização do LabD de multimodalidade representacional e com os modelos-réplica utilizados, melhoraram o discernimento dos estudantes, pois tiveram sucesso quando se manifestaram na forma escrita e/ou falada, para explicar corretamente o porquê de o vagão ter sofrido o amassamento.

- Os estudantes conseguiram aplicar o conceito de pressão que trabalharam nos experimentos em outros contextos, por exemplo, quando explicaram a sustentação das asas de um avião em voo, o spray de uma lata de tinta e na relação de estreitamento de uma artéria, o que mostra que compreenderam de forma satisfatória o princípio de Bernoulli.

b) OFICINA PARA ACADÊMICOS NO ENALIC EMDE 2016

PARTICIPANTES E CONTEXTO

Realizamos uma oficina no VI ENALIC, em dezembro de 2016, a partir do estudo sobre o segundo princípio de design de ensino, que aplicamos no laboratório de Física do CEP. Submetemos o estudo, na forma de resumo expandido, com as primeiras ideias para a elaboração de SD sobre o bloco de conteúdo de termodinâmica: leis da termodinâmica; máquinas térmicas; e a entropia. O desenho da proposta da oficina foi a representação do nosso primeiro rascunho para reformulação da experimentação no CEP. Organizamos os saberes da termodinâmica a partir dos 3MP de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), com a valorização dos contextos históricos, filosóficos e sociais que permearam a fabricação das máquinas térmicas no seu tempo histórico.

Na proposta da atividade experimental, os aparatos experimentais não apresentavam grande complexidade para a sua manipulação, até porque nossa intenção foi de que os participantes da prática (acadêmicos de Física, Química e Biologia), utilizassem mais o tempo para pensarem o experimento a partir das problematizações, do que com as técnicas e os afazeres durante a montagem de aparelhos experimentais, até porque o tempo que nos foi destinado para a realização da oficina, foi de duas horas.

A oficina que submetemos à avaliação do VI ENALIC, em 2016, sob o título *'Leis da termodinâmica apresentadas com contexto histórico: problematizadas em uma proposta de laboratório didático de multimodalidade representacional'*. A escrita do trabalho e a organização da oficina contou com professores especialistas da coordenação de Física do CEP, que colaboraram para o desenho da sequência didática.

No decorrer da oficina, contamos aos acadêmicos um pouco da história da construção da SD sobre máquinas térmicas, das nossas intenções em contribuir para a formação negociadora dos estudantes da 2ª série do ensino médio, naquelas questões que exigem deles a comunicação com técnicos em máquinas térmicas. E, ainda, que a SD foi uma resposta aos anseios dos professores da coordenação de Física do CEP, uma vez que eles manifestaram durante nossas conversas na coordenação, a necessidade de aprofundarmos o estudo da termodinâmica, com caráter mais experimental, além de dar significação histórica, social e filosófica aos

contextos que permearam o desenvolvimento das máquinas térmicas, e do quanto as máquinas de fogo transformaram o mundo, a partir da revolução industrial.

Explicamos aos acadêmicos que para atender a demanda dos professores de Física do CEP, em relação ao caráter experimental, escolhemos o artigo de Monteiro, Gaspar e Germano (2009), do Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), sob o título '*Proposta de atividade para abordagem do conceito de entropia no ensino médio*'. Haja vista que ele traz o modelo-réplica, em termos de Dutra (2005), para trabalharmos a representação estatística do conceito de entropia, em que bolinhas de gude representam um modelo molecular. A proposta experimental foi adequada para a 2ª série do ensino médio, pois exige dos estudantes saberes da matemática que eles dominam, além de exigir aparato experimental de baixo custo.

Explicamos na oficina, que somamos à proposta de Monteiro, Gaspar e Germano (2009), para a aplicação da SD, o cenário de fundo da experimentação a IIR acerca dos saberes sábios, no sentido de Chevallard e Joshua (1982), em relação aos contextos de fabricação da máquina térmica: leis da termodinâmica; o funcionamento de motores com combustão interna de quatro tempos do ciclo Otto; ciclo ideal de Carnot; a máquina térmica desenvolvida por James Watt; a revolução industrial e as consequências em termos sociais e ambientais; e, por fim, reflexões a respeito do postulado da entropia e da seta do tempo.

Apesar da SD necessitar para sua realização de quatro a seis aulas nas turmas de 2ª série do ensino médio, na oficina do VI ENALIC, em 2016, adaptamos para o tempo de duas horas. Compusemos a SD com guia instrucional da experimentação; apresentação em slides da IIR com as devidas problematizações; os aparatos experimentais na forma de modelos-réplica acerca das leis da termodinâmica e para o conceito de entropia.

Contamos aos acadêmicos, durante a oficina, que essa mesma SD foi aplicada no CEP ao longo de 2016, em que chamamos os professores e suas turmas, para avaliarmos *in situ* o princípio do design de ensino da reformulação do laboratório didático, sob a episteme da Cultura de Laboratório. Nas aulas no CEP, provocamos o desconforto dos estudantes com contextos problematizados durante a atividade teórica e experimental, a partir da manipulação dos aparatos experimentais em modelos-réplica da primeira lei da termodinâmica, da segunda lei da termodinâmica e do tratamento estatístico do postulado da entropia.

Neste ponto, é importante relatar que além das tratativas com os professores de Física, construímos, também, a parceria com o professor de Filosofia do CEP. Nas conversas que travamos, tratamos das impressões que tivemos acerca das aulas que trabalhamos nas turmas, pois nos processos de ensino e de aprendizagem da SD, aconteceram entendimentos com significação de conceitos da termodinâmica por parte dos alunos.

Diante disso, é que decidimos com os professores colaboradores de Física e Filosofia, e, também, com a contribuição de estudantes de Física, vinculados ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), passar a investigar, em 2017, a sequência didática em outras turmas de 2ª série. Os resultados nos levaram a escrever outro trabalho, que submetemos ao EDUCERE-2017, em que discutimos o formato do segundo princípio de design da CL, trabalho que apresentaremos, parcialmente, os detalhes no item 'c' desta seção. O estudo que publicamos no EDUCERE, contribuiu de forma teórica para o capítulo quatro da tese, no item 'b.2' da subseção 4.1.

Há de se adiantar, que encontramos fortes evidências que das discussões com os especialistas, contribuições que auxiliaram para aperfeiçoar o design, assim como avaliações positivas, no que diz respeito ao quanto foi contundente em termos de que a SD enriqueceu as representações dos estudantes, naqueles temas trabalhados e, também, ao entendimento profundo dos conceitos da termodinâmica, em particular do postulado da entropia.

CONSTITUIÇÃO E ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

Percebemos que teríamos dificuldades para realizar a oficina a partir do que a organização do VI ENALIC nos disponibilizou, o que causou algum transtorno para a realização da atividade oficinaira, uma vez que para necessitávamos de algumas particularidades muito básicas, relativas ao espaço e aos preparativos, por exemplo, sala com bancadas, tomadas para dispositivos elétricos e disponibilidade de pia com água. Diante das possíveis dificuldades que encontraríamos para desenvolver a oficina, por e-mail pleiteamos junto à organização, o atendimento das nossas especificidades, as quais seriam necessárias e fundamentais para o desenvolvimento das atividades.

Figura 29 - Troca de e-mails com a organização do VI ENALIC Sobre a realização das oficinas no Enalic

Caixa de entrada x

D <@unioeste.br> 17 de nov. de 2016 15:55
para li @gmail.com, a @hotmail.com, ai @hotmail.com, k @gn

Caros apresentadores/ministrantes de Oficinas no VI Encontro Nacional das licenciaturas – Enalic e V Seminário Nacional do Pibid

Vocês estão recebendo esse e-mail porque cadastraram um trabalho no VI Enalic/ V Seminário Nacional do Pibid, como Oficina Pedagógica. Por isso, enviamos algumas informações sobre o desenvolvimento das oficinas, pelas quais serão responsáveis, durante o evento:

- 1- Cada oficina terá duração de 2 horas, ministrada em um único dia.
- 2- O número de vagas para participantes é 40.
- 3- Todas as salas tem recursos multimídias (computador + projetor). Demais recursos serão de responsabilidades dos proponentes.
- 4- Há a possibilidade de usar laboratório de informática. Caso essa seja da necessidade de alguém, favor informar.

Comissão organizadora do enalic.

5. Estou usando esse e-mail pessoal, para não misturar com as demais demandas do Evento que ficam no e-mail oficial. Por favor, não passe esse e-mail para outros e nele vamos tratar apenas desse assunto.

Estamos à disposição.

D_i
pela Comissão organizadora do Enalic.

[Mensagem cortada] [Exibir toda a mensagem](#)

JULIO CESAR MUCHENSKI <juliomuchenski@gmail.c...> 17 de nov. de 2016 16:12
para Dulcyene

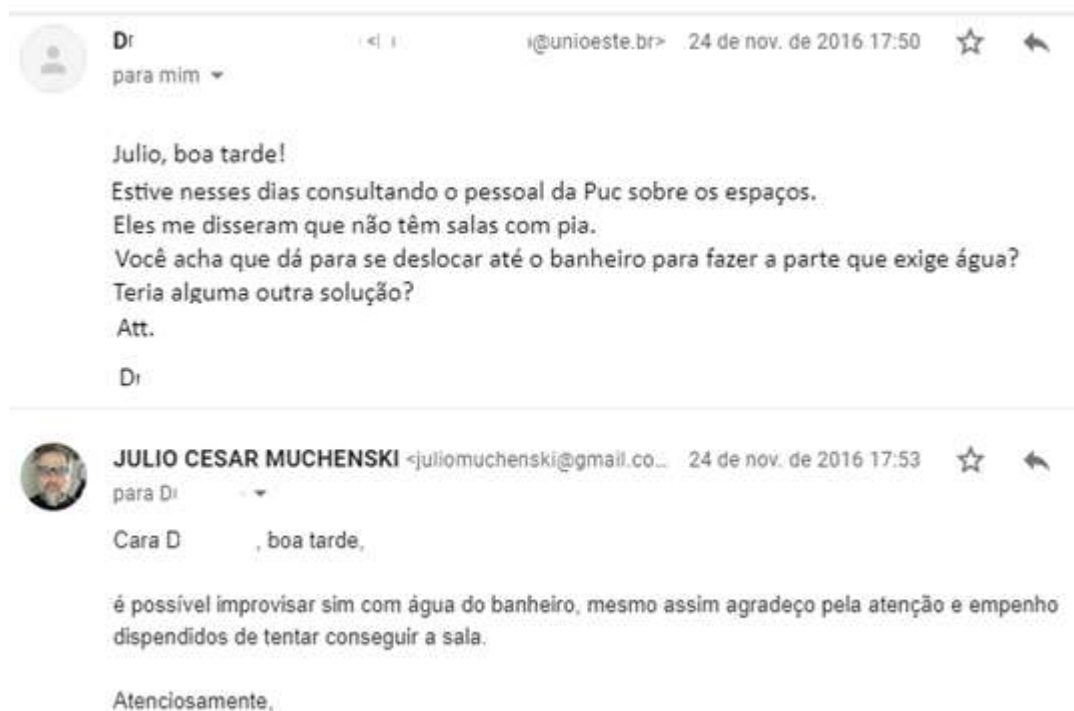
Cara D

estou fazendo contato para perguntar: é possível disponibilizar uma das salas com uma pia com acesso de água? Pois, na oficina seria necessário alguma manipulação que exige água, e claro incluindo os recursos multimídia.

Fonte: Autoria própria (2021).

A organização do VI ENALIC, depois de algum tempo, retornou a mensagem e, muito provavelmente, o evento não estava esperando demandas para a realização de atividade experimental, assim como a instituição que recebeu o encontro, ao menos é o que a mensagem a seguir mostra:

Figura 30 - Outro e-mail com a organização do VI ENALIC



Fonte: Autoria própria (2021).

A valorização da pesquisa em educação, principalmente, a que acontece na formação no trabalho na escola básica, terá que avançar muito se quisermos enfrentar os problemas da escola pública brasileira. Um encontro de licenciaturas, entre as quais, também, participaram acadêmicos das componentes curriculares de Física, Biologia e Química, apesar da importância do evento, não disponibilizam para as suas oficinas espaços propícios para atividades de experimentação, há problemas de concepção em termos dos processos de ensino e aprendizagem, pois nos pareceu que, simplesmente, desconsidera-se o laboratório didático para essas componentes curriculares.

No final das contas, a oficina ocorreu em sala de aula comum, sem bancadas adequadas, portanto, improvisamos com as próprias carteiras da sala e sem a disponibilidade da pia com água. Porém, os inscritos na oficina estavam motivados e, também, os professores colaboradores, de tal forma que realizamos tanto a defesa do princípio do design de ensino da utilização da experimentação na proposta de ensino de Cultura de Laboratório, assim como os acadêmicos inscritos na oficina desenvolveram a atividade experimental da sequência didática, conforme as fotografias 13 e 14:

Fotografia 13 - Professores colaboradores auxiliam na oficina



Fonte: Autoria própria (2021).

Fotografia 14 - Discussões nos grupos sobre cada proposta de experimentação.

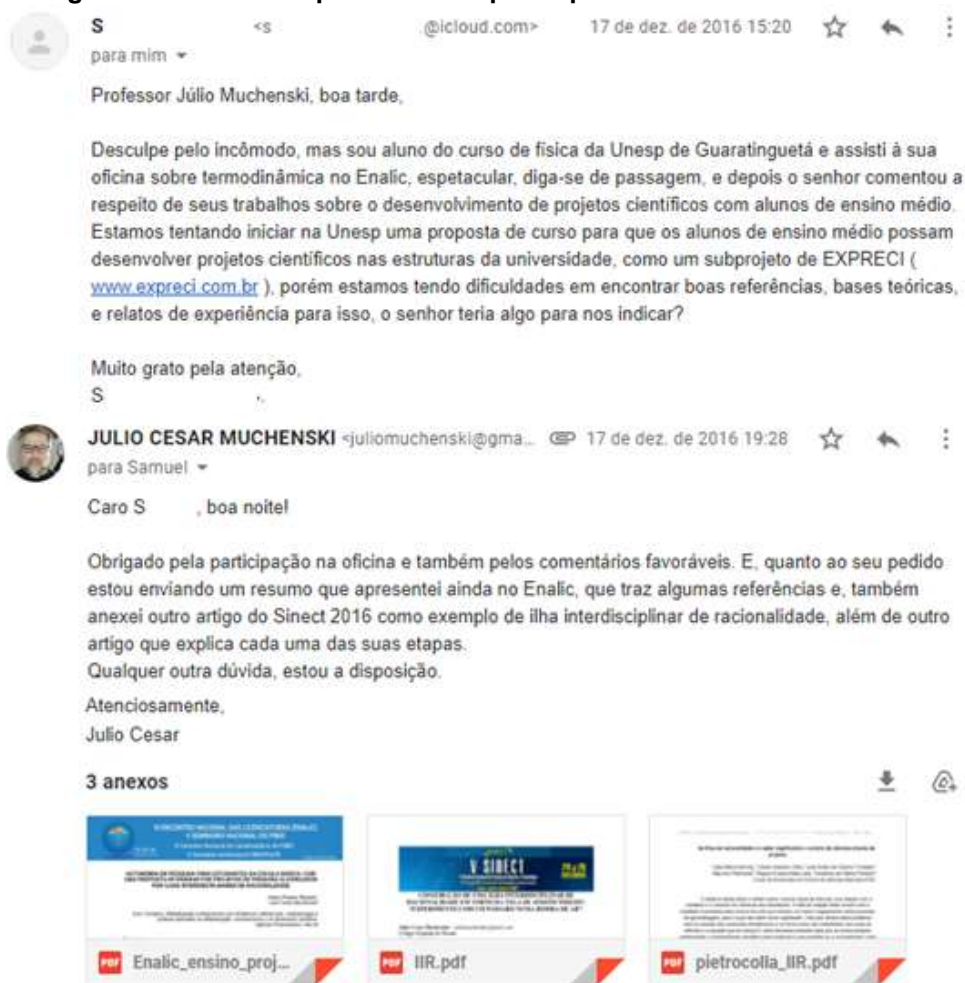


Fonte: Autoria própria (2021).

A realização da oficina, auxiliou no aperfeiçoamento da sequência didática, a qual foi aplicada em 2017, nas turmas de 2ª série do ensino médio e continuou a sua aplicação até a sua interrupção em 2020, devido ao isolamento social com a pandemia da Covid-19. Entretanto, adaptamos, parcialmente, a prática para o formato de aulas remotas, na proposta de ensino à distância, mas que não trataremos neste trabalho, por afastar-se do escopo da pesquisa.

A seguir, por e-mail, um feedback da oficina, por um dos acadêmicos da licenciatura de Física que participou da oficina do VI ENALIC:

Figura 31 - Feedback por e-mail de participante da oficina do VI ENALIC



Fonte: Autoria própria (2021).

Identificamos na mensagem, que outros grupos de pesquisa, também, estavam preocupados em trabalhar, ainda, no ensino médio, com projetos que envolvam os estudantes com investigação científica, foi oportuno a troca de mensagens para orientarmos sobre dois outros trabalhos referentes aos dois primeiros princípios de design, relativos a envolver estudantes em projetos de pesquisa e também a utilização do LadD a partir da sua reformulação. Princípios de design que trazem aspectos da prática científica e da natureza da ciência para sala de aula.

Nossa participação no VI ENALIC, auxiliou para aperfeiçoarmos os princípios de design da CL, e, também, replanejar as nossas ações para 2017, como por exemplo, a aplicação da SD que utilizamos na oficina, em todas as turmas de 2ª série do CEP, nos turnos da manhã, tarde e noite. A seguir no item 'C' desta mesma subseção, descrevemos a aplicação da sequência didática por um dos professores

colaboradores e de estudantes de Física, participantes do PIBID. Os dados que trouxeram, auxiliaram reflexões a respeito do papel da experimentação e para a construção de um trabalho que, juntamente, com o professor de Filosofia, outro professor colaborador, submetemos e apresentamos no EDUCERE, em 2017, sob o título '*Sequência didática sobre as leis da termodinâmica, com contextos históricos e epistemológicos, trabalhada no laboratório didático de física*' (MUCHENSKI; GUEDES; PHEPER, 2017), que contribuiu para a construção do capítulo quatro deste trabalho.

C) SEGUNDA SÉRIE DO CEP EM 2017

PARTICIPANTES E CONTEXTO

É natural da pesquisa-aplicação, trabalhar com protótipos em diferentes contextos, portanto, investigamos o segundo princípio de design da CL, para constituir, também, o primeiro protótipo, relativo ao princípio de design da reformulação do LabD. Realizamos experiências no 6º ano do ensino fundamental, na oficina para acadêmicos de licenciaturas no ENALIC e no laboratório didático de Física do CEP. Nesta última experiência, construímos a SD com a colaboração dos professores de Física e de Filosofia, de tal forma que religamos saberes da termodinâmica, a partir dos seus aspectos históricos e epistemológicos.

A SD que experimentamos e vivenciamos nas turmas de estudantes de 2ª série do CEP, trata-se de uma versão expandida do formato da oficina que realizamos em dezembro de 2016, no VI ENALIC. Na sequência didática, os experimentos foram organizados conforme a proposta de multimodalidade representacional de Laború e Silva (2011), na qual os estudantes manipularam os saberes da termodinâmica, em diversos aparelhos experimentais com alguma semelhança, sob certas condições de contorno, através dos modelos-réplica propostos por Dutra (2005), a partir de aproximações do mundo da vida dos estudantes, sobre os conceitos, fatos e objetos associados com as máquinas térmicas.

Estruturamos a SD, conforme os momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), a sequência de atividades durou um período de tempo entre quatro a seis aulas.

Segundo Muenchen e Delizoicov (2014), deve-se estabelecer uma relação lógica e de dependência entre os conteúdos a serem trabalhados na unidade de ensino e nas questões problematizadoras, de tal forma a provocar discussões e desconforto por não saber. Neste sentido, Silva (2004) reflete que a problematização deve resgatar conhecimentos prévios e, ainda, impor quais os limites que esses conhecimentos podem estimular a compreensão e a atuação social de forma crítica. Assim, elaborou-se a *problematização inicial* em dois momentos para o estudo de termodinâmica: (a) Primeiro princípio da termodinâmica e (b) entropia.

Adaptamos o trabalho de Silva (2004) para a realidade dessa intervenção pedagógica, no sentido de resumir o processo metodológico utilizado, elaboramos o quadro 20. O guia instrucional da sequência didática encontra-se no apêndice B.

Quadro 20 - Programação - Física e Filosofia - Explorando gases e a flecha do tempo

Temas	Orientação metodológica	
1. Modelo que explica o funcionamento de um motor a quatro tempos.	Professor	<ul style="list-style-type: none"> - Expor o contexto histórico, social e filosófico. - Mostrar experimento do arremesso de tampa de recipiente contendo água fervendo. - Mostrar a animação da máquina de Papin. - Apresentar o vídeo com animação mostrando os pistões de um motor de quatro tempos funcionando.
	ER	- Por que suamos?
	OC	<ul style="list-style-type: none"> - Descrição do ciclo Otto através de animação interativa de um pistão. - Obtenção experimental da isoterma descrita no ciclo Otto, através de uma aproximação para o ciclo de Carnot. - Obtenção experimental do trabalho realizado por um gás à pressão constante. - Estabelecimento da primeira lei da termodinâmica.
	AC	- Extrapolando para outros fenômenos que se explicam pela primeira lei da termodinâmica: geladeira e usinas termoeletricas.
2. Modelo de explicação da medida da desordem do Universo: A entropia	Professor	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar o corante se espalhando em água contida em um recipiente. - Mostrar o vídeo que ilustra taça de vinho caindo e quebrando em vários estilhaços. - Promover dinâmica com alunos indicando a possibilidade maior de haver desorganização.
	ER	<ul style="list-style-type: none"> - Do ponto de vista da conservação de energia, existe algum impedimento da taça estilhaçada se recombinar e voltar à sua forma original? - Porque o corante se espalha? - Falta alguma lei que diga em que sentido a energia prefere fluir? Algo que indique a seta do tempo?
	OC	<ul style="list-style-type: none"> - Processos reversíveis e irreversíveis - Postulado da entropia. - Visão estatística da Entropia: Atividade “filmando bolinhas de gude”, associado com o seu grau de liberdade - Entendo macroestado e microestado.
	AC	- Extrapolando a discussão da Entropia para a evolução da visão humana, formação de ciclones, fractais e DNA.
Momentos pedagógicos: ER= Estudo da Realidade; OC=Organização do Conhecimento; AC= Aplicação do Conhecimento.		

Fonte: Muchenski, Guedes e Pheper (2017).

1. Modelo explicativo do funcionamento de um motor quatro tempos

Primeiro momento pedagógico relativo ao modelo que explica o funcionamento de um motor a quatro tempos

Iniciamos a apresentação do tema que explica o modelo de funcionamento de um motor a quatro tempos, indagando: “Por que suamos”? Demos liberdade para a exposição das opiniões dos alunos e, depois de esgotada as manifestações, passamos a mostrar máquinas térmicas construídas ao longo da história. Simultaneamente, um recipiente com água, tampado com uma rolha de tal forma que a mesma para ser solta não necessite de uma pressão muito alta, foi colocado para ferver. A fotografia 15 mostra o instante em que o sistema “explode”, arremessando a rolha para cima. Este experimento está disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=ReN4RLUajrU>.

Fotografia 15 - Tampa (rolha) é arremessada de recipiente com água em fervura



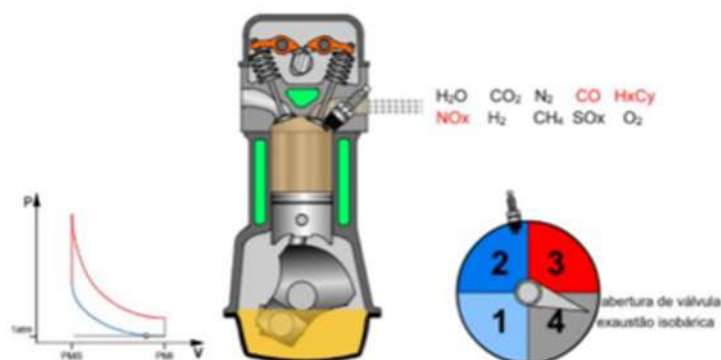
Fonte: Autoria própria (2021).

Esta explosão chamou a atenção, a ponto de termos de repetir o procedimento. Realizamos os comentários em forma de questionamentos das muitas possibilidades se pudéssemos fazer uso do trabalho realizado pelo gás sobre a tampa, para obter um trabalho mecânico. Colocamos, também, em evidência o fato dessa ideia não ser nova, mas já conhecida por Heron na Grécia antiga e por Denis Papin no Século XVII.

Segundo momento pedagógico relativo ao modelo que explica o funcionamento de um motor a quatro tempos

Com o objetivo de organizar o conhecimento, começamos apontando que o fenômeno da tampa expelida observado, era uma das etapas do funcionamento de um motor à combustão interna, do ciclo Otto (o de um automóvel, por exemplo). Para visualizar melhor, reproduzimos o vídeo disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=Knpk9Hmn4kQ>. Dando início, assim, à sistematização dos saberes da Física relativo à termodinâmica, passamos a descrever detalhadamente cada etapa de um motor quatro tempos fazendo uso da animação interativa, contida no endereço <http://www.stefanelli.eng.br/ciclo-otto-motor-quatro-tempos>.

Figura 32 - Pistão contido na animação interativa.



Fonte: Stefanelli (2021).

Além da descrição das etapas de funcionamento do pistão, quais sejam, admissão isobárica, compressão adiabática, combustão isovolumétrica e exaustão isobárica. Na simulação foi mostrada o diagrama representativo do ciclo Otto. E, como atividade experimental foi proposto investigar separadamente as transformações gasosas, da idealização do ciclo da máquina térmica de Carnot. Explicamos que em nossos estudos, manteremos sempre uma das grandezas que caracterizam o estado de um gás (temperatura, pressão ou volume), grandezas essas denominadas de *variáveis de estado*, constante.

A transformação isotérmica (temperatura constante)

Nesse momento, colocamos à disposição dos alunos um aparato experimental contendo uma seringa de vidro de 20ml, à qual lubrificamos o êmbolo com detergente líquido na intenção de minimizar os efeitos do atrito, e massas aferidas de 0,5 kg e 1,0kg. O procedimento experimental consistiu em: (1) montar o aparato experimental mostrado na fotografia 16 (à esquerda); (2) medir o diâmetro do êmbolo a seringa, conforme mostrado na fotografia 16 (à direita); (3) calcular a área do círculo, que é a seção transversal do êmbolo e onde a força-peso das massas aferidas é distribuída, gerando a pressão sobre o gás dentro da seringa; (4) aumentar a massa sobre o êmbolo. Isto altera a pressão sobre o gás; (5) completar o quadro de pressão e volume associadas no experimento; (6) construir o gráfico pressão *versus* volume, em papel milimétrico.

Fotografia 16 - Medição do diâmetro do êmbolo com paquímetro



Fonte: Muchenski, Guedes e Pheper (2017).

Os itens (5) e (6) representados na figura 33:

Figura 33 - Tabela para os dados experimentais e construção do gráfico.

$m(\text{kg})$	$F_{\text{peso}}(\text{N})$	$P_{\text{massas}}(\text{N}/\text{cm}^2)$	$P_{\text{total}} = P_{\text{massas}} + P_{\text{atm}}$ (N/cm^2)	$V(\text{cm}^3)$	$P_{\text{atm}} \cdot V$
0,5					
1,0					
1,5					
2,0					
2,5					
VALOR MÉDIO					

Fonte: Muchenski, Guedes e Pheper (2017).

Durante a execução dos passos descritos, indicamos que estávamos mantendo constante a *temperatura* (transformação isotérmica), o que pode

corresponder à terceira etapa (compressão isotérmica) do ciclo de Carnot, com o aumento da pressão e diminuição do volume. A curva obtida no gráfico recebe o nome de *isoterma* e é chamada em matemática de *hipérbole*.

Cálculo do trabalho realizado por um gás

Fizemos inicialmente uma explanação mostrando que quando um gás sofre uma transformação à pressão constante (isobárica), o diagrama da pressão pelo volume é uma reta paralela ao eixo do volume. Neste caso, pode-se escrever uma expressão matemática que relaciona o trabalho (τ), a pressão (P) e a variação do volume (ΔV) sofrida pela substância gasosa: $\tau = P \cdot \Delta V$ onde $\Delta V = V_{final} - V_{inicial}$

O aparato experimental disponibilizado nesta parte da sequência didática, consistia de uma seringa de 5ml, lubrificada com detergente líquido para diminuir a ação do atrito, um recipiente contendo uma mistura de água e gelo para garantir a temperatura próxima de 0 °C conforme fotografia 17, e um outro recipiente contendo água, aproximadamente a 70 °C. O procedimento experimental foi: (1) Ajustar o volume da seringa em determinado valor (1ml por exemplo); (2) Colocar a seringa por alguns minutos na mistura de água e gelo (até obter o equilíbrio térmico) e medir o volume inicial; (3) levar a seringa ao recipiente contendo a água quente e observar o movimento do êmbolo até estabilizar e medir o volume final; (4) Determinar a variação do volume; (5) considerando que a velocidade com que o êmbolo se movimentou foi constante, garantindo uma pressão constante, determinar o trabalho realizado pelo gás sobre o êmbolo durante a expansão isobárica.

Fotografia 17 - Seringa de 5ml dentro de mistura de água e gelo



Fonte: Autoria própria (2021).

Neste caso, de forma simplificada, procuramos replicar o primeiro tempo do ciclo Otto, o da expansão isobárica, quando através da válvula de admissão ocorre a

vaporização da mistura rica de combustível e oxigênio, com a descida do pistão e com o aumento de volume à uma pressão, aproximadamente, constante, ou seja, uma transformação isobárica.

Nos dois casos descritos, apesar da replicação de somente de uma das etapas do ciclo de Carnot e uma das etapas do Ciclo Otto, claro de forma de modelo-réplica e simplificado, cremos que com a realização dos experimentos teve muita valia para o entendimento dos estudantes, de vários conceitos da termodinâmica.

Terceiro momento pedagógico: ciclo de um motor a quatro tempos

A partir do observado nas simulações, vídeos e experimentos, mostramos que nas máquinas térmicas ocorrem mudanças na energia interna da substância que a faz funcionar e que o trabalho realizado por essas substâncias produz o movimento do pistão. Ou seja, o funcionamento das máquinas térmicas envolve variação de energia interna da substância de operação (vapor d'água ou gases resultantes da queima de combustíveis) e trabalho, e ambos dependem da quantidade de energia, na forma de calor (ΔQ), que foi transferida à substância. Assim, finalmente, chegamos à apresentação da primeira lei da termodinâmica, mostrando que (considerando a conservação de energia), o trabalho (τ) representa a quantidade de energia útil (aproveitada) e a variação da energia interna por (ΔU), a quantidade que se “perde” (não é aproveitada), escrevemos a expressão:

$$\tau = \Delta Q - \Delta U.$$

Por fim, voltamos à questão inicial: “Por que suamos?”. Ao discutirmos com os alunos que o modelo dos saberes da termodinâmica pode descrever o corpo humano como uma máquina térmica. Aproveitamos o momento para fazer uma alusão aos saberes de biologia sobre transformação de energia dos alimentos nas organelas celulares/mitocôndrias (associadas com a respiração celular e sistema metabólico), estudadas no currículo de Biologia.

2. Modelo de explicação da medida da desordem do universo

Primeiro momento pedagógico: a entropia

Neste estágio da sequência didática, colocamos a questão: O que acontece quando alguns fenômenos parecem violar a lei da conservação da energia (primeira lei da termodinâmica), em processos irreversíveis? Para tanto, fizemos uso de um vídeo disponível no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=oAuuhZun3c4>, onde é discutido “a flecha do tempo” e da observação de uma gota de corante se espalhando em recipiente com água. Questionamos: *porque o corante se espalha? Seria possível, devido a ação do meio sobre as partículas de corante, espontaneamente o corante voltar a se juntar em uma gota?*

Segundo momento pedagógico: a entropia

Fizemos uma dinâmica, pedindo aos alunos para se juntarem no fundo LabD e limitamos o espaço deles. Pedimos que, dentro da região delimitada, se colocassem a andar. Houve dificuldade de movimento. Nesta situação, existe certa ordem, pois a maioria permanecia restritos às suas posições iniciais. Em seguida, liberamos para se movimentarem pelo LabD todo. Houve liberdade. Eles se espalharam. Esta é uma situação de desordem. Comumente, a entropia é entendida como uma medida da desordem do universo. Possivelmente, esta é a maneira mais fácil de compreendê-la, principalmente por pessoas leigas.

Isto porque a ordem, seja lá qual for, é sempre um estado particular e estatisticamente pouco provável. Assim, dentro do que já foi discutido, postulamos a propriedade central da entropia: “Se um processo irreversível ocorre num sistema fechado, a entropia S do sistema sempre aumenta; ela nunca diminui”. Neste sentido, fazendo uso da proposta de Monteiro *et al.* (2009), passamos a uma atividade, a qual chamamos de *visão estatística da entropia*. Sobre as bancadas, colocamos um recipiente plástico com tampa, constituído de dois compartimentos que se comunicam por uma fenda. Além disso, dentro do recipiente existem vinte bolinhas de gude em um dos compartimentos como mostra a fotografia 18.

Fotografia 18 - Recipiente com esferas de vidro/bolinhas



Fonte: Autoria própria (2021).

Orientamos como os alunos deveriam proceder para desenvolver a atividade, através da seguinte sequência: (1) colocar as vinte bolinhas em um dos compartimentos. Há ordem nesta situação, portanto a entropia é pequena; (2) apoiar o recipiente com as bolinhas sobre a superfície plana da bancada; (3) agitar o sistema e produzam um filme com o aparelho celular da posição que esteja alinhada com uma linha imaginária vertical que sai do centro do recipiente; (4) com o recipiente fechado, agitar novamente o sistema. Abrir o recipiente e ver a distribuição das bolinhas. Verificar se a distribuição mudou ou não. (5) Repetir o procedimento (4) várias vezes e completar o quadro indicado no relatório de laboratório; (6) Construir o gráfico “número de eventos x número de esferas”. Os itens (5) e (6) aparecem na figura 34:

Figura 34 - Quadro “número de eventos e número de bolinhas por compartimento” e gráfico “número de eventos x número de bolinhas”

Número de eventos (agitadas/idas e voltas)	Número de bolinhas de gude em cada compartimento	
	Compartimento da esquerda	Compartimento da direita
00	20	0
01		
02		
03		
04		
05		



Fonte: Autoria própria (2021).

Ao consultar o quadro do item 5, percebe-se que à medida que aumenta o número de eventos, o número de bolinhas em ambos os compartimentos tende a se igualar, tendo em vista que, o número de microestados de maior probabilidade de acontecer é aquele em que as bolinhas se dividem igualmente em ambos os compartimentos. Isto fica explícito ao observarmos o gráfico “número de eventos x número de esferas”, em que se verifica uma oscilação do número de esferas igual a 10 em cada compartimento.

Terceiro momento pedagógico relativo modelo de explicação da medida da desordem do Universo: A entropia

Voltamos à discussão inicial sobre a questão da flecha do tempo, e do corante se espalhando na água. Colocamos a ideia de que o tempo tem um sentido. Isto porque, a probabilidade dos eventos se reorganizarem em um estado de organização é muito pequena. A desorganização é muito mais provável. Portanto, os processos unidirecionais (a qual estamos acostumados) é explicado pela grandeza entropia. Levamos essa discussão a outros fenômenos, como por exemplo, do porquê envelhecemos, as possibilidades de vida extraterrestres, a questão da formação de ciclones, etc. Esta sequência didática foi apresentada no VI ENALIC, para estudantes de graduação dos cursos de Física, Química e Biologia. Ela chamou a atenção dos graduandos por ser um tema da termodinâmica, mais especificamente, a entropia, de difícil transposição didática para o ensino médio.

O desdobramento conseguido diante da aplicação de tal sequência didática no CEP ou no VI ENALIC, com viés interdisciplinar, atrelando conceito e prática, pode propiciar uma perspectiva de contribuir para a emancipação ideológica do educando frente à ciência e ao conhecimento humano. A contextualização histórica, filosófica e sociológica promovida no processo, permite aos alunos perceberem-se enquanto sujeitos da ciência e não meramente submissos a esta. Este olhar sobre a ciência, dá consciência individual sobre a historicidade dos saberes da ciência, para o qual tudo o que é humano, inclusive o saber científico, está imerso no seu tempo histórico.

CONSTITUIÇÃO E ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

Durante o primeiro ciclo de iteração para aperfeiçoarmos o protótipo da CL, seguimos a aplicação do segundo princípio de design da CL no CEP, em que constituímos informações em dois momentos, o primeiro deles nas aulas do professor colaborador de Física e de pibidianos de Física da UFPR, já o segundo momento no EDUCERE, em 2017, na apresentação do trabalho que escrevemos em parceria com os professores de Física e de Filosofia, acerca da SD de termodinâmica.

Trata-se de dois contextos bem distintos, pois o primeiro é da perspectiva da aplicação da SD pelo professor colaborador na turma de segunda série do CEP, com o destaque da interação entre professores de Física e estudantes aos olhos e impressões dos estudantes pibidianos. Por outro lado, o segundo contexto é da perspectiva da apresentação do trabalho no EDUCERE, em 2017, com relação aos resultados que obtivemos a partir da aplicação da SD com os estudantes do CEP, no EDUCERE dirigimo-nos a outros especialistas, até para percebermos durante as discussões e reflexões eventuais repercussões, acerca da utilização do princípio de design de reformulação do LabD. Diante disso, separamos as informações dos dois eventos:

I - Informações da interação com a turma de segundo ano do CEP.

Traremos dados obtidos a partir das impressões e observação dos pibidianos de Física da UFPR, enquanto os professores colaboradores de Física realizavam parte da sequência didática, em relação aos motores à combustão interna, em particular a primeira lei da termodinâmica e o motor quatro tempos, há de destacarmos que se trata de um recorte do total das seis aulas que corresponderam a aplicação da sequência de atividades, que traz dados importantes da interação entre professor e estudantes, durante a criação de contextos com problematizações que acabaram por desencadear uma série de questionamentos por parte dos estudantes.

Por fim, as informações foram transpostas pelos colaboradores em slides, falas de estudantes e dos professores colaboradores, registradas pelos acadêmicos de Física da UFPR. As imagens trazem as falas dos professores e estudantes durante os momentos da SD, desde a exibição para os estudantes de filme da parte interna da câmara de combustão de um cilindro de carro quatro tempos, da

realização do experimento com balão de ensaio vedado com rolha sobre o aquecedor elétrico, e, também, da mostra dos quatro tempos motores em um cilindro didático e no simulador disponível na internet. Apresentamos os primeiros registros durante a observação:

Figura 35 - Problematização acerca da lubrificação de motores de combustão interna

1° Problema: aulas expositivas

P: "Vocês já perceberam que as coisas escorregam com mais facilidade se estiverem encharcadas de óleo?"

A1: "Sim, mas qual a diferença entre o óleo A e o óleo B usado em motores de carro?"

Explicação (troca de assunto: polimento)

A2: "Professor, existe coeficiente de atrito igual a 1? E igual a zero?"

P: "Não, o atrito é como se fosse uma nota que damos à superfície, e essa nota vai de 0 a 1, se a superfície é muito áspera a nota é mais próxima de 1."

P: "[...] então a gravidade é uma força que nos puxa para o centro da terra."

A3: "Se estamos fazendo força no chão, quando nos pesamos não muda o valor na balança?"

P: "[...] assim o freio ABS tem uma vantagem porque não faz o carro derrapar."

A4: "Então por que tem que trocar os pneus de trás com os pneus da frente?"

P: "A tração da maioria dos carros é dianteira, e como vimos a força de atrito é dissipativa, gastando mais as rodas dianteiras."

A4: "O que é tração?"

P: "Tração é força, a gente vai ver um pouco mais pra frente"

Fonte: Professores e acadêmicos colaboradores.

Figura 36 - Professor questiona sobre o experimento da "explosão" da rolha

1° Problema: aulas laboratoriais

MC: "O que vocês esperam com esse Erlenmeyer vedado sendo aquecido?"
[Silêncio curto]

MC: "A água aquece..."

A1: "Ela borbulha..."

MC: Sim, ela borbulha, se transforma em vapor, que se acumula e..."

A1: "Forma pressão"

[MC anota a palavra pressão no quadro]

MC: "Para manter a igualdade, o que devo fazer aqui? [Pausa curta]

Multiplicar por cem"

MC: "O que tem aqui? Começa com T e termina com emperatura"

Unísono: "Temperatura!"

MC: "Se vocês colocarem água quente na seringa, o que vocês acham que vai acontecer com o volume?"

MC: "Em que temperatura a água torna-se gelo?"

MC: "Todo mundo concorda que um metro é cem centímetros?"

MC: "O que é termo?"

A1: "Temperatura!"

MC: "Temperatura está relacionada a..."

A1: "Calor!"

A2: "Frio!"

A3: "Quente!"

MC: "Frio e quente são subjetivos. Imaginem um nordestino vindo para Curitiba. Haja Curitiba de geladeira!"

Fonte: Professores e acadêmicos colaboradores.

Figura 37 - Professor H e estudantes sobre transformações gasosas

1º Problema: aulas laboratoriais

MC: "O que acontece quando divido os expoentes?"	H: "Temperatura e volume são inversamente..."	H: "Como é feito a queima dos alimentos?"
[Pausa de 6 s]	Alunos uníssono: "proporcionais"	[Silêncio longo. Professor discorre.]
A1: "Fica negativo!" - Diz ao fundo, rindo.	H: "O que está acontecendo aqui?"	
[Em sequência série de risadas]	Não está aumentando o volume?"	MC: "Qual a segunda lei de Newton?"
MC: "Troca de sinal, concordo totalmente contigo!" [Simultaneamente]	H: "Quem varia então? Pressão e temperatura."	A1: "Inércia?"
MC: "Se a velocidade é constante, qual o valor da aceleração?"	Burburinho ao fundo aumenta.	A2: "Lei da inércia?"
A1: "Fica zero..." (inaudível)	H: "Menos pessoal, assim vocês consomem minha beleza."	MC: "Essa é a primeira..."
MC: "Lembrem-se do ano passado..."		A3: "Ação e reação?"
A1: "Aceleração fica zero!"		MC: "Essa daí é a terceira..."

Fonte: Acadêmicos colaboradores.

É importante destacar que os registros das observações aconteceram independentes da minha participação, até para não influenciar na forma como os professores colaboradores "H" e "MC" desenvolveram a SD e dar o máximo de liberdade a observação e os registros dos acadêmicos, portanto, mantive-me afastado durante a realização das atividades no período da manhã do CEP. Até porque é princípio da PA, que durante o desenvolvimento de protótipos, que haja oportunidades de aplicação do protótipo em outros contextos, e, também, por colaboradores da pesquisa de forma independente. Até para verificar a viabilidade de implementação do design de Cultura de Laboratório. Na figura 38 mais algumas observações realizadas a partir da interação entre professores e estudantes:

Figura 38 - Considerações dos pibidianos sobre um dos princípios do design de ensino

2º Problema: aulas expositivas

- Estratégias de ganho de atenção (brincadeiras, situações extrovertidas)
- Exemplos práticos (freio ABS, se mover na lua, pára-quedas)
- Mini experimentos em sala (sem desenvolvimento formal) - grande maioria atenciosa
- Poucas perguntas *sem sentido*
- Grande maioria de *perguntas de complementaridade e perguntas com somente duas possibilidades de resposta*
- *Perguntas que levam o aluno a raciocinar* com a resolução "conjunta" da lista de exercícios, pelo menos 30 % da turma (carteiras do centro/frente)

Fonte: Acadêmicos colaboradores.

As impressões dos colaboradores, alinham-se com as nossas expectativas em relação aos contextos problematizados colocados pelos professores

colaboradores, tendo em vista que desencadearam questionamentos por parte dos estudantes. Outro viés importante é a referência de “*mini experimentos em sala (sem desenvolvimento formal) - grande da maioria atenciosa*”, esta consideração em particular mostra o viés de Hodson (1993), ao orientar sobre a importância de experimentações que promovam menos prática e mais reflexão, e que aconteceu da perspectiva dos colaboradores, uma vez que os estudantes mostraram-se atenciosos acerca do experimento e emergiram muitas perguntas a partir de curiosidades conectadas com as vivências do seu mundo da vida.

Destacamos, também, que os experimentos da SD em contextos e problematizados, na medida em que os professores pontuaram sobre “*exemplos práticos (freio ABS, se mover na Lua, paraquedas)*”, criaram condições para questões pertinentes, haja vista as impressões dos colaboradores da pesquisa, quando consideraram que houve “*poucas perguntas sem sentido*”. Outro viés, importante de destacar, é o espírito do trabalho coletivo dos estudantes, com o destaque da consideração “*perguntas que levam o aluno a raciocinar com a resolução conjunta*”.

As próximas observações na figura 39, sobre a retomada do experimento do balão de ensaio e a “explosão” da rolha/tampa, a partir da especulação complexa do experimento, ou seja, pensar o experimento no sentido de Hacking (2012). Indicaram que surgiu na interação dos professores com os estudantes, a análise de algumas relações de proporcionalidade direta e inversa entre as grandezas associadas na experimentação. É a estratégia para aumentar o realismo científico de saberes da Física.

Figura 39 - Análise físico-matemática do experimento.
2° Problema: aulas laboratoriais

H: "O que fez a rolha se soltar?" [Aluno ao fundo elabora uma resposta longa e parcialmente ininteligível. Professor ouve a palavra 'pressão' e discorre sobre.]	MC: "Qual a unidade de força?" [Levanta os braços em sinal de músculos] Três alunos em unísono: "Newton!"	H: "Isso nos leva a crer que temos uma relação diretamente proporcional ou indiretamente proporcional?" Unísono: "Indiretamente"
MC: "Todos os gases são iguais?" A1: "Não." MC: "Não?" A1: "Ah..." A2: "Na Física é igual!" [Professor discorre sobre]	MC: "O que acontece com o sinal?" A1: "Eleva a quatro?" A2: "Troca?" A1: "Sei lá." MC: "Muda de sinal, pessoal"	

Fonte: Professores e acadêmicos colaboradores.

Os pibidianos, enquanto observadores, contribuíram com impressões sobre como os professores de Física responderam os estudantes:

Figura 40 - Considerações acerca de como os professores colaboradores responderam as questões dos estudantes

4° problema: aulas expositivas

- Diálogo com atitude própria por parte dos alunos, sem precisar necessariamente de perguntas instigadoras
- Dúvidas com relação a fenômenos do dia-a-dia
- O professor era atencioso com as perguntas realizadas pelos alunos, sem elogiar a participação mas explorando detalhadamente a dúvida
- Influência do professor indireta no sentido de elogiar ou encorajar (tornando as aulas extrovertidas), aceitar ou usar as ideias dos alunos e perguntar sobre o conteúdo
- Grande participação dos alunos perguntando durante a exposição (que dá liberdade a isso), mas também períodos de confusão (em períodos próximos do fim da semana ou aulas finais)
- Liberdade intelectual aos alunos, com poucas diferenças entre os termos utilizados em uma conversa informal

Fonte: Acadêmicos colaboradores.

A nossa proposta de ensino objetiva por meio do letramento científico, habilitar o discurso de estudantes, para que desenvolvam narrativas com rigor científico, portanto, as atividades, sob a epistemologia do design da Cultura de Laboratório, devem estimular diálogos entre os estudantes nas equipes e, também, com os professores que orientam as atividades, nas considerações da figura 40 que mostram evidências desses diálogos, por exemplo, “ *diálogos com atitude própria por parte dos alunos, sem precisar necessariamente de perguntas instigadoras*”, ou “*grande participação dos alunos perguntando durante a exposição (que dá liberdade a isso)*” e “*influência do professor indireta no sentido de elogiar ou encorajar*

(*tornando as aulas extrovertidas*), *aceitar ou usar as ideias dos alunos e perguntar sobre o conteúdo*”, encontramos passagens, indicações da potência do princípio de design em atividades experimentais, pois trazem nuances do pensar e fazer científicos, no sentido de Latour(2011), ou da natureza e prática científicas, conforme Hodson (1993).

Não basta, conforme Lemke (1993), que os estudantes se familiarizarem com o *modus operandi* de cientistas, eles, também, precisam se naturalizar com as essências e costumes dos contextos reais da atividade científica, entre elas estão as disputas de narrativas acerca de discussões e reflexões sobre questões problematizadoras. Outra passagem das considerações que nos chamou a atenção, foi *“liberdade intelectual aos alunos, com poucas diferenças entre os termos utilizados em uma conversa informal”*, uma evidência da ampliação da racionalidade dos estudantes, no sentido de Paty (2003) que defende que saberes científicos são incorporados no discurso dos estudantes, e, também, o aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos saberes, diria Bachelard (2009). A figura 41 traz considerações sobre a participação dos estudantes:

Figura 41 - Impressões da participação dos estudantes nas aulas.

5º problema - Aulas expositivas

- A relação entre a categoria 8 (participação do aluno em resposta ao professor) e a categoria 9 (participação iniciada pelo aluno) variou de acordo com a turma, aumentando a frequência da categoria 9 (60% contra 40%) nas aulas sobre gravitação e da categoria 8 (70% contra 30%) nas aulas sobre atrito.
- P: “[...] então a gravidade é uma força que nos puxa para o centro da terra.”
- A3: “Se estamos fazendo força no chão, quando nos pesamos não muda o valor na balança?”
- P: “[...] assim o freio ABS tem uma vantagem porque não faz o carro derrapar.”
- A4: “Então por que tem que trocar os pneus de trás com os pneus da frente?”
- As questões levantadas pelos alunos (categoria 9) eram sempre fundamentadas ao assunto trabalhado pelo professor, distantes ou não do conhecimento científico

Fonte: Acadêmicos colaboradores.

Inferimos, a partir das considerações, que o princípio de design trouxe para a sala de aula, vivências do cotidiano dos estudantes, por exemplo, quando o professor colaborador responde uma questão sobre freios do tipo ABS “ *P: [...] assim o freio ABS tem uma vantagem por que não faz o carro derrapar.*”, há outra passagem do mundo da vida dos estudantes que podemos destacar do “ *A4: então por que tem que trocar os pneus de trás com os pneus da frente?* ”.

Portanto, houve evidências da conexão da ciência da sala de aula com a ciência do estudante no seu mundo da vida, ao menos é o que inferimos, a partir da consideração de viés independente da observação dos acadêmicos ao pontuar acerca da atividade “ *as questões levantadas pelos alunos (categoria 9) eram sempre fundamentadas ao assunto trabalhado pelo professor, distantes ou não do conhecimento científico*”. Ou seja, houve uma ligação dos saberes da termodinâmica com as vivências dos estudantes, mesmo que alguns conceitos no entendimento desses estudantes, ainda, que demandassem de aperfeiçoamento epistemológico.

A figura 42 traz a forma como os professores responderam os estudantes:

Figura 42 - Professores respondem os estudantes.

5º problema - Aulas laboratoriais

<p>Uma aluna, após a exposição do motor a combustão, pergunta sobre o funcionamento do motor a água, se seria similar. H é sincero em dizer que não conhecia profundamente o assunto.</p> <p>Depois da explicação da transformação adiabática, contextualizando com o uso da garrafa térmica, uma aluna utiliza cerca de 1 min considerando se a geladeira mantém a temperatura constante. MC diz concordar plenamente com ela.</p>	<p>MC: "Vocês vão calcular o peso das moedas fazendo $P=mg$ [escreve no quadro e acrescenta $g=9.81 \text{ m/s}^2$]"</p> <p>A1: "Mas a gravidade não é 10 m/s^2?"</p> <p>MC: "Não, não. É 9.81"</p> <p>A1: "Se o motor do carro traz calor, qual a função da bateria?"</p> <p>H: "A bateria tem função de ligar o motor de arranque".</p>	<p>Uma dupla conversa entre si.</p> <p>A1: "O que são esses pontos azuis?"</p> <p>H: "Ah, é o meio ambiente resfriando o sistema"</p> <p>MC: "Troca m^3 por m^2"</p> <p>A1: "Ué"</p> <p>A2: "Ué"</p> <p>A3: "Ué"</p> <p>A4: "Ué"</p> <p>A1: "Mas não é 10?"</p> <p>H: "Ah, cuidado, não confunda com pressão atmosférica"</p>
---	---	--

Fonte: Acadêmicos colaboradores.

Percebemos que nas atividades experimentais de caráter mais abertas que levaram a certos questionamentos, de tal forma que surgiram questões sem respostas por parte dos professores, veja o registro sobre o professor colaborador H “*uma aluna, após a exposição do motor a combustão, pergunta sobre o funcionamento do motor a água, se seria similar. “H” é sincero em dizer que não conhecia profundamente o assunto*”, o que enriquece mais ainda a aula, primeiro por valorizar temas conhecidos pelos estudantes, porém ainda desconhecidos do professor. Além da necessidade da honestidade intelectual por parte do professor, em responder que não domina ou não conhece o assunto, o que pode desencadear processos interessantes de investigação científica para transcender a sequência didática, um viés que permeia outro princípio do design da Cultura de Laboratório, o de envolver os estudantes em projetos de investigação científica.

Por fim, em relação a aplicação do segundo princípio de design em turmas de segunda série do período da manhã no CEP, por professores de Física e que foram seguidos por pibidianos de Física da UFPR, que realizaram os registros das interações, todos participantes que colaboraram com o aperfeiçoamento desse princípio de design associado com a reformulação da utilização da experimentação em salas de aula, como laboratórios.

Na figura 43, considerações acerca da aplicação da SD e da observação dos acontecimentos que provocaram os silêncios ou confusões durante as aulas:

Figura 43 - Considerações sobre a postura dos estudantes.

6º problema - Aulas expositivas

- Os períodos de silêncio em sala de aula marcaram momentos em que o professor estava explicando (picos de atenção e picos de confusão - mediação)
- Se durante a explicação o professor usava da categoria 2, eventualmente a atenção se dispersava e a confusão ocorria
- Em alguns casos (na mesma turma) não se repetiam essas situações, eram influenciadas pelo dia da semana, primeiras ou últimas aulas, em geral interesse coletivo da turma

Fonte: Acadêmicos colaboradores.

Admitimos que é esperado momentos de máxima atenção em termos dos recursos utilizados para chamar a atenção diante das atividades da SD, assim como provocar impactos, os quais foram percebidos durante a observação com “*os períodos de silêncio em sala de aula marcaram momentos em que o professor estava explicando (picos de atenção e picos de confusão - mediação)*”, inclusive com a percepção da necessidade de mediação que é programada para a sequência de atividades, por parte dos professores colaboradores.

Precisamos destacar que os professores que colaboraram com a pesquisa atuavam exclusivamente no LabD de Física do CEP, portanto, não eram os professores regentes das turmas, mas somente quando essas turmas se deslocavam para a sala do laboratório. Então, a observação de que “*em alguns casos (na mesma turma) não se repetiam essas situações, eram influenciadas pelo dia da semana, primeiras ou últimas aulas, em geral interesse coletivo da turma*”, eram esperados ao longo do processo da nossa pesquisa.

Mesmo assim, tomamos as seguintes decisões: a) como professor pesquisador participante atuei em uma turma de segunda série na função de

professor regente da turma, mas também como professor de laboratório e harmonizamos a sala de aula para receber os estudantes em todas as aulas no ano letivo de 2018; b) para a aplicação do segundo ciclo iterativo e do protótipo aperfeiçoado do design de ensino, escolhemos um contexto desafiador, com a turma de segunda série do período noturno e com a organização das aulas nos dois últimos horários das sextas-feiras.

Na próxima imagem, mostramos os registros da observação em relação as vivências do mundo da vida das atividades experimentais do laboratório do CEP, pautadas pelo design de ensino da Cultura de Laboratório, entre as quais não precisam sempre serem formais, pelo contrário, podem também serem corriqueiras do dia a dia, conforme descritas na figura 44:

Figura 44 - Vivências não tão formais na vida do laboratório

6º problema - Aulas laboratoriais

H: "O gelo derrete a qual temperatura?" [Silêncio. Um aluno faz a cadeira cair.] H: "Você conseguiu, hein?" [Tom risonho]	MC: "O que é grandeza?" A1: "Medida." MC: "O que não podemos medir?" [pequena pausa] A2: "Um gás?"	H: "Quando estamos deitados assistindo..." A1: "TV!" A2: "Netflix!" Beto: "DragonBallZ!" [Risadas]	Aluno chega atrasado. H: "Deve ter corrido para chegar a tempo, né?" Usa este exemplo para comentar sobre calor.
O professor levanta um dinamômetro e pergunta o que é. Ninguém responde. Um aluno levanta para ver melhor. Professor discorre.	MC: "Não podemos medir o amor de uma pessoa por outra ou a paz no mundo". [Simultaneamente burburinho aumenta]	H: "Naruto... Dorama. Conhecem Dorama?" A1: "Dorama é muito legal!" H: "Sim, Dorama é muito bom, mas voltando..."	Erlenmeyer explode, os alunos riem e interrompe o raciocínio do professor. Ele usa este exemplo para falar sobre "o estado" de um gás.

Fonte: Acadêmicos colaboradores.

Por exemplo, durante um questionamento do professor "H" "*o gelo derrete a qual temperatura?*" Seguido de pausa dramática na espera por respostas "*[silêncio. Um aluno faz a cadeira cair]*, H: *você conseguiu, hein? [Tom risonho]*". Outras situações típicas das vivências "*aluno chega atrasado. H: deve ter corrido para chegar a tempo, né?*", o professor "H" utiliza do atraso do estudante para emendar na aula, devidamente registrado pela observadora atenta "*Usa esse exemplo para comentar sobre calor*".

O professor colaborador "H" é experiente na função de professor de laboratório, tanto que aproveita quando o "*erlenmeyer explode, os alunos riem e interrompe o raciocínio do professor. Ele usa este exemplo para falar sobre "o*

estado” de um gás”. Aqui é possível perceber que até os acadêmicos observadores foram surpreendidos, basta ver que não perceberam que o professor “H” aguardava a “explosão” justamente para realizar a explicação do estado de um gás, previsto na organização da sequência didática.

Por fim, para enfatizarmos que o pensar e fazer científicos, associados a natureza e práticas científicas, que ocorrem na fabricação da ciência, concorrem paralelamente com outras coisas corriqueiras das vivências das pessoas que estão envolvidas nesses processos de fabricação, por exemplo, destacamos os registros das interações do professor MC com os estudantes “*MC: o que é grandeza? A1: medida. MC: o que não podemos medir? [. Pequena pausa] A2: um gás? MC: não podemos medir o amor de uma pessoa por outra ou a paz no mundo. [. Simultaneamente burburinho aumenta]*”. Outro momento de descontração, que não é impossível também acontecer no chão de qualquer laboratório de pesquisa, agora do professor “H” com os estudantes “*H: quanto estamos deitados assistindo [...]. A1: assistindo! A2: Netflix! A3: DragonBallZ! H: Naruto... Dorama? A1: Dorama é muito legal! H: sim, Dorama é muito bom, mas voltando*”. Enfim, não podemos esquecer que pessoas da ciência trabalhadora e estudantes na sala de aula, possuem natureza essencialmente humana.

II - Análise a partir das informações do trabalho no XIII EDUCERE, em 2017

Submetemos para avaliação de especialistas, o artigo que tratou da construção da SD de termodinâmica, a mesma que adaptamos para aplicarmos na oficina do VI ENALIC, e, na forma integral, trabalhamos nas turmas de segundas séries do CEP. Outros professores e acadêmicos de Física colaboraram na aplicação da SD nas turmas, porém a escrita do trabalho e também na comunicação científica, participaram somente os professores colaboradores de Física e Filosofia, o trabalho sob o título de ‘*Sequência didática sobre as leis da termodinâmica, com contextos históricos e epistemológicos, trabalhada no laboratório didático de Física*’ (MUCHENSKI; GUEDES; PHEPER, 2017).

Registramos em áudio a nossa apresentação (slides da apresentação no apêndice c), cujas falas serão transcritas neste item, com a respectiva repercussão no grupo que acompanhou a comunicação científica, um grupo bem homogêneo, com professores pesquisadores com vários anos de experiência e muitos acadêmicos pibidianos de diversas componentes curriculares.

A seguir, na fotografia 19, o instante logo após nossa participação no XIII EDUCERE:

Fotografia 19 - Apresentação do princípio de design de ensino no EDUCERE 2017



Fonte: Autoria própria (2021).

Sobre os áudios da apresentação, obviamente não transcreveremos a íntegra das manifestações, mas alguns trechos que contribuem para discussão relativa ao segundo princípio de design da reforma da episteme e método do laboratório didático do CEP. Consideramos esta etapa da DBR, de extrema importância, haja vista a necessidade inerente de outros olhares para o desenvolvimento dos protótipos, neste caso, em relação aos princípios de design da Cultura de Laboratório.

Na comunicação científica do XIII EDUCERE, EM 2017, expliquei sobre a epistemologia e a metodologia da reformulação do LabD de Física, destaquei sobre atividade experimental alternativa, em relação ao problema local e complexo do protocolo tradicional do uso da experimentação no CEP. Já na manifestação do professor colaborador “H”, encontramos os vieses disciplinar e interdisciplinar, ou seja, a importância da parte especialista da componente curricular, inclusive em termos da análise analítica de cada área, e, também o viés sintético, conforme a percepção de Rosnay (2010), pois não basta o olhar microscópico, mas também o macroscópico na medida em que ocorre a religação dos saberes das diferentes áreas do conhecimento.

Na próxima manifestação, reconhecemos a consciência dos professores da dimensão e importância do que propõe o segundo princípio de design da reforma do LabD, em somar o analítico ao sintético:

H: isto aqui foi feito primeiro de forma disciplinar, nós professores de Física tentávamos que transpor o conteúdo da nossa erudição, do nosso conhecimento e para essas coisas nós temos o conhecimento lá do ensino médio e tal. Mas de uns tempos para cá, conversando com o professor 'M' (especialista em Filosofia), perguntei: vamos fazer algo interdisciplinar de fato? Professor de Filosofia trabalhando a erudição dele acerca dessas coisas, eu acho que fica melhor.

Na fala do professor colaborador “H”, há de se destacar duas coisas, primeiro a construção de parte da atividade no coletivo de professores da coordenação de Física, professores com graduação em diferentes universidades e, portanto, com vivências em realidades diferentes, desde os que tiveram sua formação na UFPR, outros na PUC-Paraná, USP e tantas outras. Portanto, muitas experiências para serem compartilhadas. O outro aspecto, trata-se do professor colaborador “H”, de reconhecer para o design de ensino em desenvolvimento, a necessidade de outros especialistas, por exemplo, do professor colaborador “M”.

A próxima transcrição traz pontos que fortalecem nossa Pesquisa-Aplicação, ao mencionar a importância das discussões acerca dos problemas no coletivo, e, também, ao chamar a atenção da forma que encontramos para conectar o mundo da vida do estudante ao mundo do laboratório de Física. Por exemplo, a contribuição do coletivo de professores, ao apresentarem a problematização relativa ao primeiro momento pedagógico da SD:

H: [...] outra, tem coisa, por exemplo um vídeo que mostrarei para vocês que foi tirado, foi sem querer, né! A gente estava querendo fazer uma coisa, daí eu virei as costas e fui conversar com o Júlio alguma coisa e de repente explodiu um negócio, pronto está aí. Oh! Mas, não sai de um dia para outro, exige muito trabalho, muita dedicação para fazer, para montar uma sequência didática nessa profundidade.

Na proposição de uma sequência didática de um determinado bloco de conteúdo, em particular acerca das máquinas térmicas e das leis da termodinâmica, temos uma ideia da consistência, praticidade e efetividade da SD, conforme o princípio de design que desenhamos, porém tratam-se de expectativas, portanto, a submissão do trabalho para outros olhares críticos, ajudaram a aperfeiçoar a

proposta, pois é interessante ouvirmos da fala de outro especialista em Física, aquilo que desenhamos para a SD, visto a seguir:

H: então aqui a ideia inicial era o modelo que explica o funcionamento de um motor a quatro tempos, essa seria assim vamos dizer a nossa problematização, seria ali que estaríamos chamando os estudantes, pois carros estão aí para todo mundo ver. Então a função do professor seria o nosso primeiro momento pedagógico em expor também o contexto social, histórico e filosófico. No primeiro momento, isto aqui foi feito primeiro disciplinar, nós professores de Física tentávamos transpor o conteúdo da nossa erudição, do nosso conhecimento e para essas coisas nós temos o conhecimento lá do ensino médio e tal.

H: nós mostramos o experimento de arremesso de tampa do recipiente contendo água fervendo, daqui a pouco a gente mostra para vocês. Tem algumas animações que a gente foi buscar, a máquina de Papin, o "pai" da panela de pressão. Porque essas ideias não são novas, são ideias que lá na época de os gregos desde do Rei Heron já tinha, a máquina de Heron, né! Uma espécie de máquina térmica, eles somente não sabiam o que fazer com aquilo, era só para bonito! Tudo isso é função do professor, apresentar o vídeo com a animação mostrando os pistões do motor quatro tempos funcionando né! Em estudo da realidade a gente pensou assim, fizemos a seguinte pergunta: por que que nós suamos? E a partir dessa conversa a gente começa, oh! Nós somos uma espécie de máquina térmica, em alguns aspectos podemos dizer que nós funcionamos como uma máquina térmica, você é uma máquina térmica (H - aponta para um dos participantes). Isto aqui foi filmado e meio que sem querer, passa para a gente ver, faz o vídeo passar.

Enquanto o vídeo passa [...] 'H' continua a fala:

H: Isso aqui chama a atenção, pois nós não contamos aos estudantes que vai explodir quando realizamos o experimento na sala, de tal forma que vamos enrolando né Júlio, até o momento que ocorre a explosão e chama a atenção. O que que tem? Risos. Então quando estoura e bate a rolha no teto e sai água para todo lado, eles param e ficam surpresos com o que aconteceu ali. Então começamos assim, aí claro fazemos inquirições e tudo mais e, nós vamos de fato começar a organizar o conhecimento deles.

É perceptível a clareza do professor colaborador 'H', na proposição da problematização e da sua importância para conexão com as vivências dos

estudantes, além da compreensão do professor que aquela problematização está pautada nos 3MP de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), em particular na sua descrição do primeiro momento pedagógico, inclusive quando no final da fala ele encaminhou para o segundo momento pedagógico, ao tratar da organização do conhecimento dos estudantes. Já em relação ao segundo momento pedagógico ele seguiu com a explicação:

H: nós então descrevemos o ciclo Otto através de uma animação interativa com pistões, né! Cada passo! Mais tarde, já trabalhando com outro ciclo motor, o ciclo de Carnot que associamos com um experimento com uma seringa de vidro, na qual obtemos a isoterma. Fazemos uma aproximação com o ciclo de Carnot. Fazemos isso aqui que dá muito trabalho de ser feito, não é com qualquer seringa e demorou muito tempo para a gente conseguir obter os resultados que a gente está obtendo, é uma seringazinha de 5ml de vidro e nós fechamos, tapamos e colocamos ali dentro de água né, uma mistura com água e gelo, né! Para a gente garantir o zero grau célsius, depois tiramos de lá colocamos dentro de água quente, mais ou menos 80 graus e eles seguram a seringa e observam o trabalho senso realizado, eles enxergam né!

H: eles ao realizarem a experimentação enxergam o êmbolo da seringa subindo né! Mas o que chama mais a atenção deles, que eu acho engraçado, quando eu mando, agora coloca de volta no gelo com água. Quando eles colocam e eles soltam, eles observam e que é muito rápido né! Tem muita Física ali! Quando a pressão atmosférica empurra de volta o êmbolo e tudo mais, é muito legal. E não é algo muito simples de se obter isso, é uma coisa bem inédita, vamos dizer assim.

O professor colaborador “H” relata que na sequência didática realiza-se, no segundo momento, a organização dos saberes, para, logo depois, avançar para o terceiro momento pedagógico da SD, ao extrapolar o conhecimento para outros contextos relativos às vivências dos estudantes, veja a fala:

H: daí a gente vai aplicar o conhecimento retomando o motor a quatro tempos, extrapolamos para outros fenômenos que explicam a primeira lei da termodinâmica, a geladeira, usinas termoelétricas e assim por diante.

O professor colaborador “H” mostrou entusiasmo ao dar destaque ao princípio de design da reformulação laboratório, em relação a abordagem de trabalhar com saberes de maior complexidade, como é exemplo do conceito da entropia. Destacamos que cada saber que se manipulou nos aparelhos do

laboratório, aconteceu a partir da problematização, depois a organização e, por fim, a extrapolação do saber para outros contextos cotidianos, acompanhe:

H: dentro dessa aula tem algo assim a entropia para ensino médio é algo muito complicado de se trabalhar né! Então nós mostramos aí um corante, pingamos uma gota de corante dentro de água um pouquinho aquecida para eles verem o movimento da água, das partículas de água ali e aquele corante vai se espalhando e, fazemos a pergunta: será que o processo inverso acontece espontaneamente? Será que de repente seria possível que as moléculas de água se reunissem e usassem forças de forma que aquele corante voltasse a ser uma gotinha de corante e, assim mostramos vídeos né

Em seguida, o professor colaborador “H” relata o instante em que provocamos os estudantes, em relação a limitação da primeira lei da termodinâmica, de não explicar o porquê da gota que se espalhou não retomar a sua forma primeira de gota, tendo em vista que em termos da conservação de energia e, portanto, da primeira lei da termodinâmica não haveria nenhum impeditivo. Veja:

H: naturalmente, a gente organizou, isso é entropia baixa né! Por favor click para mudar o slide. O princípio de energia que eles já conhecem que estabelece a primeira lei da termodinâmica, perguntamos: existe algum impedimento da taça estilhaçada se recombinar ou a gota dispersa de corante voltar a condição de gota, falta alguma lei que defina o sentido que a energia prefira fluir? A seta do tempo, por que as coisas fluem apenas para um lado só? Para terminar falamos com eles sobre processos reversíveis e irreversíveis, postulado da entropia, visão estatística da entropia, trabalhamos com microestados e macroestados, acabou a nossa apresentação, porque acabou o nosso tempo. Esse é o experimento que eles fazem com bolinhas, mostra o vídeo que mostra como eles trabalham com os microestados e macroestados.

É neste ponto da abordagem sobre a entropia, que o professor ‘M’ colaborador de Filosofia, intervém na apresentação, até para conectar com a fala do professor ‘H’:

M: [...] quando você dá a consciência aos alunos desse processo histórico de conceituação, você liberta o indivíduo, eu poderia até seguir aqui para não perder o fio da meada, você acaba dando ao processo a possibilidade da emancipação do indivíduo frente a ciência, porque é natural até por uma herança mesmo positivista uma imagem da ciência que ela é muito persuasiva no mundo

tecnológico hoje, fica muito difícil o indivíduo se perceber enquanto sujeito da ciência e não, é difícil perceberem enquanto sujeito da ciência, normalmente se percebe quando sujeito à ciência e, isso até dentro da nossa área lá da Filosofia ou das ciências sociais ocorre um equívoco grande, então tem-se o medo muito grande hoje com relação a evolução tecnológica, quanto essa revolução tecnológica, quanto a ciência né, de uma forma desregrada ou quanto essa evolução pode atrapalhar o ser humano.

O professor 'M' ressalta o quão importante do design de ensino trabalhar com a atividade experimental em um cenário dos contextos da produção do saber sábio, para conscientizar o quanto os objetos da ciência e da tecnologia transformam a sociedade e, que precisamos encontrar os caminhos no ensino de ciência para que o estudante se envolva em movimentos de ativismo, para auxiliar tomadas de decisões que relacionam o seu mundo da vida com as forças técnico-científico-sociais. Vale a pena ressaltar o trecho da sua fala:

M: e a gente faz o processo inverso, a gente acaba colocando o carro na frente dos bois e o objetivo do nosso trabalho e esse é um processo que eu acho muito bonito, do nosso grupo de Física lá do nosso Colégio estadual do Paraná, quando eles se propõem a trabalhar de forma interdisciplinar, quando você dá clareza aos alunos sobre os processos metodológicos que a ciência necessita, que ela se utiliza, quando você mostra o processo dialético de alterações de metodologias científicas, o quanto esses conceitos foram sendo transformados pelo homem, você gera essa emancipação e no final você vai ter um desdobramento que é o desdobramento do imperativo categórico ético mesmo no indivíduo, de o indivíduo se enxergar enquanto sujeito da ciência e de saber que nós seres humanos vamos decidir para onde essa ciência vai.

O professor colaborador foi além, ao destacar que, muitas vezes, a ideia de evolução tecnológica provoca equívocos, por representar imagens de uma ciência “positiva” sempre do bem, mas o estudante precisa da compreensão que a ciência e a evolução tecnológica transformam o mundo da vida das pessoas e do ambiente e, nem sempre para melhores condições, por exemplo, nas mudanças das relações do mundo do trabalho ao longo das revoluções industriais até a revolução industrial 4.0, que tornou a exigência de demandas de mão de obra cada vez mais especializada e com a automação a necessidade de uma quantidade cada vez menor de trabalhadores, além do desdobramento com a transferência desses trabalhadores

para outros setores empresariais e com toda a precarização das condições de trabalho, por exemplo, com a “uberização” do trabalho no cenário atual. Vamos acompanhar a fala de ‘M’:

M: Então veja esse desdobramento, para ser um pouco mais objetivo, veja lá o desdobramento lá na questão do motor a vapor, o quanto hoje nós somos frutos desse pequeno ato em termos científico tanto de inventos que nós tivemos, mas o quanto isso interferiu na formação da nossa sociedade e isso eu acho importante, hoje nós analisarmos e nos vemos enquanto sujeitos, porque nós estamos frente a um paradigma a ser rompido.

De tal forma que não há mais tempo para os coletivos sociais deixarem de conhecer os meandros típicos da ciência trabalhadora e os seus laboratórios, pois desde que Robert Boyle com a sua bomba de vácuo, em que Latour (2013) afirma que Boyle forçou a passagem da sociedade pelas engrenagens e a graxa da máquina no ambiente simulador da natureza, sob o controle das condições de contorno estabelecidos no laboratório, cujas testemunhas estavam longe dos tribunais, das pessoas e das suas subjetividades, pois agora objetivamente quem testemunhava eram os aparelhos inscrites do laboratório. Diante disso precisamos, enquanto coletivos sociais, conhecermos mais das “engrenagens” e da “graxa”, metaforicamente falando, dos laboratórios.

Até porque, nos tempos atuais, o mundo da vida dos coletivos passa pelas ‘engrenagens das máquinas’ de inúmeros laboratórios de fabricação de vacinas; das produções de energia nuclear e a possibilidade dos acidentes com vazamento, das usinas hidroelétricas e a oneração do meio ambiente por inundação das terras férteis e cultiváveis; de investigação entre o câncer e as várias formas de contaminação por resíduos tóxicos, muitas vezes servido à sua mesa nos alimentos cheios de agrotóxicos e tantos outros.

Diante disso, não podemos esperar mais para procurar caminhos no letramento científico na EB, para a conscientização, familiarização e naturalização dos estudantes em relação aos meios de produção em laboratórios, até por conta do quanto a fabricação dos fatos e objetos tecnológicos afetam as suas vidas. Aqui frisamos novamente com a percepção do professor ‘M’ de Filosofia sobre o desenvolvimento do princípio de design da reformulação do laboratório:

M: primeiro que nós temos a possibilidade do aluno se perceber enquanto aquele que pode evoluir seu perfil epistemológico em termos da formação do seu

espírito científico tal qual Bachelard propõe, para um processo de evolução mesmo científica, primeira coisa é essa que ele não é simples meramente sujeito, o processo que é feito dentro do Colégio Estadual do Paraná e com nossos colegas de Física, faz com que o indivíduo chegue aos resultados, mesmo que depois ele venha a observar que as grandes mentes humanas chegaram aos mesmo resultados, de forma que o primeiro aluno se vê como valorizado, pois ele tem primeiro a possibilidade de ser um agente de transformação científica e de criação e, depois essa questão ética mesmo, por exemplo, agora nesse momento que nós estamos vivendo nós estamos frente a uma ruptura paradigmática.

Novamente o professor colaborador “M” de filosofia, retoma o alcance que o design de ensino pode alcançar por meio do letramento científico, para que os estudantes compreendam as transformações sociais que ocorrem a partir da emergência das forças técnico-científicas, inclusive para as mudanças do mundo do trabalho, por exemplo, com a automação e a robótica na indústria, veja a fala do professor e o que tem se discutido no campo da sociologia:

M: por exemplo o que nós vamos fazer da robótica daqui para a frente, algumas áreas da sociologia em relação ao mundo do trabalho estão horrorizadas com a perspectiva, por exemplo apresentado agora que poderíamos em até 2050 em que teríamos a substituição de mais de 55% dos postos de trabalho no Brasil por robôs, por exemplo, mas quando você tem a clareza de todo o processo, de como funciona o processo, processo científico e que a decisão é humana, a gente vai saber que nós vamos fazer a opção se nós vamos utilizar isso para a melhora da qualidade de vida das pessoas ou se nós vamos utilizar isso para transformar o ser humano em um, vamos escravizar o ser humano, ou deteriorar ainda mais as condições humanas, né!

Por fim, o professor ‘M’ destaca o quão importante é a filosofia da ciência, para a compreensão por parte dos estudantes do seu papel diante dos cenários em que os fatos da ciência e os objetos tecnológicos transformam o seu mundo da vida. Por exemplo, em cenários que eles precisam diferenciar debates científicos de ideológicos, consenso científico de mero diversionismo ou até negacionismo da ciência. Portanto, concordamos com ‘M’ e estamos cientes que o desafio da educação científica, é o de buscar romper com a alienação das pessoas diante dos assuntos científicos e tecnológicos. Em síntese:

M: então de forma geral para não me estender muito, que tem bastante coisa aqui para falar para vocês, é dizer que o desdobramento filosófico, a gente trabalha na área da filosofia da ciência é esse, no final nós acabamos vendo que nós somos sujeitos da ciência e que a ciência é sujeitada ao ser humano, desde que nós rompamos com esse processo de alienação no qual a gente somente se vê como um substrato da ciência e não como agente científico.

Agora, em relação à crítica ao protocolo tradicional da atividade experimental, que realizamos durante a comunicação, foi mote da fala do professor de Filosofia 'M', conforme a sua manifestação a seguir:

M: acho que eu vejo assim, isso a gente acaba replicando na prática docente e esse é o problema! O benefício do trabalho que eu vejo assim, eu fui um observador e articulador pelo que foi trabalhado pelos meus colegas aqui da Física, pois a Filosofia tem essa função né, já é uma função própria da Filosofia nesse sentido emancipador mesmo, de a gente não replicar esse modelo, de chegar lá simplesmente faça esse modelo de laboratório tradicional, sei lá, que nós tínhamos né, simplesmente vem aplique esse experimento, dá um resultado, mas o cara nem sabe para que que serviu e, o interessante de ver e participar desse processo com os meus colegas foi ver justamente isso. Quando você coloca o problema e joga para o indivíduo, o processo, primeiro que fica tudo mais fácil, a coisa se torna muito mais simples, né?

O professor "M" foi além, em reconhecer no desenho de ensino, a abordagem interdisciplinar diante da complexidade dos contextos históricos, filosóficos e sociais acerca da fabricação dos fatos. Vamos à fala:

M: então daí alguns se chocam quando percebem a dimensão da complexidade de Edgar Morin, está no meio do nosso trabalho, não pude abordar aqui, mas o grau de complexidade que nós temos para tratar em relação a educação. Ontem o professor que fez a abertura dos trabalhos deixou isso claro, a gente planeja, mas tem que estar aberto sempre ao imprevisto de você ter o insight de sair da arrogância do teu planejamento e ter o altruísmo de se colocar no lugar da criança, no lugar do jovem e tentar sentir a dor dele e, às vezes a educação não tem nada a ver com formalidade, ou planejamento ou filosofia ou com física, é um carinho, um afago, é você abrir a oportunidade para que ele tenha a dimensão humana.

7 SEGUNDO CICLO ITERATIVO: DESENHO DO NOVO PROTÓTIPO

Ao longo do capítulo seis, aperfeiçoamos dois dos princípios do design Cultura de Laboratório, a seguir os princípios sintetizados:

- Projetos de investigação científica;
- Reformulação do laboratório didático.

Implementamos os dois princípios em diversos contextos, ao longo dos anos de 2016 e 2017, para desenvolvermos o protótipo da CL contamos com a colaboração de professores de diferentes componentes curriculares, além de submetermos aspectos da proposta de ensino, para avaliação em periódicos. Ao superarmos esta fase de experimentação do protótipo e da sua avaliação, decidimos compor o design de ensino com esses dois primeiros princípios, em termos da possível contribuição do letramento científico dos estudantes.

Entretanto, à medida que estudantes se envolveram em projetos de investigação científica e nas atividades experimentais, percebemos durante as iterações a emergência da utilização especializada do aparelho celular smartphone. Até porque podemos afirmar que houve, no sentido de Balacheff (1994), indícios da ocorrência da transposição informática do smartphone para o ambiente escolar, pois observamos que os estudantes deixaram a condição de usuários leigos do aparelho, e passaram para o seu uso especializado, inclusive como instrumento de inscrições no LabD. A utilização especializada do smartphone, serviu, também, como meio de imersão dos estudantes na literatura acadêmica, por exemplo, nas bases de dados Scielo ou Google Acadêmico. Além das suas funções de celular, vieram às computacionais na preparação de seminários, vídeos de divulgação científica e, até mesmo, nas trocas de mensagens sobre os assuntos da ciência e da tecnologia por meio do Whatsapp. Para resumir, o smartphone desempenhou para o estudante, conforme Muchenski, Silva e Miquelin (2017), a função BYOD.

Resolvemos investigar, em termos epistemológicos, a importância do uso do celular para a sala de aula, assim, emergiu o artigo '*A utilização leiga dos smartphones versus a sua utilização especializada no ambiente escolar*' (MUCHENSKI; SILVA; MIQUELIN, 2017). A partir dos resultados deste trabalho acerca do smartphone, incluímos outro princípio de design ao novo protótipo, que chamamos:

IV - Utilização especializada dos celulares/smartphones pelos estudantes na forma de instrumentos inscritesores.

Por seus vieses de inscritesor na função de instrumento de laboratório, o qual transforma fatos em literatura, e, também, na função BYOD de apoio aos processos de ensino e de aprendizagem presentes na Cultura de Laboratório.

Por fim, há o terceiro princípio de design, acerca da consideração do potencial dos estudantes como influenciadores digitais, este princípio mostrou-se fundamental para nossas análises, na medida em que pode evidenciar o quanto, efetivamente, a proposta de ensino promoveu o alargamento da racionalidade dos estudantes, por meio do letramento científico. A forma que escolhemos para analisar a sua eficácia foi através das manifestações dos estudantes, no modo escrito, e, principalmente, no falado. Seja a partir das avaliações que realizamos dos blocos de conteúdo, dos guias das atividades experimentais, dos vídeos de divulgação científica, dos seminários e das discussões em grupos.

Para avaliarmos esse eventual potencial de divulgadores da ciência, é que acompanhamos a turma de segunda série do CEP, em 2018, e as suas produções acadêmicas. Além de outra turma que acompanhamos de 2ª série, em 2019, da escola do setor particular, em relação a sua produção de divulgação de temas da ciência na forma de podcasts. Ao longo deste capítulo traremos algumas das informações acerca das experiências que vivenciamos com essas duas turmas.

A seguir a proposição do terceiro princípio:

III. Divulgação científica por meio da produção de podcast pelos estudantes influenciadores digitais.

Traremos no item 8.1, informações de quando seguimos em 2018 os estudantes imersos na Cultura de Laboratório, participantes da turma de segunda série do ensino médio noturno, do Colégio Estadual do Paraná. Depois no item 8.2, dados da nossa experiência em 2019, com estudantes da turma de segunda série do ensino médio de uma escola da rede privada.

7.1 ESTUDANTES IMERSOS NA CULTURA DE LABORATÓRIO

Para a implementação da intervenção do design Cultura de Laboratório, organizamos sequências didáticas acerca de blocos de conteúdo da termodinâmica,

todas as atividades tiveram alguma forma de registro ao longo de 2018, seja por meio: do diário de campo; das fotografias das vivências das aulas; gravações de áudio e vídeo das aulas; trocas de e-mails e de mensagens por Whatsapp; áudios e/ou vídeos da interação das equipes acerca das manifestações dos estudantes das mais diversas atividades propostas.

Esses registros produziram volume considerável de informações, de tal forma que realizamos reduções do material, assim escolhemos manifestações, em geral, das finalizações de bloco de conteúdo, que constituíram as avaliações que aplicamos na forma de provas, seminários, fichamentos de textos da literatura científica, vídeos de divulgação científica e etc. Organizamos os dados das intervenções em termos de: participantes e contextos; constituição das informações e análise das informações.

7.1.1 Participantes e Contexto

Com a intenção de testarmos o potencial da proposta de ensino, em termos de promoção do letramento científico, escolhemos o contexto mais desafiador possível, o qual poderia ser limitador em relação: ao turno das aulas, a organização das aulas na grade de horário semanal e ao perfil da turma. Portanto, escolhemos um contexto diferente do que vivenciamos no colégio estadual de Ponta Grossa, na escola da rede privada, na oficina no VI ENALIC e das turmas do CEP do período diurno.

Antes de indicarmos a turma que escolhemos, mostramos uma imagem do CEP, até para fornecer ao leitor uma ideia das dimensões da escola.

Fotografia 20 - Imagem aérea registrada por drone



Fonte: William de Oliveira (2021).

Optamos pela turma da 2ª série “C” do período noturno, composta, parcialmente, por estudantes trabalhadores, do total de 24 estudantes 10 são garotas e 14 são garotos, com idades entre 15 e 17 anos.

Mostramos a seguir, na figura 45, o registro de classe da turma 2ª C:

Figura 45 - Registro de classe gerado pela secretaria do CEP

 ESTADO DO PARANÁ SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO		20 Frequência (24) Turma 14 meninas 10 meninos
ANO LETIVO: 2018	1º Semestre	Registro de Frequência Dias / Mês
CURITIBA		
COLÉGIO ESTADUAL DO PARANÁ		
ENSINO MÉDIO		
SERIAÇÃO: 2ª Série		
Noite	TURMA: C	
DISCIPLINA:		

Fonte: Autoria própria (2021).

Na fotografia 21, destacamos vivências típicas registradas durante as interferências nas duas últimas aulas das sextas-feiras:

Fotografia 21 - Estudantes discutem acerca da atividade experimental



Fonte: Autoria própria (2021).

Ainda, na fotografia 21, é possível identificar o horário, no antigo relógio do CEP, registra-se quase 21h e 50 min de uma sexta-feira, porém apesar do adiantado da hora, os estudantes discutem sobre os saberes que manipularam em diferentes aparatos experimentais.

Outra característica típica do LabD para destacarmos, é a harmonização que aparece na fotografia 22, em que a teoria e a experimentação aconteceram nas vivências do chão daquela sala de aula preparada para o pensar e fazer científico. Na imagem, a equipe de estudantes em pé na parte da frente da sala manipula o aparato experimental e discute sobre o seu funcionamento, já na tela de projeção um slide relativo aos encaminhamentos da atividade experimental e parte dos contextos históricos, filosóficos e sociais acerca de alguns saberes da termodinâmica. As demais equipes nas bancadas discutem acerca dos dados a partir das medidas que realizaram.

Fotografia 22 - Vivências típicas do chão de sala de aula na Cultura de laboratório



Fonte: Autoria própria (2021).

Nas próximas subseções, apresentamos a organização relativa às sequências didáticas e, também, dos projetos de IIR. Dividimos as subseções por blocos de conteúdo da termodinâmica e da capacitação dos alunos em ilhas de racionalidade.

7.1.1.1 Saberes Introdutórios da Física Térmica

A partir da intenção de “entrarmos pela porta dos fundos” da ciência, desde o primeiro encontro com os estudantes, apresentamos a proposta do curso de Física sob o design da Cultura de Laboratório. Em seguida, convidamos a turma para a participação do processo de investigação do design de ensino. E, no tempo das duas aulas (1h e 30 min), expliquei que trabalharíamos ao longo do ano exclusivamente no laboratório de Física, com atividades teórico-experimentais. Além de apresentar o panorama geral de como seria o curso de Física:

Quadro 21 - Organização do curso de Física em linhas gerais

PANORAMA GERAL PARA OS ESTUDANTES	
ORGANIZAÇÃO	A PARTIR DE:
Apresentação inicial	<ul style="list-style-type: none"> - Explicação que todas as aulas serão no laboratório - Slide aula inaugural - Caixa preta na forma do chuveiro e do multiplicador de água - Apresentação da investigação e convite/termo de livre consentimento
Formas de interação e meios	<ul style="list-style-type: none"> - Explicação da interação: e-mail, blog, whatsapp e blog - Orientação antes do primeiro horário do turno da noite aula (18:20h - 18:35h) - Reforço de física em contra turno - Quarta e quinta aulas das sextas-feiras - Registro por áudio e vídeo dos encontros - Utilização dos aparelhos celulares ou computadores como elementos de pesquisa em sala de aula
Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> - Projetos de ilhas de racionalidade - Registros das interações (e-mail, blog, whatsapp) - Técnica de estudos a partir do discurso educativo de Richard Feynman - Mapas conceituais/prova - Seminários e vídeos de divulgação - Guias instrucionais de laboratório e atividades de laboratório - Guias de estudos - Fichamento de artigos científicos - Prova - Manuscrito similar a artigo científico - Gravação de vídeos tutoriais sobre objetos tecnológicos e simuladores do PHET ou de divulgação científica - Recuperação de cada atividade avaliativa
IIR	<ul style="list-style-type: none"> - Projetos acerca de objetos da ciência e da tecnologia ou sociais - Abrindo caixas pretas sobre os saberes científicos e sobre dispositivos tecnológicos - Sínteses das IIR - Construção dos vídeos tutoriais ou de divulgação científica - Entrevistas com especialistas - Mostra do conhecimento na forma de seminário
Suportes Ao design de ensino	<ul style="list-style-type: none"> - Palestras na forma de IIR - Laboratório de multimodalidade representacional - Simuladores - Livro didático do PNLEM - Livro paradidático da autoria do professor pesquisador - Artigos de periódicos - Vídeos

Fonte: Autoria própria (2021).

Logo no início do primeiro encontro, justifiquei minhas as razões para escolher a turma 2ª série “C”. Em seguida, expliquei os porquês de abordarmos os processos de fabricação dos objetos da ciência e da tecnologia, para compreendermos as forças técnico-científico e, quanto, elas podem influenciar os coletivos sociais. Apresentamos no quadro 22, a síntese da sequência didática do

primeiro bloco de conteúdo, organizado conforme os 3MP de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). Idealizamos a SD com a intenção de provocarmos a imersão dos estudantes na Cultura de Laboratório.

Quadro 22 - Síntese da sequência didática do primeiro bloco de conteúdo da termodinâmica

Temas	Orientação metodológica	Ações da interferência/número de aulas
Alegoria para apresentar a ciência como construto humano	Contrato pedagógico: explicação do design de ensino Cultura de Laboratório	<p>- Etapa de preparação dos estudantes para o início da imersão no design de ensino a partir da intersecção do racional e empírico da Cultura de Laboratório, através da apresentação de uma problematização associada com uma caixa preta no sentido de Latour e Woolgar (1997), com a intenção de provocar reflexões a respeito de um experimento ou uma inscrição do laboratório, mas com a construção de várias narrativas para a explicação desse evento laboratorial. Trata-se da construção de uma alegoria com a figura da dupla face do Deus Jano para a compreensão dos estudantes que a ciência não deve ser mitificada, mas compreendida como construto essencialmente humano, portanto, falível, provisório e controverso.</p> <p>- Sequência de slides para convidar os estudantes para desvendar alguns dos fatos da ciência e dos objetos da tecnologia ao longo da proposta de ensino (figura 45).</p> <p>-- Proposição de uma atividade de leitura e discussão de um texto sobre tecnologia “Julgamento de Thamus e da criação da escrita” retirado do livro “Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia” de Postman (1994). Atividade no apêndice D.</p> <p>- Início da imersão dos estudantes na literatura científica com textos das “Leituras do GREF*” dos módulos de física térmica, ficha de leitura (apêndice E), organização conforme os três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), mas também com proposta de roteirização para gravação de pequeno vídeo sobre o tema da leitura. (Atividade extraclasse).</p> <p>- * Leituras do GREF: 08. Calor e conforto; 09. Transportando calor; 10. Cercando calor; 11. Aquecimento e clima; 12. Aquecimento e técnica; 17. O mais frio dos frios.</p> <p>-Pesquisa sobre as últimas leituras dos estudantes.</p> <p>- Apresentação com slides de estratégia de pesquisa sobre qualquer tema inspirada no discurso educativo e do perfil de divulgador da ciência de Richard Feynman: 1. Escolher e pesquisar sobre um tema; 2. Explicar sobre o tema (escrever sobre o assunto como se estivesse explicando para outra pessoa ou uma criança); 3. Escrever e falar em voz alta, como uma palestra; 4. Dominar o tema, estudar novamente as partes que ainda há dúvidas; 5. Simplificar o assunto através de síntese com palavras simples, construir um diagrama que relacione os conceitos que você investigou no seu tema de pesquisa.</p> <p>- A descrição da estratégia de pesquisa aconteceu também com breve apresentação sobre quem foi Richard Feynman.</p> <p>- Inicia-se a formação dos estudantes nas IIR no mesmo molde dos quadros 8 e 11 na experiência com as turmas de 2016 e 2017, com solicitações de atividades extraclasse, conforme grade de guias de estudos. (04 aulas)</p>
Saberes sábios da termodinâmica	Estudo da realidade <i>Primeiro momento</i>	<p>PRIMEIRA INTERFERÊNCIA</p> <p>➔ INTRODUÇÃO A FÍSICA TÉRMICA:</p> <p>- Apresentação com slides do tema do caderno pedagógico do capítulo quatro da seção 4.4, sob o título: 1. MODELO CIENTÍFICO PREVÊ ‘MINI GLACIAÇÃO EM 2030! É POSSÍVEL?</p> <p>- Problematização a partir dos pressupostos teóricos dos capítulos dois e três, particularmente das seções 2.5 e 3.1:</p>

	<p>O modelo científico que prevê pequena era glacial em 2030 contradiz o consenso científico acerca do aquecimento global?</p> <p>Aquecimento global versus resfriamento global trata-se de uma controvérsia científica?</p> <p>Qual a diferença entre debate científico e debate ideológico?</p> <p>-Contexto do debate entre as sentenças de aquecimento e resfriamento global:</p> <p>a. O aquecimento global é provocado pelo efeito estufa devido ao aumento da emissão de gases, principalmente o gás carbônico; (1)</p> <p>b. Trechos de documentário listando os maiores produtores de gás carbônico e, com filmes do derretimento das geleiras e o aumento do nível dos oceanos; (qualificador) (2)</p> <p>c. Trechos de entrevista sobre tese de cientista brasileiro Luiz Carlos Molion sobre estimativas de temperaturas globais do planeta Terra e o seu resfriamento em média. Com fotografia do marco no oceano feito por antigos navegadores nos séculos XV, XVI e XVII. (Modificador) (3)</p> <p>→ Outros contextos: discussão nas equipes a partir dos textos das 'Leituras do GREF'. Com as respectivas problematizações e contextos de cada uma das leituras 08, 09, 10, 12 e 17.</p> <p>→ Debate sobre o aquecimento global e o resfriamento global, pautado por pesquisa exploratória na forma de atividade extraclasse pelos estudantes, conforme o quadro 17.</p> <p>(04 aulas)</p>
<p>Pensar, fazer e explicar ciência a partir do laboratório de física: com o laboro experimental na interseção entre o racional e o empírico, a partir dos saberes temperatura e calor</p>	<p>Segundo momento (organização dos saberes)</p> <p>SEGUNDA INTERFERÊNCIA</p> <p>→ A figura 49 mostra o experimento da sensação térmica, conforme Muchenski e Miquelin (2015, p. 34), que utilizamos para problematizar a ideia de temperatura e dos instrumentos objetivos para sua medição, os termômetros.</p> <p>→ Conceito de calor e temperatura a partir da história, sociologia e filosofia da ciência: a partir do contexto da 'bomba de ar' de Robert Boyle retratada na obra "An experiment on a bird in the air pump (Um experimento com um pássaro na bomba de ar)" de Joseph Wright of Derby, 1768. Conforme item 2.1 UM POUCO DE HISTÓRIA: O SABER CALOR DA ANTIGUIDADE AO CONTEXTO DA TERMODINÂMICA NA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL (caderno pedagógico na seção 4.4 do capítulo 4).</p> <p>→ Leitura vertical de trechos do documentário da BBC: Zero Absoluto Ep.01 - A Conquista do Frio. No link: https://www.youtube.com/watch?v=ADC4c2rQJXc.</p> <p>→ Para transcender o tempo escolar: momento do estudante para ler, refletir e escrever, a partir do texto 'A termometria nos séculos XIX e XX', da Revista Brasileira de ensino de Física proposto na forma de atividade no blog: https://racionaleempirico.blogspot.com/p/blog-page.html.</p> <p>→ Construção das escalas termométricas Fahrenheit, Celsius e Kelvin a partir dos dados históricos relativos aos pontos fixos de frio e de quente de cada escala. Exercícios de aplicação.</p> <p>→ Mostra dos vídeos de divulgação científica, com a elaboração a partir das leituras das aulas do GREF (aulas 08, 09, 10, 12 e 17).</p> <p>→ Atividades I e II do item 2.1 (caderno pedagógico na seção 4.4 do capítulo 4)</p> <p>→ Atividade sobre a obra de Joseph Wright 'An experiment on a bird in the air pump' no apêndice F.</p> <p>(04 aulas)</p>

		<p>TERCEIRA INTERFERÊNCIA</p> <ul style="list-style-type: none"> → Problematização sobre arrefecimento térmico: qual a melhor temperatura para o nosso conforto térmico? Texto orientador da problematização no apêndice G. → Atividade experimental sobre capacidade térmica, cálculo da quantidade de calor, lei zero da termodinâmica (Apêndice H). → Suporte teórico do caderno pedagógico no item 2.2 TROCAS DE CALOR E 2.3 CAPACIDADE TÉRMICA, NA SEÇÃO 4.4 DO CAPÍTULO 4. → Atividade experimental sobre calor latente a partir da questão: quando é transferido energia para um sólido, sempre ocorrerá o seu aquecimento? (Apêndice I). <p>(06 AULAS)</p>
<p>A ciência e seus temas controversos.</p>	<p>Terceiro Momento (Aplicação do conhecimento)</p>	<p>QUARTA INTERFERÊNCIA/AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM</p> <ul style="list-style-type: none"> → Questões relativas ao texto do 'Julgamento de Thamus' (apêndice D). → Atividade de posicionamento diante de um debate sobre aquecimento e resfriamento global. (Quadro 23). → Atividade do blog Racional & Empírico do artigo sobre escalas termométricas (figura 51 e 52). → Produção de vídeos a partir das 'Leituras de Física' do GREF e da ficha de leitura (apêndice E). → Guia de estudos acerca da obra de Joseph Wright (apêndice F). → Guias de estudos relativo a formação dos estudantes nas IIR. A formação nas ilhas de racionalidade conforme os quadros 9 e 12. → Prova em equipe sobre o primeiro bloco de saberes da termodinâmica (apêndice J) <p>(Previsão de 02 aulas, mas que se entenderam além do tempo escolar).</p>

Fonte: Autoria própria (2021).

As interferências do quadro 22 representam parte das SD do curso de física térmica, que desenvolvemos ao longo do primeiro semestre de 2018, com a turma da 2ª "C" do CEP. As sequências didáticas serviram para orientar os estudantes nos seus estudos e pesquisas, para que sejam capazes de reconhecer nas suas vivências cotidianas àquelas questões da ciência que transcendem e influenciam as nossas vidas em sociedade. Alertamos que a SD, composta por textos problematizados, textos históricos, atividades orientadoras de reflexão e estudos, visa o aperfeiçoamento da racionalidade a respeito dos temas relacionados com o conceito de calor, desde a sua origem no pensamento dos antigos gregos até os contextos da revolução industrial e da atualidade. Entre as ações do primeiro bloco de conteúdo que aparecem no quadro 22, comentaremos peculiaridades das interferências:

I. ALEGORIA PARA APRESENTAR A CIÊNCIA COMO CONSTRUTO HUMANO

Ao iniciarmos o curso de Física com a 2ª série "C", estávamos conscientes de que teríamos que desconstruir aquelas imagens distorcidas da ciência, presentes no ideário dos estudantes, por se tratarem de um simulacro distante da realidade da

natureza e prática científicas. Foi Neste sentido, que a 'dupla face de Jano' ajudou, ao contrapor a imagem da ciência já estabilizada na literatura científica e da imagem da ciência ainda provisória e falível. Portanto, um contraponto da ciência com seus enunciados já convertidos em fatos versus uma ciência, ainda, sob disputas de narrativas controversas.

Nesta aula inaugural, aproveitamos, oportunamente, para convidarmos os estudantes para confrontarmos a instituição Ciência. Esclarecemos aos estudantes, que o nosso principal objetivo, seria o de contribuir com o seu letramento científico, na função instrumental de romper o seu isolamento, em relação ao cenário posto pela atual sociedade técnico-científica. Em outras palavras, convidamos a turma para abriremos as caixas pretas da ciência e da tecnologia, por exemplo, com as seguintes questões: Quanto custa, realmente, um smartphone? Vocês acreditam no aquecimento global e sua relação com as mudanças climáticas?

Utilizamos como figura metafórica, o multiplicador de água, conforme a figura 46. Apresentamos ele como uma representação de caixa preta, sob a possibilidade de abrir esta caixa de 'Pandora', com todos os seus segredos. A partir dessa primeira figuração, provocamos os estudantes com alguns assuntos controversos. Portanto, a primeira aula contou com a problematização de representar a caixa preta, no sentido de Latour e Woolgar (1997), além da utilização de seis slides como forma de apresentar a proposta da sequência didática.

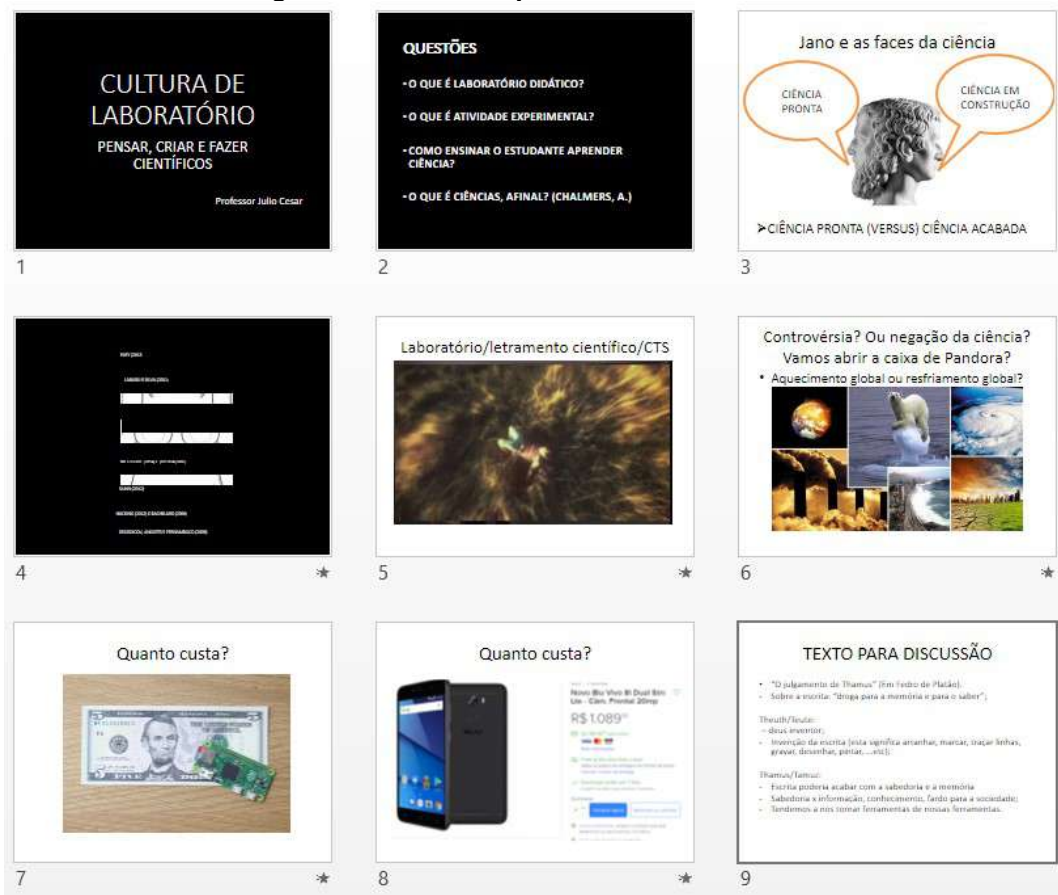
Figura 46 - Esquema do "multiplicador de água"



Fonte: Valadares (2012).

Depois da demonstração do experimento, os estudantes foram questionados sem olhar dentro da caixa, para explicar como funciona o multiplicador de água? Haja vista que todos tinham a consciência de que a água não se multiplicou de fato, tudo não passou de um truque. Depois das manifestações dos estudantes, abrimos a caixa e repetimos o experimento diante dos olhos curiosos dos alunos!

Figura 47 - Slides do primeiro encontro



Fonte: Autoria própria (2021).

Os slides auxiliaram nossa explicação acerca do design de ensino, para esclarecemos, junto aos estudantes, sobre a pesquisa que realizaríamos ao longo do curso de Física, em 2018. Realizamos o convite aos estudantes, para que participassem da PA, enquanto colaboradores da investigação do design 'Cultura de Laboratório'.

A descrição dos slides:

1. Explicação, em termos epistemológicos e metodológicos, do design de ensino: Cultura de Laboratório. Além da explicação dos principais

procedimentos da organização do espaço do laboratório didático de Física;

2. Problematização do LabD convencional e apresentação do design de ensino CL, a partir de algumas questões relativas a epistemologia da proposta e dos seus princípios de design;
3. Conto sobre o Deus Jano, segundo Latour (2011), com a mostra do experimento do multiplicador de água, para ilustrar a 'Caixa de Pandora', com a alusão as 'caixas pretas' da ciência e da tecnologia;
4. Realização de analogia com o filme "O quarto de Jack"³⁵, para ilustrar como a ciência trabalha com visões de mundo, conforme nossos instrumentos de medida e da capacidade da construção de modelos-réplica do mundo natural, construção de verdades provisórias de concepções de mundo. Neste ponto, provocamos os para tentarem adivinhar a figura coberta por tarjas parciais, as quais fomos retirando uma de cada vez, até a revelação por completo da figura escondida.
5. Fala sobre as forças técnico-científico e o quanto influenciam as vivências dos coletivos em sociedade. Alguns trechos do filme 'Piratas do Vale do Silício' ou 'Pirates of silicone Valley'³⁶, do diretor Martyn Burke, de 1999. Utilizamos três cenas em particular: (a) apresentação do mouse e da tela gráfica por funcionários para a cúpula da empresa Xerox, em que o alto escalão da diretoria não enxergou o potencial das ideias; (b) compra do sistema operacional DOS, por Bill Gates e seus associados, de um programador que, também, não partilhava da mesma visão de Gates para o sistema e (c) da negociação de Bill Gates e associados com os executivos da IBM, sobre o licenciamento, mas não venda, dos direitos do sistema DOS para os computadores da IBM, novamente os

³⁵ No filme "O quarto de Jack", mãe e filho sobrevivem em um cativeiro, em que o contato com o mundo exterior se resume as "visitas" do sequestrador e de uma vista parcial de uma espécie de claraboia. Escolhido para a analogia, justamente pela representação de uma vista parcial que a ciência possui do universo, e que a partir da vista parcial tem que construir narrativas ou versões do todo.

³⁶ O filme "Pirates of silicone Valley" retrata a ascensão da Apple e da Microsoft, as duas maiores empresas de informática do planeta. Em busca da liderança do mercado Steve Jobs (Noah Wyle) e Bill Gates (Anthony Michael Hall), fundadores das empresas, enfrentam-se em uma guerra de bastidores. E o panorama da ascensão dos computadores e softwares na transformação de uma era, do mundo antes e depois da popularização das ferramentas computacionais.

executivos da IBM não partilhavam da mesma visão de Gates em termos de software, pois para eles o que importava era o hardware.

6. O que é uma controvérsia na ciência? O que é consenso científico? O que é fato? O que é factóide ou fatum? A disputa de narrativas entre o aquecimento global versus resfriamento global, é uma controvérsia?
7. A importância da educação científica, por exemplo, para decisão de uma compra de tecnologia. A diferença entre um usuário leigo de um especialista em tecnologia. Exibimos para os estudantes o vídeo sobre ‘As marcas te manipulam?’, disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=4YwPyZf-DDI>. Abrimos a discussão entre preços de computadores de mesma configuração, porém de marcas diferentes;
8. Qual seria o preço mais justo de um smartphone, com configurações similares? Pois, em termos de mercado, pode variar muito o preço, entre um aparelho de mil reais ou outro de oito mil reais, logo, como decidir sobre a melhor compra?
9. Propomos o texto de ‘Julgamento de Thamus’ em Fedro de Platão. Esta atividade proposta para os estudantes encontra-se no apêndice D.

Ao término do primeiro encontro, propusemos na forma de atividade, o texto sobre tecnologia do “Julgamento de Thamus e da criação da escrita”, a partir do cenário ilustrado por um vídeo do Nerdologia, de “Como as marcas te manipulam?” No link: <https://www.youtube.com/watch?v=4YwPyZf-DDI>, além de uma sequência de questões para abordar o poder que emana da tecnocracia.

No segundo encontro, para iniciarmos a imersão dos estudantes em textos científicos e, partindo da premissa que eles não são leitores de textos científicos, hipótese que confirmamos a partir de questionário, no qual indagamos sobre qual o tipo de literatura que eles costumavam dedicar tempo de leitura, com questões do tipo: Qual foi o último livro ou texto que você leu? Quantos livros ou textos você leu no último mês?

Nossa preocupação, era de como motivar ou provocar a imersão dos estudantes na teia da literatura científica? Procuramos estimular os estudantes para as primeiras leituras, com textos acessíveis que exigissem deles um tempo curto de leitura, realizado em sala de aula. Iniciamos com textos curtos das “Leituras do

GRAF”, do módulo de física térmica “2” e “3”, além dos textos retirados do caderno pedagógico que produzimos como suporte para o curso de física do “2 C”. Distribuímos para os grupos as ‘Leituras de Física’ do GREF, com a proposta de atividades: 1. Leitura; 2. Discussão no grupo para o preenchimento de uma ficha de leitura; 3. Construção de um pequeno roteiro com suporte na ficha de leitura; 4. Gravação de um vídeo de curta duração; 5. Postagem dos vídeos em canal do youtube.

Porém, antes da distribuição da atividade no segundo encontro, apresentei aos estudantes o discurso educativo do físico Richard Feynman, o de aprender qualquer coisa para depois explicar, conforme os passos a seguir: 1. Escolha e pesquise sobre o assunto; 2. Explique o assunto (escreva sobre o assunto como se estivesse explicando para outra pessoa); 3. Escreva e fale em voz alta, como se realmente estivesse explicando para alguém; 4. Dominando o assunto, estude ele novamente com novas pesquisas; 5. Simplifique o assunto através de um resumo, uma síntese com palavras simples, construa um diagrama que relacione os conceitos que você investigou do seu tema de pesquisa.

A intencionalidade da segunda intervenção foi o de explorar a realidade de que estudantes da escola básica não buscam leitura especializada, cuja hipótese confirmou-se, leem muito pouco. E, como precisávamos para o letramento científico, que os estudantes aperfeiçoassem o seu discurso, precisei iniciar os estudantes na literatura científica, consciente de que não poderia de início propor uma leitura de maior complexidade.

Enfim, buscamos por meio do design de ensino, contribuir na formação dos estudantes com características e *modus operandi* de bons explicadores sobre os objetos da ciência e da tecnologia. O quadro com a ficha de leitura, e, também, com as orientações por meio de roteiro, para a gravação do vídeo de divulgação do tema científico, encontra-se no apêndice E.

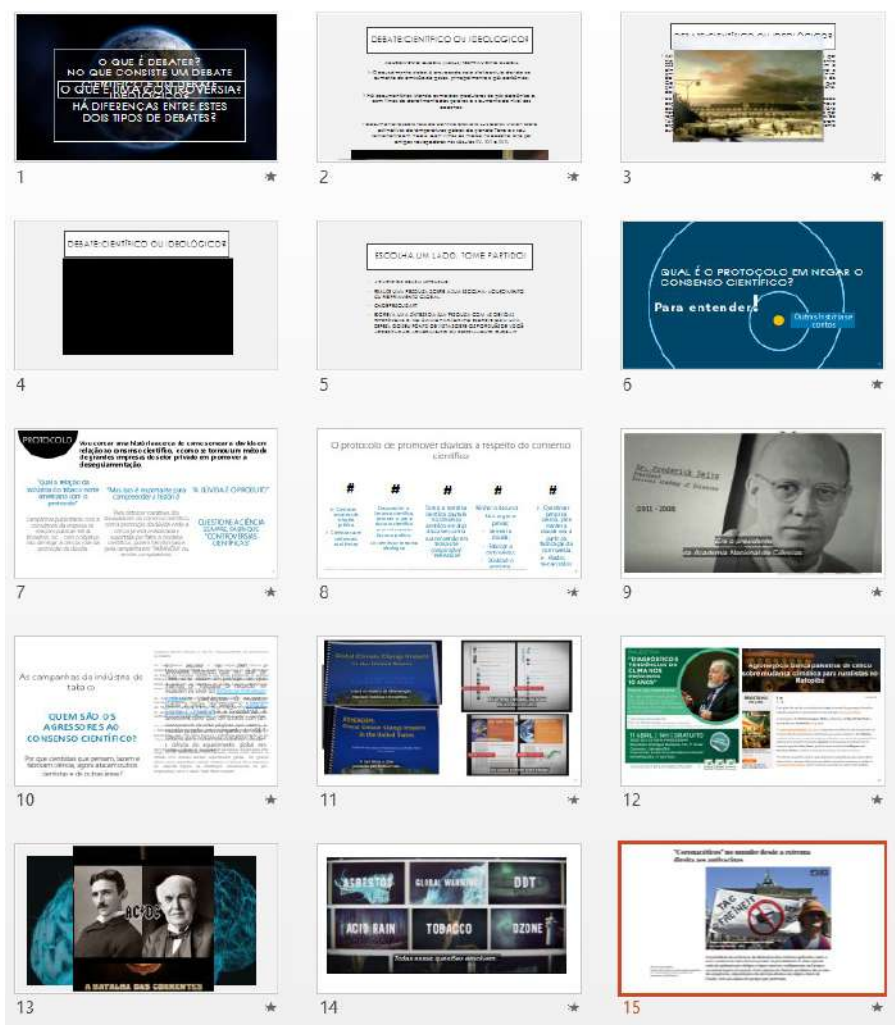
II. PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO

PRIMEIRA INTERFERÊNCIA

Após a abertura do curso a partir da alegoria das faces do Deus Jano, com a ilustração da caixa preta do experimento do multiplicador de água, e, também, da discussão acerca da ciência e tecnologia entorno do texto do ‘Julgamento de

Thamus”, iniciamos efetivamente o bloco de conteúdo da termodinâmica, a partir do texto do capítulo quatro na seção 4.4, sob o título: 1. Modelo científico prevê ‘mini glaciação’ em 2030! É possível? Uma provocação a partir do estudo de astrofísicos do país de Gales, que aponta a possibilidade de uma ‘pequena era glacial’, a partir de 2030. Apresentamos a problematização a partir do cenário da disputa de narrativas, entre o aquecimento e o resfriamento global. Diferenciamos, previamente, debate científico de debate ideológico, além de explicarmos sobre controvérsia de disputas entre sentenças científicas. A interferência pautou-se nos pressupostos teóricos que tratamos, principalmente, nos itens 2.5 e 3.1. Trouxemos porta vozes das duas narrativas, seja na forma de dados científicos ou nas falas dos seus respectivos defensores diante da opinião pública. Os slides:

Figura 48 - Slides de suporte acerca de debates ideológicos e científicos



Fonte: Autoria própria (2021).

Logo após a apresentação, propusemos aos estudantes a atividade extraclasse (tarefa de casa), conforme a descrição:

Quadro 23 - Atividade de pesquisa exploratória para pautar discussão em sala de aula

ATIVIDADE EXTRACLASSE: PESQUISA EXPLORATÓRIA
<p><i>Apresentamos em sala de aula diferenças entre debate científico e debate ideológico, além da significação da palavra controvérsia. Para avançarmos acerca do tema, investigue sobre o debate entre aquecimento global versus resfriamento global, como um exercício de posicionamento diante de uma ‘suposta controvérsia científica’, conforme a orientação a seguir:</i></p> <p>a) <i>Assista os vídeos de defesa de cada parte, ou seja, acerca do aquecimento ou resfriamento global, nos links a seguir:</i></p> <p><i>Parte do aquecimento global nos links:</i></p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=9CTEbLR_mp0 https://www.youtube.com/watch?v=1YBv10bVwfs</p> <p><i>Parte do resfriamento global:</i></p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=8AK9I-j-1iQ https://www.youtube.com/watch?v=zr9tpf2ydg</p> <p>b) <i>Realize uma pesquisa sobre a sua escolha: aquecimento ou resfriamento global. (Escolha um lado, seja parcial!)</i></p> <p>c) <i>Onde pesquisar? (Google Acadêmico, base Scielo).</i></p> <p>d) <i>Escreva uma síntese da sua pesquisa com as devidas referências e, no último parágrafo defenda o seu ponto de vista e indique os porquês de você defender o aquecimento ou resfriamento global?</i></p> <p>e) <i>Trata-se de um debate científico ou debate ideológico?</i></p>

Fonte: Autoria própria (2021).

No encontro seguinte, a partir da pesquisa exploratória dos estudantes, mediamos o debate em sala de aula, traremos algumas das manifestações dos estudantes no item de constituição de informações.

III. SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO

SEGUNDA INTERFERÊNCIA

Iniciamos a desconstrução do realismo ingênuo e empirismo claro dos estudantes, em relação ao conceito da sensação térmica, até porque poderiam existir, no ideário dos estudantes, certos obstáculos epistemológicos, que atrapalhariam os estudantes na compreensão do conceito de temperatura. Uma vez que, porque Muchenski e Miquelin (2015) apontaram possíveis obstáculos epistemológicos, que estudantes podem apresentar, ao associarem medidas subjetivas de temperatura a partir da sensação térmica, obstáculos que precisam ser contornados, na medida em que os estudantes imersos nas atividades da Cultura de

Laboratório, passam a utilizar medidas de caráter objetivo com os instrumentos disponíveis para experimentação, os termômetros.

Na figura 49, a descrição do experimento:

Figura 49 - Experimentação acerca do dado subjetivo da sensação térmica

4. EXPERIMENTANDO A SENSAÇÃO TÉRMICA

Material utilizado: (preenchido com anotações dos estudantes)

Procedimento: Escolha um dos integrantes do grupo. Coloque uma das mãos no recipiente com água gelada e a outra mão no recipiente com água quente. Espere 3 minutos e em seguida mergulhe as duas mãos no recipiente com água na temperatura ambiente.

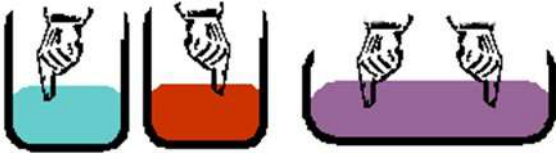


Figura 1: recipientes com água em diferentes temperaturas

a) A água do último recipiente está quente ou fria? Justifique.

b) Por que temos que esperar alguns minutos para concluir a experiência?

c) A sensação térmica observada neste experimento é uma boa maneira para verificar se uma pessoa está com febre? Aponte uma outra alternativa que permita verificar se um corpo está quente ou frio

Fonte: Muchenski e Miquelin (2015, p. 34).

Superadas as discussões suscitadas acerca dessa experimentação inicial, passamos para organização dos saberes conforme os pressupostos teóricos da seção 4.4 no item 1.1 do caderno pedagógico, sob o título: Na beira da praia, o que pode formar as brisas? E, as correntes marítimas? Além das questões acerca das brisas e correntes marítimas, também, perguntamos do porquê da diferença de aquecimento entre materiais, como a água e a areia.

Questões que, juntamente, com a problematização da possibilidade da “mini glaciação”, a partir de 2030, completaram o chamamento dos alunos, para os assuntos relacionados com as substâncias, propriedades e processos térmicos, os quais passam a ser tratados na seção 2, do caderno pedagógico, particularmente no item 2.1, sob o título ‘Um pouco de história: o saber calor da antiguidade ao contexto da termodinâmica na revolução industrial’. Procuramos mostrar na SD a construção do saber “calor” ao longo do seu tempo histórico, desde a Antiguidade até os contextos da termodinâmica na Revolução Industrial, para apresentarmos aos

estudantes como os conceitos científicos são aperfeiçoados ao longo do tempo, pelas comunidades científicas.

Porém, precisávamos transcender o tempo escolar para criar rotinas de estudo, para ampliarmos a percepção dos estudantes, com o aperfeiçoamento epistemológico dos saberes da termodinâmica, através da formação continuada dos estudantes, por exemplo, utilizamos o blog Racional & Empírico para que os estudantes acessassem o material de apoio do curso de Física. Vídeos e textos científicos disponíveis no blog podem ser vantajosos para estender o tempo escolar, pois nesse espaço de interação estabelecemos a extensão da sala de aula, em caráter formativo, com a iniciação dos estudantes na literatura científica. Para acessar o blog: <http://racionaleempirico.blogspot.com.br/>

Figura 50 - Print do blog: <http://racionaleempirico.blogspot.com>

The image shows a screenshot of the 'Racional&empirico' blog. The header features the blog's name in white text on an orange background. Below the header, there is a quote in Portuguese: "Se pudéssemos então traduzir filosoficamente o duplo movimento que atualmente anima o pensamento científico, perceberíamos, talvez, que a alternância do a priori e do a posteriori é obrigatória, que o empirismo e o racionalismo estão ligados, no pensamento científico, por um estranho laço, tão forte como o que une o prazer à dor. Com efeito, um deles triunfa dando razão ao outro: o empirismo precisa ser compreendido; o racionalismo precisa de ser aplicado." (BACHELARD, p. 11, 2009).

The main content area displays a post titled "Motor combustão interna" dated "sexta-feira, 2 de agosto de 2018". The post includes a section for "Apresentação" with a quote from Bachelard (2013, p. 279) about the need for rigor in science. Below the text, there is a photograph of a hand holding a smartphone over a green chalkboard. The chalkboard has handwritten text: "TOMADA 1" and the equation $m_0 = 0,7g$. The bottom right corner of the image also shows the same handwritten text.

On the left side of the blog print, there are sections for "Parceiros", "Seguidores (13)", and "Páginas", each with a list of links and small profile pictures.

Fonte: Autoria própria (2021).

O blog na forma de suporte pedagógico, serviu para embutir documentários do youtube, links de simuladores, artigos científicos, guias de estudos e propostas de atividades de pesquisa, além de repositório da produção de estudantes, por exemplo, os podcasts. Nesse sentido, auxiliou as sequências didáticas com leituras de textos acerca dos saberes que eram abordados em sala de aula. Outro viés do blog, é a criação de ambientes para discussão acerca das atividades propostas, por exemplo, a leitura do artigo 'A termometria nos séculos XIX e XX', da Revista

Brasileira de ensino de Física proposto na forma de atividade no blog:
<https://racionaleempirico.blogspot.com/p/blog-page.html>.

Figura 51 - Print de atividade sobre termômetros a partir do blog Racional & Empírico

Parceiros

Seguidores (13)



[Seguir](#)

Páginas

- Apresentação
- [REAÇÃO AO PODCAST SEREIA DA FÍSICA](#)
- [REAÇÃO AO PODCAST GATINHINHOS](#)
- [REAÇÃO AO PODCAST TRANSFERÊNCIA DE CALOR](#)
- [REAÇÃO AO PODCAST ". 273 GRAUS CAST"](#)
- [REAÇÃO AO PODCAST "MEU DEUS ESTÁ MUITO QUENTE"](#)
- [REAÇÃO AO PODCAST AQUECIMENTO VERSUS RESFRIAMENTO](#)
- [REAÇÃO AO PODCAST SOB CONTROLE](#)
- [REAÇÃO AO PODCAST COLD CAST](#)
- [Fisicast_Sereinha_Focató](#)
- [Fisicast_Cavalos_de_apo](#)
- [Fisicast_Ciclo_de_Carnot_- 273 GrausCast](#)
- [Fisicast_Ciclo_de_Carnot_ColdCast](#)
- [Fisicast_Combustiveis_Sob_Contr](#) ois
- [Fisicast_MEU DEUS ESTÁ MUITO QUENTE_2](#)
- [Fisicast_motor_combustão interna](#)
- [Fisicast_Gatinhos_Combustiveis](#)
- [Artigo de Boris Hessen_1 ano](#)
- [Artigo sobre termômetros_segundo ano](#)
- [Experimento de Oersted_terceiro ano](#)
- [Ilhas Interdisciplinares de racionalidade](#)
- [Síntese das Ilhas Interdisciplinares de Racionalid](#)

Artigo sobre termômetros_segundo ano

O objetivo da atividade é enriquecer a representação dos estudantes a respeito do tipo da física: temperatura. Para tanto ilustramos com um vídeo o artigo que trata de um instrumento objetivo de medida de temperatura, que trata-se dos termômetros. A seguir apresentamos os links do vídeo e do artigo:

[ACESSE AQUI PARA ASSISTIR: A conquista do frio](#)



Assistir no 

[ACESSE AQUI O TEXTO PARA LER: A termometria nos séculos XIX e XX_sbfsica](#)

Atividade proposta:

- 1) realize a leitura do artigo: A termometria nos séculos XIX e XX, da Revista Brasileira de ensino de Física com acesso no link acima, com atenção para identificar os princípios para construção de um termômetro e a descrição da sua montagem;
- 2) depois da leitura anote os princípios para a construção de um termômetro de líquido e, indique as principais escalas para medir temperatura e os detalhes das suas elaborações.
- 3) em seguida faça uma postagem das suas anotações no espaço próprio do blog/comentários.
- 4) também comente a postagem de pelo menos dois outros colegas cursistas, em relação aos princípios de construção escolhidos e contribua caso ele tenha esquecido de algum princípio.
- 5) identifique-se na postagem para a atividade ser considerada como completa, exemplo de identificação nome_2_ano_A_ou_B_Sion_Batel.

Fonte: Autoria própria (2021).

Até porque é função do blog auxiliar na imersão dos estudantes na literatura científica, para que o estudante na formação no trabalho acadêmico, familiarize-se e naturalize-se com a literatura científica, pois somente ao se acostumar com peculiaridades e tecnicidades dessa forma de escrita, é que eles poderão incorporar na sua própria cultura algumas das nuances dos nativos da ciência trabalhadora. A leitura do artigo do blog e a leitura vertical do documentário da BBC 'Zero Absoluto', auxiliaram o fechamento da interferência na medida em que construímos com os estudantes as escalas termométricas Fahrenheit, Celsius e

Kelvin, desde os seus contextos históricos, e, também, a construção histórica das relações entre as escalas.

Para ampliar o discernimento dos estudantes em relação aos conceitos da temperatura e do calor, em relação aos contextos históricos, sociais e filosóficos encaminhamos duas atividades extraclasse para os estudantes, atividades do item 2.1 do caderno pedagógico da seção 4.4, além da atividade sobre a obra de Joseph Wright (apêndice F). Por fim, encerramos a interferência com a mostra dos primeiros vídeos de divulgação científica dos estudantes a partir das 'Leituras de Física' do GREF.

TERCEIRA INTERFERÊNCIA

O processo de imersão dos estudantes no design de ensino buscou a naturalização e familiarização com o pensar e fazer ciência no laboratório da escola, na medida em que os alunos passaram a reconhecer nos trabalhadores da ciência, características essencialmente humanas, e, desta forma, as nuances das pessoas que atuam na ciência profissional não pareceram tão distantes das suas vivências estudantis no LabD de Física do CEP.

No que diz respeito, principalmente, em enfrentar situações problema, como por exemplo, em relação aos problemas típicos de ambientes que necessitam de conforto térmico, seja para os dias quentes ou os dias frios. No caso, quando propusemos aos estudantes, a tarefa de responder à questão: Qual a melhor temperatura para o nosso conforto térmico? (Atividade do apêndice G).

A problematização relacionado com trocas de calor e ambientação para conforto térmico, serviu para conectar as vivências dos estudantes com os assuntos da física térmica, de tal forma, que termos como quente, frio, temperatura, calor, energia térmica, condutores e isolantes térmicos, máquinas térmicas (ar-condicionado), potência, fontes de calor, isolamento térmico e condução térmica já não eram assuntos exclusivos Física, e sim, também, das vivências cotidianas dos estudantes.

Chegou o momento de associarmos os pressupostos teóricos da termodinâmica trabalhados até ali, com as técnicas dos aparelhos de laboratório, enfim, os saberes da termodinâmica, agora, passariam pela manipulação dos estudantes, ao manusearem os aparelhos inscrites na função de porta-vozes dos saberes científicos, ao conectarem a teoria aos fenômenos. Estes

fenômenos replicados em condições de contorno sob os modelos-réplica, acerca dos conceitos de temperatura, calor, capacidade térmica, trocas de calor, isolamento térmico, condução térmica e as máquinas térmicas. Todos eles investigados pelos termômetros, calorímetros, aquecedores elétricos, termopares e outros com a proposta da atividade experimental do apêndice H.

Porém, realizamos antes da prática experimental dos estudantes, alguns encaminhamentos para chegarmos na equação da capacidade térmica:

- a) A exibição de uma parte do episódio da série Beakman, que trata da capacidade térmica, no link: <https://www.youtube.com/watch?v=9u9slkesq00;>
- b) Realizamos experimentos de pensamento (I, II e III), conforme já descrevemos no capítulo 4, na seção 4.4 do caderno pedagógico no item 2.2.1, sob o título 'Calorímetros', os experimentos I e II para constituirmos no ideário dos estudantes o conceito de capacidade térmica, e no experimento III o resgate histórico do significado do equivalente mecânico da caloria.
- c) Ao final dos experimentos, enfatizamos sobre o fluxo natural de calor de um objeto quente para um objeto frio, experimentos sob a aproximação de um sistema isolado, ou seja, sem a perda de calor para a vizinhança. Nas práticas experimentais seguintes, trabalharíamos com sistemas fechados, ou seja, com experimentos realizados com calorímetros que permitem a troca de calor com a vizinhança, mas que não haveria problemas, haja vista que suas capacidades térmicas seriam devidamente consideradas.
- d) Por fim, aproveitamos para perguntar: Do ponto de vista da conservação da energia, é possível um fluxo de calor do corpo frio para o corpo quente, de forma natural?

O design de ensino que desenvolvemos, exigiu da nossa parte um outro olhar sobre avaliação, pois métodos convencionais de aferição de aprendizagem precisaram ser repensados para serem reformulados, tendo em conta atender nossas expectativas sobre as manifestações dos estudantes, sejam escritas e/ou faladas, que viriam a demonstrar um possível alargamento da racionalidade, a partir

do aperfeiçoamento do perfil epistemológico de saberes científicos, além da incorporação de tantos outros no ideário dos estudantes.

Diante disso, passamos a considerar várias outras formas de avaliação, desde o momento de aplicação de provas que transcenderam o tempo escolar, mas também os seminários a partir das ilhas de racionalidade, os vídeos e podcasts de divulgação científica. Em outras palavras, consideramos a aplicação do conhecimento na diversidade avaliativa, em diferentes instrumentos que utilizamos para avaliar os alunos, e, também, para investigar o quanto o design de ensino contribuiu para o seu letramento científico.

A seguir, por exemplo, impressões das avaliações do primeiro bloco de conteúdos relativos ao quadro 22.

TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO

QUARTA INTERFERÊNCIA

O contrato pedagógico que estabelecemos com a 2ª C, a partir da alegoria com a dupla face do Deus Jano, permitiu envolvermos os estudantes no design de ensino, que propiciou a sua atuação em debates, atividades experimentais, projetos de investigação científica, produção de mídias de divulgação científica e características no *modus operandi* dos alunos, de quem passou a pensar e fazer ciência, ainda na EB, claro de forma provisória, intuitiva com algumas nuances de natureza e prática dos trabalhadores da ciência.

À frente disso, para não decepcionar os estudantes já imersos na Cultura de Laboratório, de que estávamos trabalhando com eles uma outra proposta de ensino, tornou-se obrigatório apresentarmos uma modalidade de prova que se diferenciasse das típicas provas tradicionais, de simples aferição das chamadas “respostas corretas”, tão criticadas por Hodson (1994) e por Moreira (2014). Desta forma, na quarta interferência, depois de dezesseis aulas dos estudantes sob a imersão da nossa proposta de ensino teórico e experimental, propusemos a primeira “prova” parcial da disciplina.

Neste ponto do curso da termodinâmica, já contávamos com outras avaliações no processo de formação em trabalho acadêmico dos estudantes, desde os textos para discussão sobre vantagens e desvantagens da ciência e da tecnologia, a partir da leitura do ‘Julgamento de Thamus’ (apêndice D), que retiramos de Postman (1994). Além da exploração de atividades extraclasse para

transpormos o tempo escolar, tais como as atividades do blog Racional & Empírico, de investigação de assuntos controversos para debate em sala de aula sobre aquecimento versus resfriamento global, da produção de vídeos de divulgação científica, a partir dos textos do GREF sob a inspiração do discurso educativo de Richard Feynman.

Essa prova/avaliação encontra-se no apêndice J, desde já adiantamos que sua duração foi muito além das duas aulas planejadas de uma sexta-feira, tanto que exigiu a prorrogação para a entrega da prova, por e-mail ou Whatsapp até a noite da segunda-feira seguinte, ou seja, as equipes empenharam-se durante o final de semana para discutir e responder as questões da prova.

7.1.1.2 Máquinas térmicas e as leis da termodinâmica

Após vencermos essa etapa da prova, avançamos para a segunda parte do curso de física térmica, com a intenção de envolvermos os estudantes em processos mais complexos acerca dos saberes da termodinâmica, tanto nas atividades teórico-experimentais no LabD reformulado, como, também, nos processos de aprender por projetos de pesquisa. De tal forma, que passamos a abordar nas aulas os contextos epistemológicos, históricos e sociais acerca da fabricação das leis da termodinâmica e da máquina térmica como objeto tecnológico, em termos dos projetos de IIR em caráter extracurricular, portanto, iniciamos a especialização dos estudantes nas etapas das ilhas de racionalidade.

Utilizamos dos princípios de design I e II já consolidados em nossa proposta de ensino, avaliados e aperfeiçoados ao longo de 2016 e 2017, nos contextos que tratamos no capítulo 6, para trabalharmos tanto o conteúdo curricular relativo a termodinâmica, quanto da preparação dos estudantes para passarem a construir suas IIR. Portanto, a partir do quadro 20 do item 'C' da subseção 6.2, relativo a organização da sequência didática acerca das máquinas térmicas e a termodinâmica, e, também, os quadros 9 e 12 da subseção 6.1, relativo à síntese do curso da qualificação de estudantes nas etapas das ilhas de racionalidade.

A seguir o quadro-síntese relativo ao bloco de conteúdo sobre máquinas térmicas e as leis da termodinâmica, do curso de especialização nas IIR. Precisamos destacar que as sequências didáticas continuaram organizadas conforme os 3MP de

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), além do suporte a partir do caderno pedagógico do capítulo quatro na subseção 4.4 e do blog Racional & Empírico.

Quadro 24 - Síntese da segunda parte do curso de física térmica

ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E DA CAPACITAÇÃO EM IIR	
SD acerca da termodinâmica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apresentação de ilha de racionalidade sobre as máquinas térmicas (apêndice B); 2. Aulas a partir do quadro 20 do item 'C' da subseção 6.2; inclusive o suporte dos slides e guia instrucional do apêndice B, mas também com o suporte do caderno pedagógico a partir dos itens do caderno 2.5, 2.6 e 3. 3. Atividades teórico experimentais: <ol style="list-style-type: none"> a) Guia instrucional sobre máquinas térmicas e da 1ª e 2ª leis da termodinâmica/parte I. (Apêndice B/parte I do guia) b) Guia instrucional acerca do conceito da entropia. (Apêndice B/parte II do guia. c) Slides da apresentação da parte I do guia (apêndice B). d) Slides da apresentação da parte II do guia (apêndice L). 4. Atividades extraclasse a partir do caderno pedagógico e de Leituras de Física do GREF: <ol style="list-style-type: none"> a) Texto de leitura de aulas do GREF para produção de vídeo de divulgação científica: Aula 08: Calor e conforto Aula 09: Transportando o calor Aula 10: Cercando o calor Aula 11: Aquecimento e clima Aula 12: Aquecimento e técnica Aula 17: O mais frio dos frios <p>Disponível: http://aulasdefisica.com/download/gref/termo2.pdf http://aulasdefisica.com/download/gref/termo3.pdf</p> <ol style="list-style-type: none"> b) Atividade sobre o motor quatro tempos/ciclo Otto no simulador disponível no item 2.5 do caderno pedagógico, da seção 4.4. c) Flecha do tempo: a entropia e o tempo no item 2.6.3 do caderno pedagógico. 5. Segunda prova: de caráter teórico e experimental (apêndice K); 6. Retomada de conteúdo: acerca da termodinâmica; 7. Reavaliação semestral: termodinâmica. 8. Autoavaliação (apêndice M). <p>Total: 16 aulas.</p>
Capacitação em IIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quadros 9 e 12 da subseção 6.1; 2. Orientação acerca das ilhas de racionalidade por equipe; 3. Apresentação das IIR na forma de seminários; 4. Suporte: blog Racional & Empírico; 5. Canal de comunicação: Whatsapp. <p>Total: 04 aulas.</p>

Fonte: Autoria própria (2021).

Na organização dos projetos de IIR, além da capacitação conforme os quadros 9 e 12 da subseção 6.1, acrescentamos outras diretrizes para os alunos acerca das etapas da pesquisa, que descrevemos a seguir:

Orientações para a construção da ilha de racionalidade:

I. A equipe deverá apresentar um cronograma da pesquisa para os itens 1 e 2, com uma previsão de datas para cumprir a pesquisa nas fontes disponibilizadas.

II. Formação do grupo de whatsapp para cada equipe de pesquisa.

1. Questionamentos: elaborar um conjunto de perguntas acerca das dúvidas sobre o tema escolhido. A construção de tais questões deve procurar despertar orientar a curiosidade dos pesquisadores da equipe e dos possíveis interlocutores que tomarão conhecimento de tal pesquisa, em uma futura apresentação na forma de seminário.

2. Pesquisa exploratória da pesquisa: a equipe recebeu um acesso ao drive com um grupo de fontes de pesquisa do seu tema de pesquisa. Aperfeiçoamento das questões iniciais acerca do material de leitura que vier a ser pesquisado. Em outras palavras ampliar a pesquisa a partir da “abertura do drive” e, portanto, das caixas pretas. O cronograma solicitado deverá constar o planejamento das seguintes ações:

2.a) Lista dos estudantes e os seus respectivos interesses em relação as fontes de pesquisa a ele destinadas. Com as indicações dos possíveis pontos problemáticos/tensões.

2.b) A indicação dos estudantes e as respectivas caixas pretas que decidiram abrir. Com as indicações das decisões tomadas diante das encruzilhadas da pesquisa, ou seja, justificar as decisões quanto ao caminho escolhido em abrir uma caixa preta ou não. Os estudantes responsáveis pelas caixas pretas serão os especialistas internos do projeto. A escolha de tais especialistas acontecerá à medida que acontecerem a abertura das caixas pretas.

2.c). Sua pesquisa necessitará a consulta de especialistas e/ou técnicos na área, portanto, a equipe deverá escolher possíveis profissionais que deverão ser consultados. Aqui deverá ser indicado uma lista dos especialistas externos necessários a investigação.

3. Indo à prática: aqui realmente começa a pesquisa, apesar dos passos “1” e “2”, incluindo a pesquisa exploratória das caixas pretas e das tomadas de decisões iniciais, agora o desenvolvimento da pesquisa torna-se mais dinâmico. Como, por exemplo, a leitura do material disponibilizado no drive em termos da leitura dos textos, a consulta aos vídeos documentários, entrevistas com professores e com especialistas, examinar alguns equipamentos e pesquisar na internet.

4. Abertura aprofundada de alguma caixa preta para buscar princípios disciplinares, ou seja, as especificidades dos saberes e do seu ramo de estudo. Aqui, o grupo de whatsapp será fundamental para informação entre os especialistas internos/das caixas pretas e do professor. Este que poderá orientar os rumos da pesquisa, inclusive com a solicitação de sínteses das publicações e dos vídeos/documentários disponibilizadas sobre o assunto no drive.

5. Apresentação na forma de palestra: a equipe deve preparar um seminário sobre o tema escolhido. Em que os especialistas internos e suas caixas pretas serão apresentadas, com suporte nas sínteses produzidas acerca da leitura das publicações e da consulta nos vídeos documentários. Cada integrante fica responsável em construir slides relativo à sua parte da pesquisa/caixa preta. Durante o seminário deverá ser exibido um vídeo com duração de 4 min, com a função de divulgação científica.

6. a) Texto síntese da pesquisa: será um texto produzido a várias mãos dos especialistas internos do grupo, com o formato descrito a seguir:

- Título; Resumo; Introdução; Fundamentação teórica; Descrição da metodologia de pesquisa/detalhamento dos procedimentos da pesquisa de cada uma das caixas pretas.

b) Produção de Vídeo: composto do depoimento de cada especialista interno, explicando de forma informativa e formativa sobre a sua especialidade/caixas pretas

7.1.2 Constituição de Informações

INFORMAÇÕES RELATIVAS AO QUADRO 22

O primeiro bloco de interferências na turma da 2^a C, que constam no quadro 22, resultou em quantidade de dados expressiva. De tal forma, que nos ateremos em alguns pontos focais relacionados aos nossos pressupostos teóricos e, portanto, que fortalecem a defesa de que estudantes imersos na Cultura de Laboratório sob os seus princípios de design, podem sim, ampliar a racionalidade, na medida em que pensam e fazem ciência conectados com o ambiente escolar.

Ao olharmos no final das primeiras oito aulas, desde a abordagem da alegoria para representar a Ciência em construção e provisória, até a primeira

interferência relativa ao primeiro momento pedagógico, da problematização acerca das narrativas do aquecimento e resfriamento global, trazemos os primeiros dados de uma das equipes, a partir da atividade proposta no quadro 23:

Estudante 1: [...] só que depois que eu fiz toda a minha pesquisa, eu fiquei em dúvida comigo mesma, porque, será que eu fiz essa pesquisa sobre aquecimento global por que eu concordo ou por que, a minha vida inteira, me disseram que o aquecimento global é ruim? Porque eu lembro dos anos do colégio dizendo que o aquecimento global era ruim, que tinha que tomar cuidado com as coisas que a gente fazia no dia a dia, e eu só fui ver sobre resfriamento global esse ano! E agora que estou na dúvida.

Estudante 2: [...] voltando nessa parte política, eu vi aquele vídeo do resfriamento, e por acaso eu pesquisei sobre aquele cara que fez os comentários do resfriamento, e eu vi que ele é a princípio, do partido do Bolsonaro, e assim digamos, já que o Bolsonaro é um conservador da extrema direita, e a galera da extrema direita é a favor dos combustíveis fósseis.

Estudante 3: [...] eu não me envolvi em política, mas AMIGO, sobre o que você falou de a temperatura estar aumentando, ela estaria sempre subindo certo? E pelo que eu estava vendo, a sueca Vicky Pope, que está estudando no Royal Meteorological Society (Rmets), ela apontou que o degelo que teria diminuído comparado a 2007-2008, ou seja, ele está diminuindo com o tempo.

Estudante 4: [o que eu penso é que tem interesse político, [...] então tem cientistas com pesquisas financiadas por alguém, então tudo depende dessa pessoa que financiou essas pesquisas. Então às vezes essa galera que faz esse tipo de pesquisa, abusa muito das hipóteses, nos exageros de certas informações para dar esse cunho, e como são cientistas de renome, dá ainda mais essa contribuição.

Estudante 3: [...] geralmente a maior parte da comunidade científica, ela se baseia no IPCC, que o papel dele é administrar as avaliações regulares sobre as mudanças climáticas, então vai meio que acompanhando o que vai acontecendo ao longo dos vinte, trinta anos, das mudanças climáticas que vai aumentando, no caso está mais para o aquecimento global [...]

Estudante 2: [...] o aquecimento global, ou quer dizer, essas variações de energia na Terra, de temperatura já existiriam, e com a chegada do humano ficariam mais fortes, porque digamos assim, os humanos começaram a fazer máquinas térmicas e

todas essas coisas, que auxiliam nos processos de aumento da energia térmica no resto da Terra [...]

Estudante 3: [...] tipo, tem ideologia por trás, mas o que se manifesta, aparece mais no debate, é científico, baseado em dados, possibilidades etc. No meio eu digo cunho ideológico porque existem vários políticos que tem esse debate para tentar ganhar mais visibilidade por meio dos eleitores, organizações, prometendo acabar com tal problema climático, só que quando chega na hora, faz o oposto.

Estudante 1: [...] Acho que é ideológico [...] se não fosse disputado politicamente, eu diria que toda a comunidade científica entraria num consenso. Mas como as pesquisas são manipuladas pelos políticos, existe essa divergência e essa divergência é utilizada para diversas coisas [...] até para o apelo do agronegócio que obviamente não quer que o aquecimento se torne algo assim né [...] ninguém faria um manifesto dessa forma se fosse um debate científico, porque o que fica na ciência, só fica no jornal científico né? Os mais diversos debates científicos ficam só entre os cientistas, não entram em contato com o público [...].

No segundo momento pedagógico, relativo a organização dos saberes de parte do bloco de conteúdos da termodinâmica, realizamos a segunda e terceira interferências, nas quais estudantes tiveram a oportunidade de trabalhar com a história e filosofia da ciência nas atividades do blog Racional & Empírico, e, também, em discussões acerca da obra 'Experimento com um Pássaro numa Bomba de Ar' de Joseph Wright. Além das atividades de caráter teórico e experimental.

Aa seguir, a fotografia 23, mostra a manipulação dos aparelhos experimentais para investigação de saberes da calorimetria, conforme os guias dos nos apêndices H e I:

Fotografia 23 - Estudantes investigam a capacidade térmica de um calorímetro



Fonte: Autoria própria (2021).

A análise físico-matemática da capacidade térmica de uma das equipes:

Figura 52 - Cálculos da capacidade térmica do calorímetro de uma das equipes

I - Conhecendo a capacidade térmica do calorímetro de trabalho

Na tabela a seguir, anote os dados obtidos nos procedimentos para determinação da capacidade térmica do calorímetro, que será utilizado nos experimentos de calorimetria.

ÁGUA QUENTE			CALORÍMETRO		ÁGUA FRIA			TODOS (EQUILÍBRIO TÉRMICO)
$m_{aq}(g)$	$c(cal/g \cdot ^\circ C)$	t_{aq}	$m_{c.c}(cal/^\circ C)$	$t_i(^\circ C)$	$m_{af}(g)$	$c(cal/g \cdot ^\circ C)$	$t_{af}(^\circ C)$	$t_f(^\circ C)$
82,88	1	63	7,6	19	98,82	1	19	38

Cálculo da capacidade térmica do calorímetro utilizando o princípio das trocas de calor (Lei zero da Termodinâmica):

$$m_{c.c} \cdot c_{c.c} \cdot (t_f - t_i) + m_{af} \cdot c_{af} \cdot (t_f - t_{af}) = m_{aq} \cdot c_{aq} \cdot (t_{aq} - t_f)$$

$$7,6 \cdot x \cdot (38 - 19) + 98,82 \cdot 1 \cdot (38 - 19) = 82,88 \cdot 1 \cdot (63 - 38)$$

$$127,58x + 1877,58 = 2022$$

$$127,58x = 2022 - 1877,58$$

$$x = \frac{144,42}{127,58} = 1,132 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

Fonte: Autoria própria (2021).

Outra equipe encontrou outro valor para o seu calorímetro:

Figura 53 - Cálculos da capacidade térmica do calorímetro de uma das equipes

I - Conhecendo a capacidade térmica do calorímetro de trabalho

Na tabela a seguir: anote os dados obtidos nos procedimentos para determinação da capacidade térmica do calorímetro, que será utilizado nos experimentos de calorimetria.

ÁGUA QUENTE			CALORÍMETRO		ÁGUA FRIA			TODOS (EQUILÍBRIO TÉRMICO)
$m_{aq}(g)$	$c(cal/g \cdot ^\circ C)$	t_{aq}	$m_c \cdot c_c(cal/^\circ C)$	$t_c(^\circ C)$	$m_{af}(g)$	$c(cal/g \cdot ^\circ C)$	$t_{af}(^\circ C)$	$t(^\circ C)$
69,69	1	63°	9,37 cal/°C	19°	101,31	1	19°	36°

Cálculo da capacidade térmica do calorímetro utilizando o princípio das trocas de calor (Lei zero da Termodinâmica):

$$Q_c = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$m_c = 153,28$$

$$m_c + m_{af} = 254,54$$

$$m_{af} = 101,31$$

$$m_c + m_{af} + m_{aq} = 324,28$$

$$m_{aq} = 69,69$$

$$Q_c = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$m \cdot c \cdot (t_f - t_{aq}) + m \cdot c \cdot (t_f - t_c) + m \cdot c \cdot (t_f - t_{af}) = 0$$

$$69,69(36 - 63) + x(36 - 19) + 101,31(36 - 19) = 0$$

$$69,69(-27) + 17x + 101,31(17) = 0$$

$$-1881,63 + 17x + 1722,27 = 0 \rightarrow x = \frac{159,36}{17}$$

$$17x = 1881,63 - 1722,27$$

$$17x = 159,36$$

$$x = 9,37 \frac{cal}{^\circ C}$$

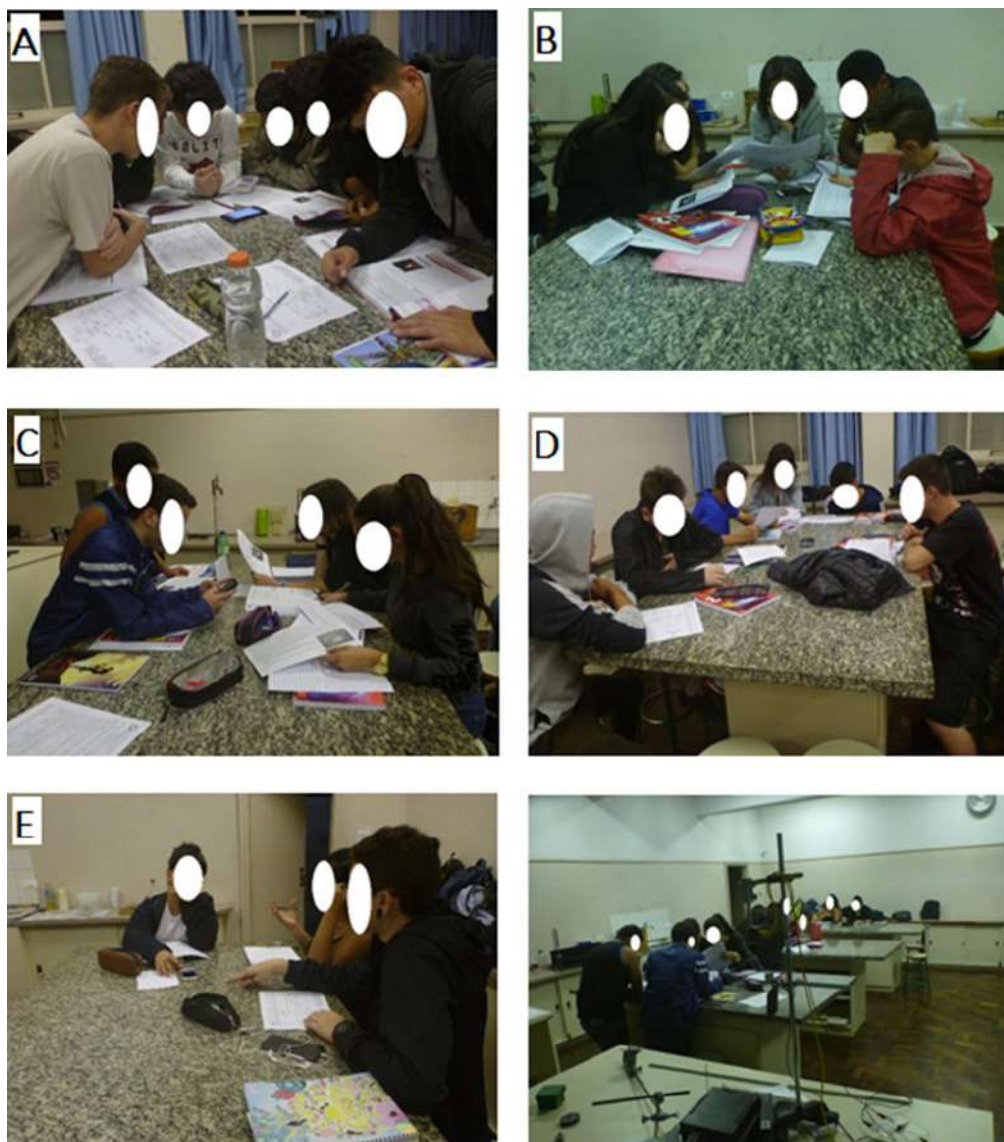
Fonte: Autoria própria (2021).

A diferença de valores entre as capacidades térmicas dos calorímetros, permitiu a retomada de conteúdo sobre a definição de capacidade térmica, e, também, para destacar que embora os calorímetros fossem do mesmo fabricante, pequenas diferenças de fabricação, por exemplo, relativo a massa do calorímetro, interferiram na sua capacidade térmica. Após superarmos a discussão acerca da capacidade térmica, voltamos a problematizar com outro contexto, agora em relação a atividade experimental teórico-experimental do apêndice I, sobre calor latente.

O processo de imersão dos estudantes nas primeiras dezoito aulas do curso de Física foi muito rico. Porém, por questões de delimitação desta investigação, escolhemos os dados relativos as manifestações dos estudantes, as quais se avolumaram ao aplicarmos a avaliação no terceiro momento pedagógico, com a aplicação da primeira prova parcial do semestre, prova que se encontra no apêndice J.

A seguir imagens das equipes:

Fotografia 24 - Coleção de imagens das equipes durante a realização da avaliação



Fonte: Autoria própria (2021).

Coletamos áudios das equipes durante a prova, além das suas conversas nos grupos de whatsapp, nestes diálogos apareceram aspectos que exploramos durante as interferências, vamos ater-nos na questão da prova relativa a pintura ‘Um experimento com um pássaro na bomba de ar’ de Joseph Wright of Derby, 1768. A seguir algumas impressões, a partir dos elementos simbólicos da obra que nos chamaram a atenção, por exemplo, a fala do estudante “V” ao descrever o casal de adolescentes da obra:

Estudante “V”: o casal de adolescentes está claramente apaixonado um pelo outro, [...] o que torna esse casal leigo para o experimento, [...] podemos associar isso a nossa realidade, é exatamente igual ao casal.

O mesmo estudante adiante traz a seguinte reflexão acerca do casal de adolescentes apaixonados:

Estudante “V”: a tecnologia e a ciência nos cerca o tempo todo, porém, só que a gente é tão leiga a respeito dessa tecnologia, que a gente transforma essa tecnologia em caixas pretas, porém a gente não pesquisa, a gente não se informa, a gente não procura se aprofundar dentro disso, a gente só fica na superfície, a gente não busca aperfeiçoamento verdadeiro, [...] a gente sabe usar esses objetos, mas não sabemos como eles funcionam realmente.

Ainda, em relação ao casal de adolescentes, temos a manifestação de outro estudante:

Estudante “M”: outro símbolo que tem, que é difícil de entender ele é o cara e a mulher lá se olhando, de um jeito como se fossem namorados e isso significa uma coisa totalmente diferente, que as pessoas da época do iluminismo eram contrárias a essa ideia, que no caso seriam os religiosos, daí eles não davam muita bola para a razão científica.

O estudante “M” traz algo que não discutimos em sala de aula, que ele religou com os saberes de história, talvez filosofia, veja a próxima fala do estudante:

Estudante “M”: Um dos simbolismos que é bem claro na imagem é que o lugar está sendo iluminado por apenas uma vela, que significa que é a luz do lugar, significa a razão, como foi pintado na era do iluminismo ela significava a razão sobre a escuridão, algo desse gênero.

Quanto ao homem com as duas meninas, temos as seguintes falas:

Estudante “V”: há duas meninas e um homem adulto, a gente deduz que seja o pai delas e, ele tenta convencer que aquele experimento tem um bem maior.

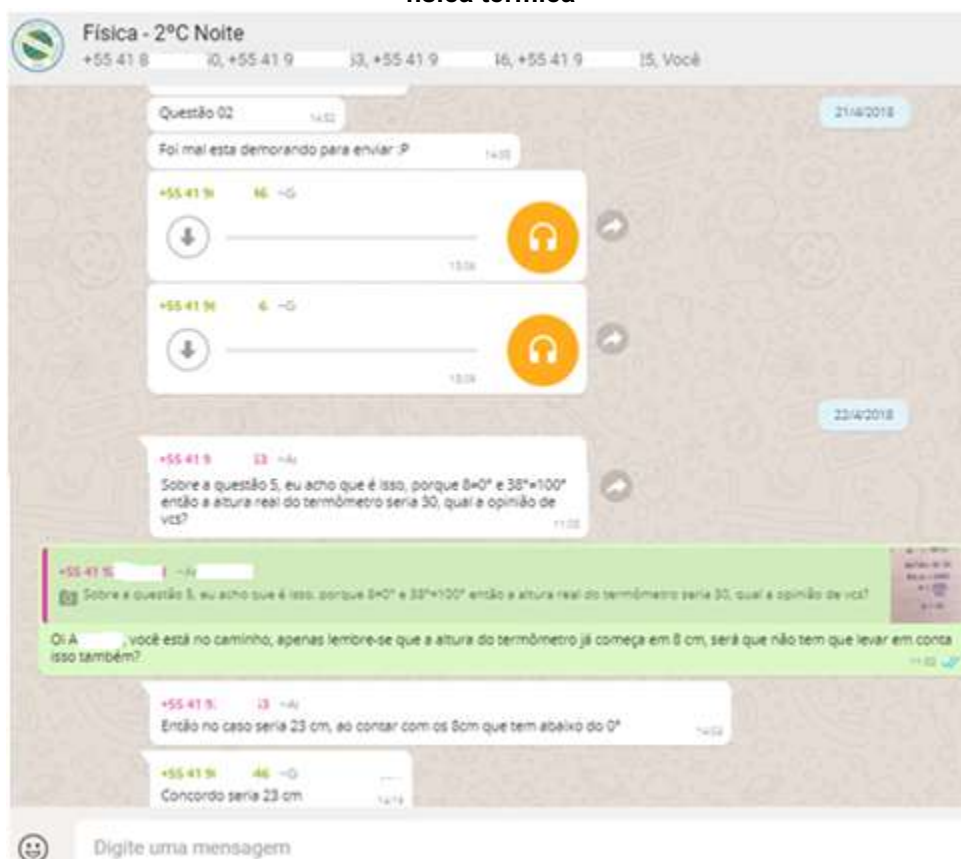
Estudante “A”: supostamente o pai está mostrando para as filhas o experimento sendo realizado e tentando convencer a filha mais velha que o experimento era em prol da ciência, [...] enquanto que a mais nova está interessada, pois ela não tem um conceito meio que ético.

Estudante “M”: outra coisa é o adulto e a criança, que estão do lado desse casal aí, que eles simbolizam o contrário disso, eles simbolizam as pessoas interessadas com a revolução do Iluminismo, as ideias científicas da época.

Houve, também, muita interação por troca de mensagens escrita e falada, por meio do Whatsapp. É importante destacarmos a data que aparece nos diálogos do Whatsapp, é relativo a primeira prova que ocorreu no dia 20/04/2018 (sexta-

feira), entretanto, as datas que aparecem nas conversas entre os estudantes, ao discutirem sobre a resolução das questões da prova, datam 21/04/2018 e 22/04/2018, portanto, no sábado e domingo, que obviamente transcenderam o tempo escolar dedicado a avaliação.

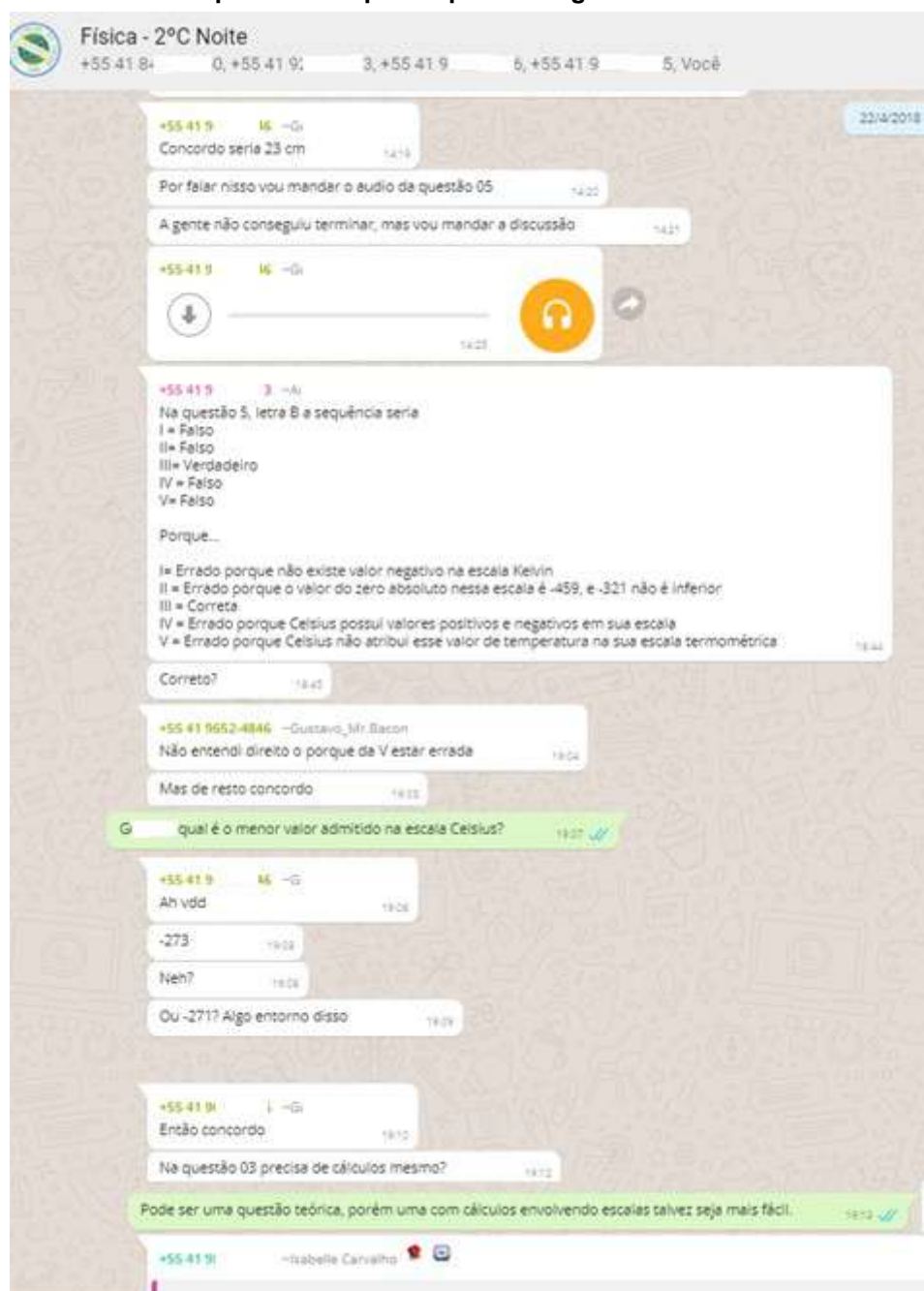
Figura 54 - Print dos diálogos de equipe acerca das questões da avaliação sobre saberes da física térmica



Fonte: Autoria própria (2021).

Em termos da perspectiva acadêmica, é rica a discussão sobre a resolução da questão sobre temperatura e escalas termométricas, referentes a questão 5.b da prova. Inclusive, durante a discussão, os estudantes corrigem-se mutuamente, além de possibilitar a minha interferência para contribuir com a discussão:

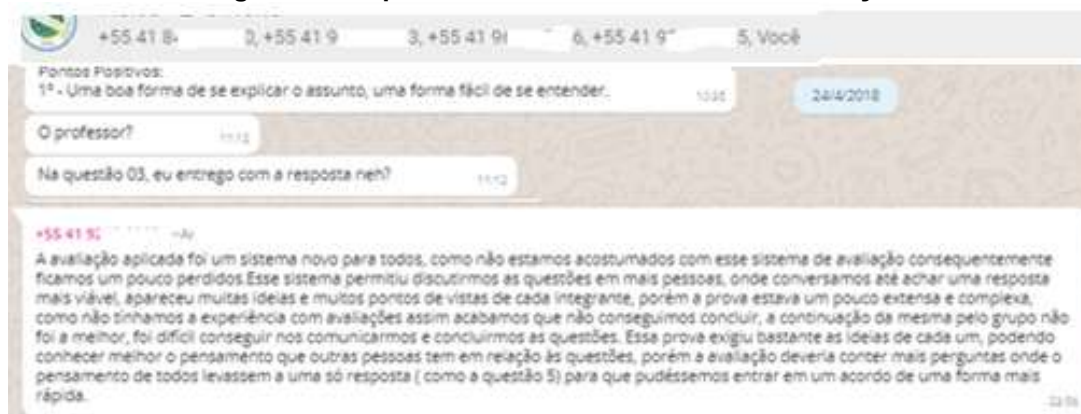
Figura 55 - Estudantes aprimoram o perfil epistemológico sobre o conceito de temperatura



Fonte: Autoria própria (2021).

A participação na prova aconteceu intensamente, também, nas demais equipes, inclusive surgiu um questionamento acerca da avaliação naquele formato:

Figura 56 - Impressões acerca do formato da avaliação



Fonte: Autoria própria (2021).

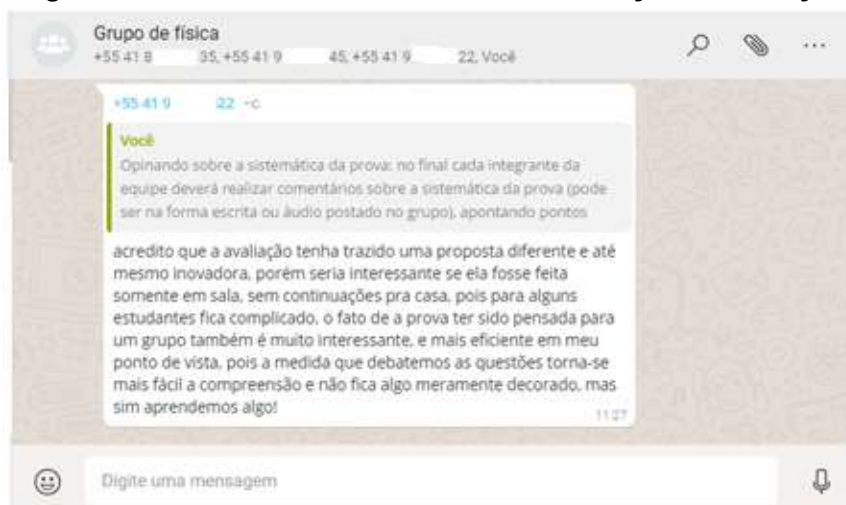
Os estudantes, praticamente, discutiram sobre a prova ao longo de todo domingo, desde as primeiras mensagens pela manhã, e, elas, continuaram durante o período da tarde e da noite, não estavam mais limitados ao tempo escolar, puderam pensar e discutir as questões sem a rigidez dos tempos de aula na escola.

OPINIÕES EM RELAÇÃO A PRIMEIRA PROVA

Para colhermos impressões acerca da prova, encaminhamos para cada grupo do whatsapp e por e-mail, com as diretrizes para o fechamento da prova do dia 20/04/2018: no final cada integrante da equipe deverá realizar comentários sobre a sistemática da prova (pode ser na forma escrita ou áudio postado no grupo), apontando pontos positivos e negativos, aqui também a participação é fundamental. Ou seja, o que cada integrante achou dessa modalidade de avaliação, sua contribuição será fundamental para o aperfeiçoamento da avaliação.

I. Estudante “C” da equipe “Grupo de Física” em 26/04/2018:

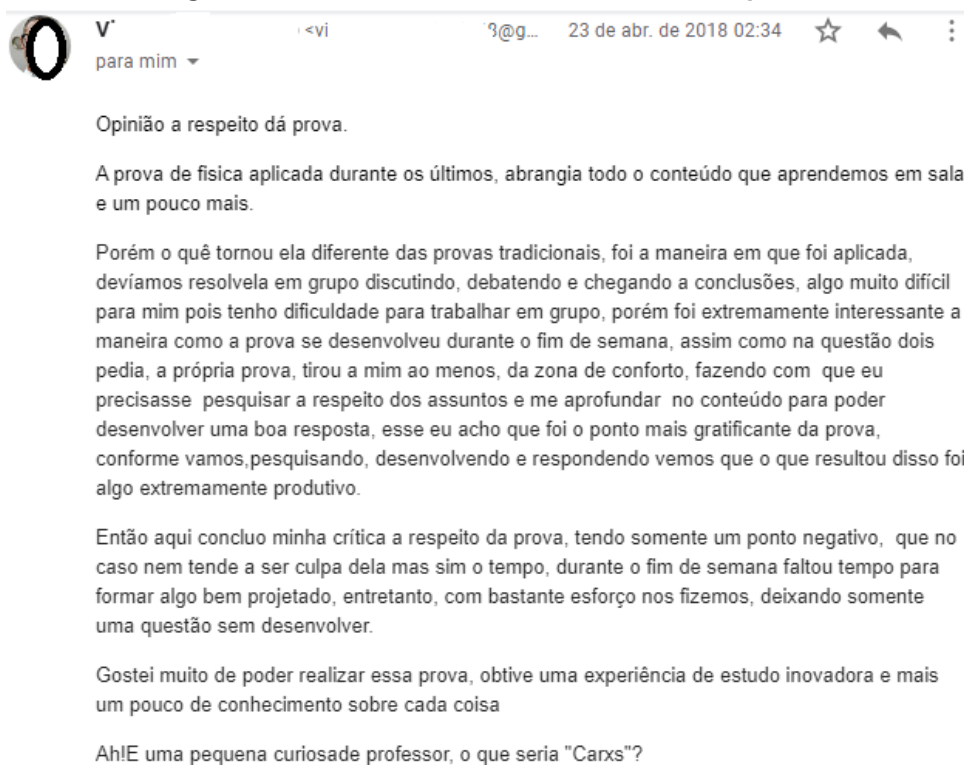
Figura 57 - Estudante "C" ressalta sobre a inovação da avaliação



Fonte: Autoria própria (2021).

II. Estudante "V" por e-mail no dia 23/04/2018:

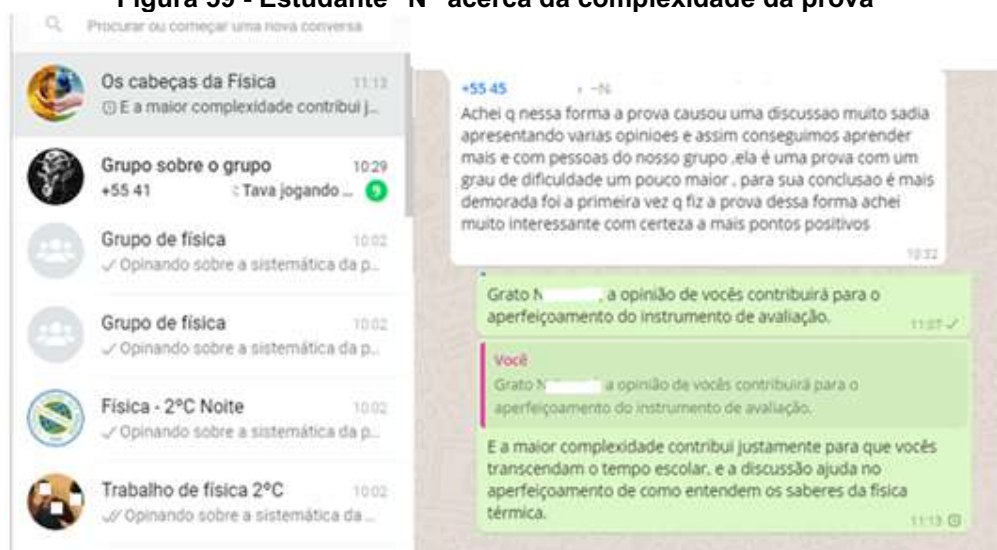
Figura 58 - E-mail do estudante "V" acerca da prova



Fonte: Autoria própria (2021).

III. Estudante "N" da equipe 'Os cabeças da Física' em 26/4.

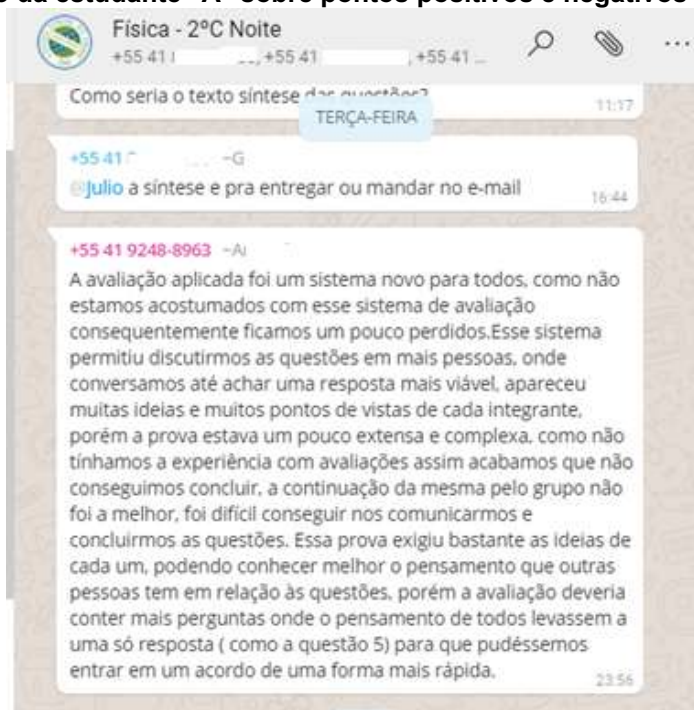
Figura 59 - Estudante "N" acerca da complexidade da prova



Fonte: Autoria própria (2021).

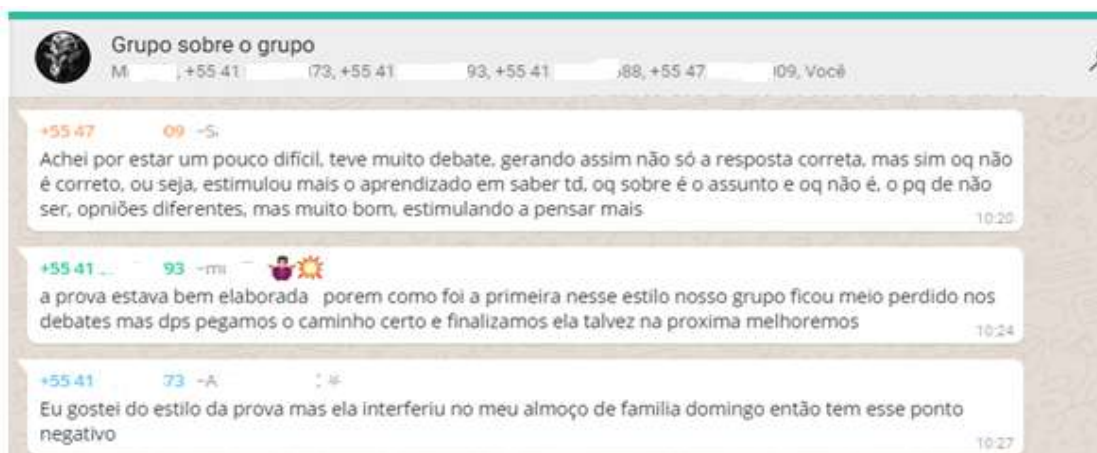
IV. Estudante "A" da equipe Física 2C (Whatsapp no dia 25/04/2018):

Figura 60 - Opinião da estudante "A" sobre pontos positivos e negativos acerca da avaliação



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 61 - Estudantes discutem sobre a forma alternativa da prova

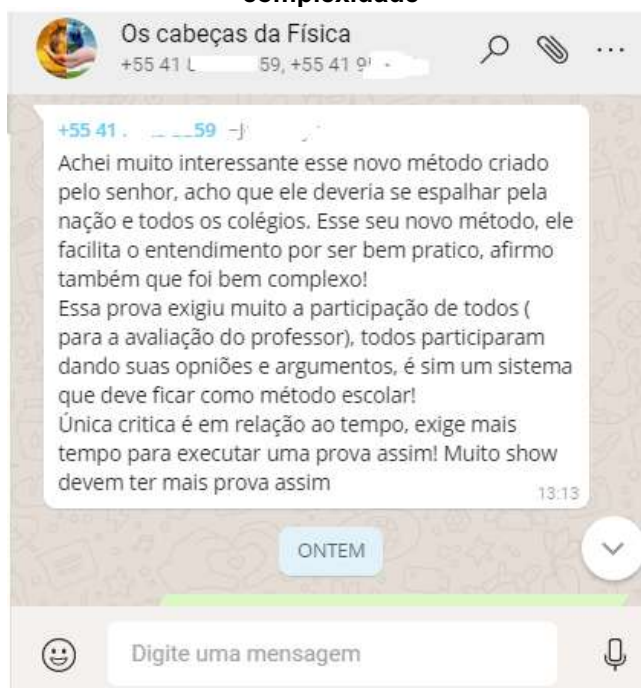


Fonte: Autoria própria (2021).

V. Estudantes “A”, “M” e “S” da equipe ‘Grupo sobre o grupo’ em 25/04/2018:

VI - Estudante “J” da equipe “Os cabeças da Física” em 27/04/2018:

Figura 62 - Estudante "J" menciona a praticidade da prova, mas também ressalta a sua complexidade



Fonte: Autoria própria (2021).

INFORMAÇÕES RELATIVAS AO QUADRO 24

Traremos aqui dados a partir da SD das aulas teórico-experimentais, e, também, sobre os projetos de ilhas de racionalidade dos estudantes, organizados de

forma que: 'a' para as informações que surgiram nas aulas teórico-experimentais e, 'b' relativo a construção das IIR.

a) Dados emersos das aulas teórico-experimentais

Apresentamos fotografias que representam momentos ao longo da aplicação da SD, desde o primeiro momento, com a problematização inicial do experimento de lançamento da rolha a partir do balão com água em ebulição, que constitui o início da investigação da primeira lei da termodinâmica (corresponde a parte I do guia instrucional do apêndice B), até a experiência com o modelo de bolinhas para investigar a segunda lei da termodinâmica, e, também, sobre a entropia (parte II do mesmo guia do apêndice B), em conexão com os motores de combustão.

Na fotografia 25, aparece ao fundo a projeção dos slides da apresentação da aula, na mesa o cilindro didático para a explicação dos quatro tempos do motor de quatro tempos (ciclo Otto), o balão de ensaio para a problematização da transformação de energia na explosão da rolha e a seringa para explorarmos a transformação isotérmica do ciclo de Carnot.

Fotografia 25 - LabD para investigação das leis da termodinâmica e o conceito de entropia



Fonte: Autoria própria (2021).

Fotografia 26 - Conjunto experimental para investigar a primeira lei da termodinâmica



Fonte: Autoria própria (2021).

Na fotografia 26, temos conjuntos experimentais com seringas de vidro em beakers com água e gelo e becker com ebulidor para cada equipe investigar a primeira lei da termodinâmica, em uma transformação isobárica.

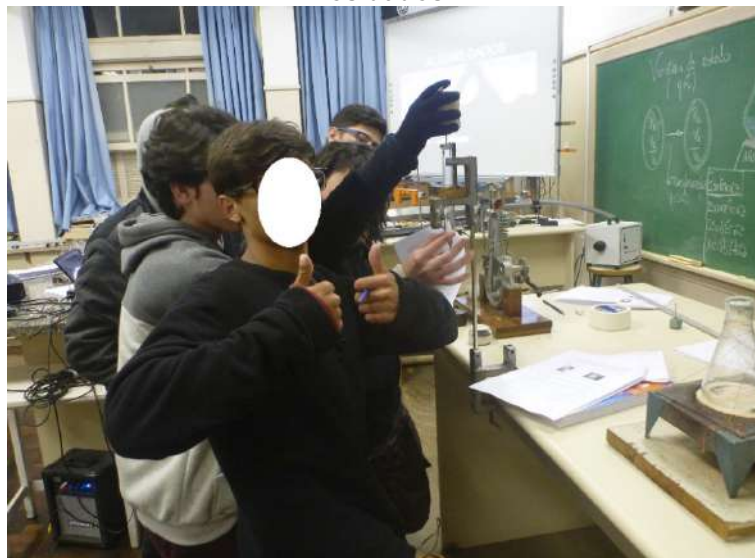
As fotografias 27 e 28 mostram os estudantes, ao manipularem o experimento sobre a transformação gasosa isotérmica, para compreenderem parcialmente o ciclo ideal de Carnot, haja vista que tem expansão e compressão isotérmicas. A manipulação dos aparelhos experimentais deu-se na forma de rodízio, em que os estudantes passavam nos experimentos para colherem os dados e, assim, trabalharem o guia da experimentação.

Fotografia 27 - Estudantes analisam e discutem o experimento da compressão e expansão isotérmicas



Fonte: Autoria própria (2021).

Fotografia 28 - Estudantes após pensarem o experimento, passam a manipulá-lo e registram os dados



Fonte: Autoria própria (2021).

Chamamos a atenção, que os estudantes a esta altura do curso de Física, já manipulavam o experimento com certa naturalidade, com alguma autonomia ao enfrentarem as problematizações, que surgiram nas intervenções a partir do guia de experimentação. Podemos dizer que estão familiarizados com o ambiente, e, também, com o pensar e fazer experimentais, a sala de aula já se tornou o seu laboratório, com algumas nuances comuns daqueles que pensam e fazem a ciência profissional. Na figura 63, as respostas acerca das leis da termodinâmica relativo a parte I do guia instrucional do apêndice B:

Figura 63 - Respostas acerca da primeira lei da termodinâmica

PROCEDIMENTO

- a) Montamos o aparato experimental mostrado na figura 2. Medimos o diâmetro do êmbolo da seringa, conforme mostrado na figura 3.



Figura 2: aparato experimental



Figura 3: medindo o diâmetro

- b) Calculamos a área de um círculo através da expressão $A = \pi d^2/4$. Sabendo que o diâmetro do êmbolo é 2,51 cm, ache a sua área em cm^2 .

$$A = \frac{2,51^2 \cdot \pi}{4} = \frac{6,30 \cdot 3,14}{4} = \frac{19,78}{4} \text{ cm}^2 = 4,945 \text{ cm}^2$$

- c) Variamos a massa sobre o êmbolo. Isto vai alterar a pressão sobre o gás. Lembre-se que $P = F/A$. A pressão atmosférica vale $P_{\text{atm}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Sabendo que $1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$, determine o valor da pressão atmosférica em N/cm^2 .

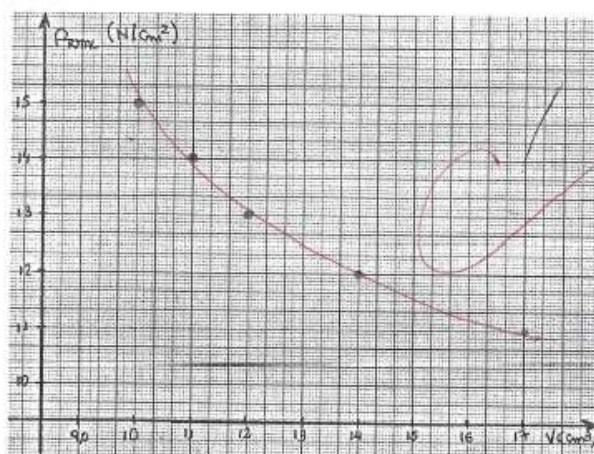
$$P = \frac{10 \text{ N}}{100 \text{ cm}^2} \quad \Bigg| \quad P = \frac{100.000 \text{ N}}{100 \text{ cm}^2} = \frac{100000}{100} \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 1000 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

- d) Lembre-se também, que a força exercida sobre a área do êmbolo é o peso das massas aferidas. Portanto, deve ser calculado por $F_F = mg$. Também, devemos lembrar que $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$. Com isto, podemos preencher o Quadro 1.

Quadro 1: Medidas de pressão e volume

$m(\text{kg})$	$F_{\text{peso}} = mg \text{ (N)}$	$P_{\text{massas}} = \frac{F_{\text{peso}}}{A}$ (N/cm^2)	$P_{\text{total}} = P_{\text{massas}} + P_{\text{atm}}$ (N/cm^2)	$V \text{ (cm}^3\text{)}$	$P_{\text{total}} \cdot V$
0,5	4,9	0,99	10,99	17	186,83
1,0	9,8	1,98	11,98	14,5	173,71
1,5	14,7	2,97	12,97	12	155,64
2,0	19,6	3,96	13,96	10,8	150,76
2,5	24,5	4,95	14,95	9,9	148,01
VALOR MÉDIO					162,65

- e) Construa o gráfico de P_{total} em função de V

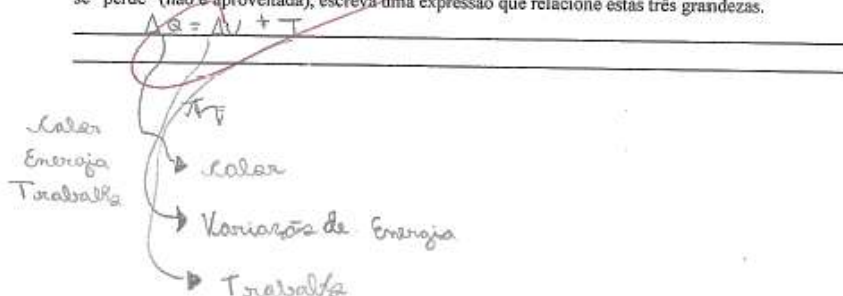


- 2) Após alguns minutos, meça o volume do gás a 0°C. Anote esse valor: $V_{inicial} = \frac{2}{3} \text{ cm}^3$
- 3) Leve a seringa até o recipiente contendo água quente. O que acontece? Por quê?
 A pressão continua constante porque a água quente fornece energia para a expansão do gás.
- 4) Anote o valor do novo volume: $V_{final} = \frac{3}{3} \text{ cm}^3$
- 5) Considerando que a pressão do gás equilibra a pressão atmosférica, qual seria o valor dessa pressão, em N/m²? 100.000 N/m^2
- 6) Determine a variação do volume em m³
 $0,000007 =$
- 7) Determine o trabalho realizado pelo gás durante a expansão, em Joules (J).
 $P = 100.000 \cdot 0,000007$
 $\rightarrow 0,7 \text{ J}$

CONSIDERAÇÕES

Nas máquinas térmicas, ocorrem a variação da energia interna da substância que a opera (vapor de água ou gases resultantes da queima de combustíveis) e o trabalho que elas realizam quando essa substância está em condições de empurrar o pistão. Ou seja, o funcionamento das máquinas térmicas envolve aumento de energia interna da substância de operação e trabalho, e ambos dependem da quantidade de energia, na forma de calor, que foi transferida à substância.

- a) No caso da seringa, qual substância transferiu calor externo para que o gás realize trabalho sobre o êmbolo?
 A água quente
- b) Considerando o simulador mostrado no início da aula, qual elemento transferiu energia externa ao combustível para que ele realizasse trabalho (considerando o primeiro tempo do ciclo Otto)?
 O motor
- c) Considerando a conservação de energia, e chamando o calor externo fornecido ao gás de ΔQ , a variação da energia interna do gás de ΔU e o trabalho realizado de τ , e, ainda, considerando que o trabalho representa a quantidade de energia útil (aproveitada) e a variação da energia interna, a quantidade que se "perde" (não é aproveitada), escreva uma expressão que relacione estas três grandezas.



Se vocês prestaram atenção no experimento e no esquema de uma máquina térmica, a energia é transferida de uma fonte quente para uma fonte fria, obtendo trabalho e um subproduto em forma de calor (a máquina esquenta). Do ponto de vista energético, seria possível a fonte fria fornecer calor à fonte quente? E se for possível acontece?

Não é possível porque a energia retorna para a fonte quente.

Fonte: Aatoria própria (2021).

As fotografias 29, 30, 31 e 32 mostram as equipes de estudantes envolvidas no modelo-réplica que escolhemos para investigar a segunda lei da termodinâmica, e a entropia (corresponde a parte II do guia instrucional do apêndice B). A partir de um recipiente plástico e algumas esferas de vidro, os estudantes ficaram completamente imersos e concentrados em contar esferas que atravessavam de uma divisão para outra do recipiente, para montarem e preencherem uma tabela, a

partir da qual fizeram análises estatísticas a respeito da entropia. Os alunos ao contarem a quantidade de esferas, depois das agitações, que ficavam em cada compartimento, e, depois, ao construírem o gráfico, puderam compreender melhor o conceito de entropia em termos estatísticos, e, também, a segunda lei da termodinâmica.

Fotografia 29 - Estudantes contam esferas que sobraram em cada divisão do recipiente plástico e preenchem a sua tabela



Fonte: Autoria própria (2021).

Fotografia 30 - Estudantes agitam o recipiente, para depois contarem o número de esferas



Fonte: Autoria própria (2021).

Fotografia 31 - Estudante imerso no experimento



Fonte: Autoria própria (2021).

Fotografia 32 - Estudantes imersos naquele espaço que chamam de seu laboratório



Fonte: Autoria própria (2021).

A seguir imagem das respostas acerca da entropia, relativo a parte II do guia instrucional do apêndice B, de um dos estudantes:

Figura 64 - Respostas do estudante da parte II do guia instrucional do apêndice B acerca da segunda lei da termodinâmica e entropia

COLÉGIO ESTADUAL DO PARANÁ – Ensino Fundamental, Médio e Profissional

Nome do aluno(a): ✓ N° 29 Série: 2 Turma: C

Nome do Professor(a): Julia Leon Data: 06/07/18

LABORATÓRIO DE FÍSICA

1. Observação inicial

Vamos pingar uma gota de corante em um recipiente com água. Obviamente ela se espalha. POR QUE O CORANTE SE ESPALHA?

Devido a sua conexão por vibração e batimento que faz com que toda molécula tem tendência a se mover e demandam uma probabilidade de se espalhar da qual se defendem. preferindo na busca do equilíbrio térmico preferindo por estados de menor energia.

Desafio: discuta com o grupo e admitindo a primeira lei da termodinâmica (que se trata de um princípio de conservação de energia), existe a possibilidade da água do recipiente contribuir e formar a gota na sua forma inicial.

a) Espontaneamente o processo de juntar a gota ocorre? Existe algum impedimento em termos da primeira lei da termodinâmica que proíbe tal evento? Justifique a sua resposta.

De acordo com um princípio da física há uma possibilidade de acontecer a mais a probabilidade de não acontecer. Então, mesmo a ter uma tendência a se juntar, a probabilidade de não acontecer é maior.

b) Este é um processo unidirecional irreversível. Mas, se ele fosse reversível (isto é, a vizinhança exerceria forças sobre as partículas de corante fazendo a sequência inversa para vir a formar uma gota de corante novamente) estaria violando alguma outra lei da física?

Não, de acordo com o princípio da física a probabilidade de acontecer a sequência inversa é maior. La a 1ª lei não é violada.

Em tom de provocação procure refletir com o seu grupo sobre as seguintes questões, depois disserte sobre as questões colocadas:

1.a. Do ponto de vista da primeira lei da termodinâmica (alicerçado no princípio de conservação de energia), existe algum impedimento de que por exemplo a vizinhança a taça estilhaçada, por exemplo as moléculas que constituem a atmosfera ao seu redor, possam recombinar as partículas da taça e ela voltasse a sua forma antes de ser quebrada? (Justifique a sua resposta).

Isso, nada impede que o sistema voltasse a ter uma tendência a se recombinar, mas no momento em que estão iniciando a dinâmica de um sistema há uma tendência a se recombinar imediatamente.

1.b. Falta uma lei que diga o que pode e o que não pode acontecer, que diga em que sentido energia prefere fluir? Algo que indique a seta do tempo?

Sim, a 2ª lei da termodinâmica introduz que a seta do tempo nunca virá porque sempre para a mesma direção da entropia.

3. UM MODELO INSPIRADO NA VISÃO ESTATÍSTICA DA ENTROPIA.

3.1 Abra o recipiente e veja a distribuição das bolinhas. É a mesma? O que mudou?

não continua igual, a distribuição das bolinhas se altera causando um equilíbrio para os dois lados.

3.2 Repita o procedimento várias vezes e complete o Quadro 1.

Número de eventos (Agitadas)	Número de bolinhas de gude em cada compartimento	
	Compartimento da direita	Compartimento da esquerda
00	20	0
01	17	3
02	15	5
03	13	7
04	12	8
05	12	8
06	11	9
07	11	9
08	11	9
09	11	9
10	12	8
11	13	7
12	14	6

3.3 Se você agitar mais "vigorosamente", o que acontece? O que significa em física "agitar mais vigorosamente"?

As bolinhas irão se espalhar em maior quantidade, e isso significa que o objeto possui uma quantidade de energia maior e mais agitada.

3.4 Consultando a tabela percebe-se que à medida que aumenta o número de eventos, o número de bolinhas em ambos os compartimentos tende a se igualar, tendo em vista que, o número de microestados de maior probabilidade de acontecer é aquele em as bolinhas se dividem igualmente em ambos os compartimentos. Para confirmar esta observação, construa o gráfico número de eventos x número de esferas.



Fonte: Autoria própria (2021).

b) Dados emersos da construção das IIR

Os projetos de aprender por pesquisa que envolvemos os estudantes a partir da sua capacitação em IIR, sob o princípio de design que desenvolvemos no primeiro ciclo iterativo ao longo de 2016 e 2017, conforme descrevemos ao longo do capítulo 6. Esses projetos são capazes de promover certa especialização dos estudantes em encarar a Ciência, os cientistas e os seus laboratórios de forma diferenciada, pois estes elementos já não se encontram tão distantes, ao menos em termos do *modus operandi*, do mundo da vida dos estudantes e da sua sala de aula. Traremos agora algumas das informações acerca dos projetos de IIR.

Vamos começar pela lista de temas abordados nas ilhas de racionalidade:

- I. A irreversibilidade temporal/cosmologia.
- II. Por que evoluímos?
- III. Comida ou veneno sobre a mesa?
- IV. A controvérsia sobre o aquecimento ou resfriamento global.

Escolhemos tratar da ilha interdisciplinar de racionalidade: *Comida ou veneno sobre a mesa?* Para expormos alguns dos aspectos do projeto, em relação a equipe do projeto, do tema, da escolha das caixas pretas e da divisão de trabalho, a partir da construção da questão clichê que elaboraram. Apresentamos, agora, alguns aspectos que os estudantes levantaram ao longo da construção das ilhas e da abertura das caixas pretas:

- *como calcular as calorias potencialmente disponibilizadas por uma certa quantidade de alimento? O laboratório de química poderia ajudar nessa questão? O quanto aproveitamos das calorias que ingerimos? Poderíamos falar em calorias boas e ruins do ponto de vista da física? E do ponto de vista nutricional? Do que trata exames de glicemia e de colesterol?*
- *a merenda escolar do CEP utiliza produtos orgânicos ou com agrotóxicos? Quais ações poderiam ser realizadas para melhorar a alimentação da escola? E a cantina da APMF como procede em relação a comida que é comercializada para os estudantes, em termos de origem natural ou industrializada? Como pode ser melhorado em termos de alimentação mais orgânica?*

- *identificar os principais agrotóxicos utilizados na agricultura e suas possíveis consequências em termos de possíveis doenças que estão relacionados? Por exemplo, os nitratos de amônia. E os remédios ministrados em animais, que depois de abatidos nos frigoríficos são consumidos pela população brasileira.*
- *chegou a hora de identificar os especialistas e estruturar as entrevistas.*
- *E a controvérsia entorno do Projeto de Lei 6299/02, também conhecido como "PL do Veneno", o que cada lado da controvérsia alega?*

A seguir o portfólio de pesquisa que os estudantes escolheram para auxiliar na abertura das caixas pretas:

➔ *Material de leitura:*

COSTA, Carolina Figueira da. **A boa comida no início do século XXI:** entre Carlo Petrini e Michael Pollan. 2015. Tese de Doutorado.

POLLAN, Michael. **O dilema do onívoro.** Editora Intrínseca, 2007.

WAICHMAN, Andrea Viviana. A problemática do uso de agrotóxicos no Brasil: a necessidade de construção de uma visão compartilhada por todos os atores sociais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, n. 125, p. 42-47, 2012.

➔ *Documentários do Youtube:*

SPURLOCK, Morgan; ISAACS, Daryl. **Super size me:** a dieta do palhaço. São José, SC: W Mix, 2004.

Entrevista de Michael Pollan no Programa Milênio da Globo News.wmv Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6CMnaoyORzY>.

Michael Pollan: Manifesto em defesa da comida
https://www.youtube.com/watch?v=3rWfbBlm_Vk


Michael Pollan legendado: <https://www.youtube.com/watch?v=-gzCBiTet6w>

O veneno está na mesa: <https://www.youtube.com/watch?v=8RVAgD44AGg>

Na medida em que os estudantes venceram as etapas da IIR, organizaram-se para a apresentação do seminário, a seguir os slides da sua apresentação:

Figura 65 - Slides da apresentação

COMIDA OU VENENO NA MESA




INTRODUÇÃO

Nossa pesquisa abordou as seguintes temas:


- Sobre o impacto da comida em nossas vidas;
- Como se começou a relação com a fase;
- Agricultura;

FALO COM TRANQUILIDADE.

ARTIGO - O DILEMA DO ONÍVORO OU COMO O PROCESSO DO HABER-BOSCH MUDOU O MUNDO




ARTIGO - O DILEMA DO ONÍVORO OU COMO O PROCESSO DO HABER-BOSCH MUDOU O MUNDO



ARTIGO - O DILEMA DO ONÍVORO OU COMO O PROCESSO DO HABER-BOSCH MUDOU O MUNDO


agora oke faso




VÍDEO - MICHAEL POLLAN

- Vídeo realizado com mais de cinco ingredientes;
- Não comer comidas com ingredientes que você não reconhece, as que não existem na natureza;
- Comida industrializada é um muito melhor do que segundo Michael Pollan é um ser vivo e que tem que morrer um dia e a comida industrializada é imortal;

VIDEO MICHAEL POLLAN



MICHAEL POLLAN + CARLO PETRINI




O VENENO ESTA NA MESA

- Introdução: O documentário aborda o uso de agrotóxicos no Brasil, o risco de contaminação do alimento, agrícola;
- Agricultor do meio do mato: mostra como os venenos, ligados com o sistema;
- Condições de produção em grandes fazendas: mostra o uso de agrotóxicos na agricultura;
- Exemplo: O Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos mundiais, sendo de 17% do mercado mundial;

O VENENO ESTA NA MESA


Agricultor Rebelde (RD) Azeiteiro: Assim como existem muitos agricultores que usam veneno em suas culturas, existem os que não usam. Há sempre, há uma minoria de agricultores agricultores rebeldes, que não querem pagar a máfia, nem a sua família, a essa agricultura.



O VENENO ESTA NA MESA


Conclusão:

Desde há sempre os agricultores e agricultores não pagando impostos de todos os tipos de impostos. Quando não tem algum problema de saúde, tudo de acordo com a União de Saúde e tudo que é vendido para mostrar o mundo de agrotóxicos e seu consumo, assim como a agricultura e agricultura de agrotóxicos.



FIM

Aline
Camila
Eduarda
Leonardo
Leonardo Gonçalves
Gabriela
Joaquim



Sentimos os estudantes muito à vontade durante a apresentação do seminário, que durou aproximadamente 1h e 7 min, com 40 min de apresentação e 27 min aberto às perguntas, com a minha mediação. A fotografia 33 mostra o quanto os estudantes possuem um certo pertencimento ao espaço do LabD de Física, o qual passaram a chamar de seu.

Fotografia 33 - Seminário enquanto síntese da IIR



Fonte: Autoria própria (2021).

Trataremos de alguns trechos das manifestações dos estudantes, que iniciaram pela apresentação do título:

Estudante 1: o título do trabalho: comida ou veneno na mesa? E nossa pesquisa busca responder os seguintes temas: o impacto da comida nas nossas vidas, sobre a comida e como ela se relaciona com a Física e os agrotóxicos?

Os estudantes abrem o seminário fazendo a relação do problema da intoxicação por veneno por meio da alimentação, portanto, um problema do seu mundo da vida e da sua relação com o conteúdo curricular. Na sequência, o estudante 2 destaca a figura do agricultor, com pontos positivos e negativos, pois é da pesquisa científica o olhar de viés mais crítico:

Estudante 2: sobre o agricultor, ele se expõe de uma maneira direta ao produto, quando ele vai passar na sua lavoura, tipo de café, trigo, de soja, ele vai acabar usando para acabar com o ataque de pragas. Então para ele controlar as pragas ele acaba usando os agrotóxicos. O agricultor é um profissional que muitos

criticam, poucos admiram e todos dependem, porque de fato, não conseguiríamos viver sem o agricultor, [...] toda nossa alimentação vai ter um produto dele, seja fruta, verdura, legumes ou grãos e cereais.

O estudante 2 trata da sua condição de potencial consumidor de veneno.

Estudante 2: O consumidor, que somos nós, compramos produtos envenenados nos hortifrúteis, hortifrúteis é aquele lugar no mercado onde tem fruta, verdura e legume, há contanto com veneno pois não há higienização necessária. Pois, quando o agricultor passa o agrotóxico, ele precisa lavar na colheita e deixar algum tempo para que o produto se ‘descontaminar’, no entanto, isso não acaba sendo muito feito, porque ele acaba perdendo dinheiro pelo tempo da espera.

O mesmo estudante, também, mostrou consciência ao chamar a responsabilidade para si e para a comunidade de modo geral, em termos de emprendermos ativismo contra o veneno na comida.

Estudante 2: a luta pela agroecologia não é uma luta dos agricultores, mas nossa e da comunidade, porque nós devemos nos conscientizar de que o agrotóxico não é só para controle de pragas, mas é para tornar o produto (frutas, verduras) muito mais barato, para que os agricultores aproveitem mais o espaço que ele tem, [...] pois o agrotóxico vai prevenir que as pragas entrem nas plantas para não haver maiores perdas, [...] e consiga vender mais.

Além da sua percepção que o agronegócio não deixa de ser um negócio, portanto, é claro que o agricultor precisa lucrar, entretanto, o estudante contribui ao afirmar que pode existir outro caminho alternativo e sem veneno, cuja a denominação que usou de “agricultor rebelde”:

Estudante 2: o agricultor rebelde, coloquei nesse termo pois a maioria dos agricultores que a gente conhece ou a gente tem aqui no Brasil, usam agrotóxicos, [...] e esse agricultor rebelde não vai usar, ele vai fazer uma agricultura orgânica sem nenhum agrotóxico, sem adubos industriais, ele vai usar tudo, todas as coisas naturais em sua horta, plantio e sua lavoura para que sejam mais saudáveis, pois com o agrotóxico ele acaba sendo contaminado e causa muito mal à saúde. Pois, [...] o manuseio de agrotóxicos e seu consumo causam câncer, intoxicação por substância tóxica e outras complicações.

Outra relação interessante do estudante, diz respeito ao governo federal, de certa forma, de enfraquecer os órgãos reguladores pautados na ciência, para aumentar a liberação de mais agrotóxicos.

Estudante 2: com os agrotóxicos o governo acaba liberando as taxas para diminuir o preço do agrotóxico, então ele acaba se tornando mais viável para o agricultor, tipo, o agricultor tem acesso muito maior a esse produto quase isento de impostos e alguns estados, ele é totalmente isento, ou seja, não tem nenhum imposto. E o agricultor rebelde, não tem auxílio do governo porque por exemplo, ele vai depender totalmente do clima, vai depender do sol, precisar da chuva, tipo, um período de estiagem meio prolongado, para ele vai ser uma perda da safra.

O estudante 2 concluiu com a declaração de uma espécie de mantra.

Estudante 2: AGRO É TÓXICO! Porque não é uma questão de ser um negócio apenas, é questão de vida pois sem a agricultura, sem o agro não vai existir vida para nós, [...] a gente começa a se conscientizar sobre a vida, [...] por questões de ética e, a fruta, verdura, legume e cereais, tudo isso a gente vai usar para recompor os nossos nutrientes, que nós precisamos. Pois, existem nutrientes, por exemplo, aminoácidos essenciais para sobrevivermos. Então a questão do agro é uma luta de todos, porque é a partir do momento que você consome o produto tóxico, contaminado é um problema que vai vir no futuro, cedo ou tarde, por isso a gente tem que se conscientizar.

O estudante 4 continua a palestra ao trazer o desenvolvedor do movimento *slow food*, o italiano Carlo Petrini.

Estudante 4: vou falar sobre o Carlo Petrini, italiano foi ele o desenvolvedor do movimento slow food, que é um movimento que vem em contradição com os conceitos de fast food que a gente tem na sociedade atual, que com a correria do dia-a-dia, na falta de tempo a gente acaba não se importando muito com a alimentação e se deixa levar por essas alimentações rápidas e fáceis. O slow food que na tradução literal seria comida lenta, é um movimento que se preocupa com o alimento desde a sua origem, diferente do fast food ele não se preocupa apenas com o prato final, porque o fast food seria basicamente um conceito que se preocuparia com a estética do alimento, sabor, não se preocupa muito com a saúde e a procedência desse alimento. E o slow food vem em contradição total a isso, porque tem a teoria que se preocupa com o alimento bom, limpo e justo. Bom seria o

alimento saudável, que tenha um bom sabor, sem ser prejudicial à saúde. Limpo seria o alimento que não prejudicaria o meio ambiente, ou seja, que seria produzido sem o uso de agrotóxico, de uma forma orgânica. E justo pelo fato de ter uma boa rentabilidade tanto para o produtor como para o comprador final.

Em conexão com o movimento do “slow food” de Carlo Petrini, o estudante 5 traz o jornalista e pesquisador Michael Pollan, que enriqueceu muito a apresentação.

Estudante 5: vou falar sobre o Michael Pollan, quem foi ele e o que ele fez em relação aos alimentos, quais as teorias que ele criou, vou falar um pouquinho do jornalista e ativista, no seu livro “dilema do onívoro” ele descreve quatro maneiras básicas sobre as quais a sociedade humana obtém os alimentos. A comida industrial, a fazenda orgânica, a fazenda autossuficiente e a relação do caçador-coletor, sendo defensor da boa comida e não industrializada e um forte crítico da ciência e nutrição, esse pensamento foi chamado de o nutricionismo que é uma ideologia que ele criou que coloca o nutriente do alimento como chave para se entender o que é o alimento.

Neste momento, o estudante 1 interpela o estudante 5 e contribui ao trazer um outro conceito o Haber-Bosch.

Estudante 1: antes nos Estados Unidos, [...] foram fazendo coisas diferentes e industrializando os alimentos, milho, essas coisas e derivados do milho. Pois o milho era a principal fonte de renda dos EUA daquela época. Analisando o artigo feito pelo Michael Pollan, no qual ele fala do dilema do onívoro e como o processo do Haber-Bosch mudou o mundo [...] pois alavancou a economia porque começou a industrialização dos alimentos, esse estudo do Pollan relaciona o milho e falta de alimentação saudável na nossa vida, tipo, porque a gente ao invés de comer produtos orgânicos, a gente come industrializados? Por que que a gente não investe em alguma coisa mais natural, mais saudável?

Um dos estudantes que assistia o seminário pergunta:

Estudante ouvinte: O que é, como é mesmo? Haber Bosch?

Estudante 1: Haber-Bosch! Está relacionado com a síntese da amônia, de como é feito os agrotóxicos, que ele pode ser transformado em sulfato de amônio, fosfato de amônia e inaudível. Isso é usado de uma maneira muito irresponsável, pensando no lucro dos alimentos e a gente não vê porque no dia-a-dia nunca

percebe, porque a gente não vai ler tudo que está escrito nos nutrientes lá trás do alimento, pois se lesse a gente não comia.

Uma vez respondido a dúvida do estudante a apresentação seguiu.

Estudante 5: como o Michael Pollan dedicou muito da sua carreira a estudar sobre a alimentação e o alimento, e publicou diversos livros e documentos. Neste sentido, vou falar sobre o alimento e a cultura social. Tem documentário que está disponível na Netflix, [...] que faz uma correlação com os 4 elementos né, fogo, água, ar, Terra e a relação do indivíduo e comida, [...] no primeiro episódio, fala sobre o fogo e traz algumas tribos bem afastadas como as tribos australianas, [...] que durante a semana eles fazem o que a gente faz aqui, normal e nos finais de semana, como algumas famílias têm o costume de ir para as igrejas, eles voltam para o campo para cultuar o elemento fogo. Que é daí a base de tudo que se come, da questão social também, eles inclusive defumam as crianças em agradecimento, não por questão de culto, mas em relação de deixar a criança mais produtiva [...] eles acreditam nisso.

Neste ponto, foi muito interessante a conexão que a estudante fez em relação a tribo australiana e a questão social.

Estudante 5: é muito interessante ver a questão social em torno do alimento porque a gente não come somente pelo prazer da comida e não só por necessidade física do corpo, mas tipo assim, meu Deus, preciso comer um “méqui” porque não tenho tempo de preparar meu alimento. E é nessa correria que a gente está. É interessante a ponte que eles fizeram com os indivíduos, a gente percebe que não damos bola para o alimento, a gente não vê o quão ele está caracterizado na sociedade, o quanto nós precisamos para a própria subsistência humana e o quanto isso é social, porque muitas vezes a gente vai fazer alguma coisa com um amigo, ou está saindo com alguém, o que a gente faz? Leva essa pessoa para comer! E isso é muito mais social do que uma necessidade. Por exemplo, ontem a gente estava lendo o artigo, eu não estava com fome, mas como a gente estava na frente do Burger King eu falei: vou comprar um sanduíche, porque foi uma necessidade e se eu não estivesse na frente de um fast food eu não compraria. A teoria do Pollan é bem interligada ao Carlo Petrini que é esse estilo de vida mais saudável e nos mostrar de onde vem o alimento e como a gente faz um uso dele, ou não, no meu caso.

A fala do estudante remete muito ao *métier* dos agentes da ciência profissional, basta ver quando atuam nos seus laboratórios, muitas vezes entre medidas nos visores, gráficos, lâminas, microscópios, etc. Eles discutem sobre os problemas de pesquisa, e, também, se relacionam socialmente, por exemplo, sentem vontade de comer um fast food com os colegas, enquanto discutem sobre os resultados das suas investigações. Inclusive, muitas vezes, investigações financiadas pela indústria que produz os agrotóxicos, outro ponto a considerar, é que esses agentes da ciência com seus laboratórios deixam de ponderar acerca dos impactos que as forças técnico-científicas podem causar negativamente nas vidas das pessoas.

Portanto, já não há dúvida que precisamos seguir os passos de Latour e Woolgar (1997), e passarmos a seguir os cientistas e conhecermos o seu *modus operandi* no laboratório e, um dos caminhos, é por meio da literatura técnico-científica, que assim como nas tribos australianas, diz muito da comunidade que a produz. Neste sentido, é que trazemos mais uma manifestação do estudante 1.

Estudante 1: queria complementar sobre o artigo, que eu não falei, o que o artigo queria dizer era sobre o desenvolvimento sustentável, pois o Michael Pollan era um cara super da natureza e tal, ele fez uma experiência com ele mesmo, ele saiu pra floresta caçar e ele falou que era uma vida muito difícil porque se a gente fosse viver do que a gente pegasse pra comer não ia ser possível, na opinião dele ia ser impossível, pois se fosse pra gente só comer saudável seria impossível porque é caro, não tem como, os cara forçam totalmente a gente viver industrializado, 100% da nossa vida, comendo “méqui”, essas coisas.

Esta passagem da palestra, mostra o quanto a mesma ciência que investiga o quanto o agrotóxico é prejudicial a vida, também pode trabalhar em favor da indústria, a partir de financiamentos, por exemplo, da indústria do petróleo, do fast food, do agronegócio e tantas outras. O viés CTS nas falas dos estudantes, foi muito contundente, haja vista as relações que foram capazes de fazer entre o mundo dos coletivos sociais e o mundo do capital, inclusive encontraram formas de se proteger e fazer algum ativismo contra, por exemplo, a comida industrializada, basta olhar a próxima manifestação:

Estudante 5: alguns meios para você comer de forma mais saudável no seu dia a dia, por exemplo, evitar comida com mais de 5 ingredientes, se você ler o rótulo e tiver mais de 5 ingredientes na composição, ou um nome impronunciável,

que você nunca tenha ouvido falar, não compre. Isso é uma forma de evitar comidas que vão te fazer mal. Não comer comidas com ingredientes que você não conhece ou não existam na natureza, por exemplo, nitrato de não sei o quê, ou aqueles nomes que são impossíveis de falar, que tem metade do alfabeto. A comida industrializada que dura muito, evite-as, pois, segundo o Pollan, a comida é um ser vivo e deve morrer um dia, a comida industrializada é imortal [...] imagine pegar uma torta que está há um mês ali, ou um cheetos que está há um mês na prateleira.

As demais IIR da turma da segunda série 'C', exploraremos em outros trabalhos a partir dos pressupostos teóricos que sustentam a Cultura de Laboratório.

7.1.3 Análise das Informações

Ao longo do segundo ciclo iterativo, avaliamos o terceiro e quarto princípios do design de ensino, é claro que antes foi necessário envolver os estudantes nos dois primeiros princípios da CL, até porque a utilização especializada do smartphone e o suporte para que o estudante venha a adquirir suficiência para tornar-se um influenciador em temas científicos, primeiro ele precisa aprender por projetos de pesquisa, além de se ambientar ao espaço de laboratório.

A ambientação que promovemos aos alunos no laboratório de Física do CEP, tornou-se fundamental para que eles sentissem um certo empoderamento, na medida em que se apropriassem do espaço e das technicalidades daquele laboratório, pois ao familiarizarem-se com os aparelhos do laboratório, com o trabalho coletivo, com os problemas abertos e fechados e com a literatura científica passaram a naturalizar-se com os processos que aconteceram a partir daquela sala de aula, devidamente, preparada para atividades teórico-experimentais.

Eles, basicamente, passaram a sentir esse espaço como seu, já não estranhavam o sentar em equipe, com a instrumentação espalhada pela sala de aula, portanto, já não era mais o laboratório de Física, passou a ser o laboratório em que eles pensavam e faziam ciência, enfim todo aquele mundo do LabD tornou-se natural no mundo acadêmico dos estudantes. Eles deixaram a usual passividade do reativo, para a impetuosidade do ativo e, essa mudança de atitude, foi fundamental para aumentar sua desenvoltura no desenvolvimento das práticas teórico-experimentais, além da fabricação das ilhas de racionalidade. Somente, assim, foi

possível potencializar a utilização dos seus aparelhos smartphones na função BYOD, e, também, a possibilidade de que eles buscassem a especialização nos fatos da ciência e nos objetos tecnológicos, para ampliarem a sua racionalidade com o aumento do seu capital científico.

Agora, quanto ao uso especializado do smartphone, no que diz respeito ao Whatsapp transformado para o viés acadêmico, o aplicativo contribuiu para incrementarmos esse ambiente de socialização de caráter mais informal e de entretenimento, na extensão da sala de aula e dos seus processos de ensino e aprendizagem. A utilização de celulares e redes sociais, em geral, pelos estudantes nas aulas, constituem motivos de reclamações dos professores, porém, no design de ensino decidimos enfrentar esses problemas, para transformar os aparelhos celulares e seus aplicativos em elementos auxiliares da formação acadêmica.

Tornamos, por exemplo o WhatsApp, um veículo de comunicação com os estudantes, para encaminharmos as mais diversas atividades acadêmicas, desde guias de estudos, orientações de pesquisa para construção das IIR e até na forma de ambiente avaliativo, quando permitirmos aos estudantes estenderem o tempo de prova para além do tempo escolar. Neste sentido, incentivamos a formação de grupos de investigação científica, para além do suporte das ilhas de racionalidade, auxiliar, também, no processo de preparação de seminários.

O smartphone já não se limitava mais somente as funções de diversão para o estudante, ele contribuiu, também, na função auxiliar de ensino e aprendizagem. O aparelho celular serviu à nossa Pesquisa-Aplicação, em termos da criação de um canal de registros de informações para analisarmos em termos do aperfeiçoamento dos princípios do design da CL, pois tivemos acesso contínuo aos diálogos entre os estudantes, além das constantes orientações das atividades para os estudantes, e, também, ao ampliarmos o tempo didático escolar para muito além das duas aulas semanais, portanto, alargamos as possibilidades de seguirmos academicamente esses estudantes fora da escola e do horário escolar.

Na medida em que inserimos o smartphone na função BYOD nas aulas, principalmente, como instrumento na função acadêmica, e, também, na forma de canal de interação entre os estudantes nos grupos e da minha mediação em orientar as pesquisas. Foi que surgiu no final da construção das IIR, com a apresentação dos seminários, a nossa percepção da desenvoltura dos estudantes durante suas apresentações acerca dos seus projetos de pesquisa, portanto, emergiu outro ponto

para transformarmos em princípio de design da proposta de ensino, justamente para explorar as potencialidades dos estudantes de tornarem-se influenciadores digitais em assuntos científicos.

Percebemos que depois de um semestre com a 2ªC do CEP, o ideal finalmente encontrou-se com a prática, quero dizer que na intersecção entre o teórico e o experimental, significa que os estudantes foram imersos na metodologia de ensino da Cultura de Laboratório, a partir da sua qualificação em objetos da ciência e da tecnologia como os descritos a seguir:

- Leituras de textos de divulgação científica e fichamentos;
- Atividades em equipe teórico-experimentais, avaliações e extraclasse;
- Utilização dos seus aparelhos smartphones e computadores, com a interação por e-mail, blog e os grupos de whatsapp;
- Nossas interferências nas aulas teórico-experimentais sobre os saberes da termodinâmica;
- Encaminhamentos de projetos de aprender por pesquisa a partir da capacitação nas ilhas de racionalidade;
- Produção de vídeos de divulgação científica a partir dos textos do GREF;
- Provas que não se limitaram ao tempo escolar em sala de aula, mas que transcenderam como atividade extraclasse;

Consideramos que os estudantes adquiriram uma certa desenvoltura nos objetos da ciência e da tecnologia, para enfrentar problemas relacionados e propostos em avaliações, as quais serviram para analisarmos as suas manifestações escritas e/ou faladas, que mostrassem o alargamento da racionalidade dos estudantes por meio do efetivo letramento científico. De tal forma, que podemos dizer que a CL passou a fazer parte da cultura geral dos estudantes. Diante disso, sentimos confiança em afirmar que estavam mais aptos para enfrentarem problemas do seu mundo da vida, com olhar mais crítico, mais desconfiado, mais curioso e com a consciência de que existe complexidades nas suas vivências cotidianas. No final do semestre, pedimos impressões dos estudantes na forma de áudios acerca do design Cultura de Laboratório,

A seguir transcrições de algumas das impressões:

Em relação as aulas teórico-experimentais no LabD reformulado.

Estudante 1: [...] as atividades experimentais e o suporte teórico me ajudaram muito a entender toda a matéria abordada, pois pude ver onde elas são

usadas, que geralmente é onde eu sinto uma grande dúvida, porque como muitos amigos meus dizem: ah, onde eu vou usar isso? Eu posso dizer onde eu uso cada matéria que a gente aprendeu.

Estudante 2: [...] no laboratório o professor podia aplicar na prática para que servia aquela determinada fórmula, ele conseguia desenvolver desde o início, como por exemplo, em respeito as temperaturas, ele começou trazendo vídeos pra gente, para explicar que o calor, no início, eles estavam desenvolvendo termômetros, que houve um período que eles achavam que o frio era uma substância, [...] vieram bastantes assuntos, como entropia e coisas assim, [...] então eu acho realmente que esse tipo de ensino no laboratório pode ser muito mais eficiente do que em sala de aula, que eu aprendi esse ano nas aulas dentro do laboratório, eu vou levar para o resto da minha vida.

Estudante 3: [...] sabemos que as experiências nos fazem entender como tudo funciona, sendo assim, esse semestre tendo aula em laboratório conseguimos aprender e entender muito mais do que somente fórmulas e como aplicá-las em exercícios.

Estudante 4: [...] no laboratório a gente aprende a história, como funcionam as coisas, é sobre tudo.

Os estudantes mostram o quão significativo foi a aprendizagem de saberes da termodinâmica, a partir da sua construção história desde as suas primeiras inscrições observadas *in loco* nos instrumentos disponíveis no laboratório. Essas percepções dos estudantes evidenciam a importância de o laboratório proporcionar atividades teórico e experimentais sob o cenário de contextos reais dos processos de fabricação dos saberes sábios, com a valorização de aspectos da história, filosofia e sociologia da ciência.

Em relação às representações da ciência.

Estudante 1: [...] a ciência é algo que sempre está se renovando e o modelo científico é algo muito interessante, pois é criado uma representação para explicar a realidade.

Estudante 2: [...] toda a minha sabedoria eu posso dizer que é um tipo de ciência, mais específico na parte da Física, me ajudou bastante a compreender toda essa área que foi me proposta esse ano e que eu vou levar para vida [...]. Não, nunca foram certas no decorrer da história, pois sempre havia suposições já que nosso conhecimento jamais será total, será sempre parcial e assim como muitos

filósofos, como a gente estudou, eles não são totalmente certos, sempre a ciência está em constante evolução e elaborada por nós humanos.

Estudante 5: [...] outros filósofos diziam que era preciso ir além e que a ciência necessitava de experimentos, tinha que ter a prova, resultado do experimento. Mas na minha concepção, a ciência é todo o conhecimento...]

Estudante 6: [...] A ciência nem sempre é a correta como vimos, alguns cientistas cometiam erros ao longo de suas experiências e acabavam publicando algo errado...]

Estudante 7: [...] A ciência se mostrou mais interessante este ano, não por de fato tornar-se mais interessante, mas por nos ter sido apresentada de uma outra forma. Podemos descobrir ao longo do ano que os modelos científicos têm sofrido alterações...]

Estudante 8: [...] a ciência é algo que ajuda a compreender fenômenos naturais e artificiais... muitas vezes os debates são algo muito comum na ciência...]

Estudante 9: [...] acho que os modelos científicos não foram sempre corretos, porque eles passaram por diversos experimentos por várias teorias e de vários matemáticos, filósofos, acho que eles foram aperfeiçoando e alguns até hoje não se tem tanta certeza.

A partir das manifestações dos estudantes, fica evidente de que eles formaram imagens de uma ciência em construção, expressões como “*modelos científicos têm sofrido alterações*” ou “*modelos científicos não foram sempre corretos [...] passaram por diversos experimentos [...] eles foram aperfeiçoando e alguns até hoje não se tem tanta certeza*”. Evidentemente, eles possuem percepções de que paradigmas científicos são provisórios, falíveis e de fabricação essencialmente humana. Representações dos estudantes que os auxiliam em não mitificar a ciência, e, sim, compreendê-la a partir do conhecimento dos seus reais contextos da atividade e natureza da produção científica.

Em relação às atividades em equipe, por exemplo os seminários.

Estudante 1: [...] quando você faz trabalho em grupo tem mais de uma opinião para as coisas e assim você pode ver uma só coisa de várias formas, vários pontos de vista.

Estudante 4: [...] o grupo as vezes se tornava algo difícil, [...] Porém quando eu fui para outro grupo, no qual todo mundo colaborava e rendeu mais ainda a produtividade da equipe, e a gente pôde perceber que o conteúdo que estávamos

aprendendo ali, não era algo comum, simplesmente passado por passar, era algo que a gente estava compreendendo, e que a gente podia explicar para alguém, se considerar um especialista mesmo naquilo, [...] através do seminário que ele passou, de aprender por pesquisa, a gente se aprofundou aos poucos e quando a gente viu, já estava querendo cada vez mais pelo assunto.

Estudante 5: [...] quando há uma ajuda coletiva e juntamos um pouco do que sabemos fica mais fácil e mais interessante o estudo da ciência e assim conseqüentemente a vontade de aprender e ter uma base dos saberes científicos [...] fazer esses seminários e de trabalhar em equipe, muito foi agregado, coisas como as relações sociais, nos mostrando que existe uma necessidade com a responsabilidade de fazer pois o outro necessita de ajuda [...] os seminários têm como o objetivo conhecermos diversas vertentes do saber através do que nossos colegas que pesquisaram e aprenderam.

Diante dos resultados que obtivemos com estudantes imersos na CL, e na potencialidade que observamos nos seminários que apresentaram, decidimos em 2019, experimentar a CL em mais uma turma de 2ª série, agora para incentivar os estudantes a produzirem conteúdo de divulgação científica na forma de podcast.

7.2 ESTUDANTES “TAGARELAM” ACERCA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA

Ao desenvolvermos os quatro princípios do design da Cultura de Laboratório, passamos a considerar que estudantes ao se especializarem às técnicas típicas da ciência trabalhadora, ao conhecerem mais acerca da fabricação dos fatos, e, também, do quanto as forças técnico-científicas correlacionam-se com o mundo da vida dos coletivos sociais, poderiam vir a influenciar outras pessoas, através da divulgação científica por meios digitais.

Acreditamos que há uma lacuna, por exemplo na internet, que absorveria comunicadores especializados em fatos da ciência e aparelhos tecnológicos, até porque poderia constituir um movimento de resistência, além de constituir certo ativismo contra os negacionismos das áreas do conhecimento, principalmente, no cenário atual da era pós-verdade, em que sob a bandeira da democratização da informação, relativizou-se o consenso científico, não por teorias concorrentes como Kuhn (2012) diria, mas sim, muitas vezes, por meros terraplanismos ou

simplesmente por meio da presunção da dúvida acerca dos fatos. É bom deixarmos claro, que não estamos defendendo aqui qualquer tipo de censura a liberdade de expressão, mas sim desconstruirmos a informação falsa que se produz de forma intencional!

Já defendemos, obviamente, ao longo do trabalho, que o olhar para a Ciência deve ser crítico. De tal forma, devemos acatar os modelos científicos, somente depois de dissecá-los e convencermo-nos pela própria compreensão do processo de fabricação do fato, desde a primeira sentença e da controvérsia mais quente, até a estabilização do fato. Portanto, não pedimos a crença cega aos cânones científicos, mas uma aceitação pela instrução com significação, por meio do letramento técnico-científico.

À frente disso, parece óbvio que não se pode relativizar tudo na ciência, pois corre-se o risco de não diferenciar o que se trata de consenso científico ou de negação da ciência, de debate científico e/ou de debate ideológico. De tal forma, a escola, por meio da educação científica, precisa contribuir com os coletivos sociais, para que por meio do conhecimento das forças técnico-científicas que emergem do laboratório, possam, a partir da naturalização e familiarização do *modus operandi* de trabalhadores da ciência, enfrentar as falsificações dos paradigmas científicos, pois apreciar uma boa disputa de laboratório contra laboratório, ciência contra ciência, é extremamente saudável para se aperfeiçoar as versões de como representamos a realidade.

Como enfrentarmos o método de negação da ciência? Consideramos que por meio da CL, podemos contribuir para a educação científica dos estudantes, para que se tornem agentes de resistência e de enfrentamento contra aqueles que atacam o consenso científico, na posição de especialistas acerca dos fatos da ciência e dos objetos tecnológicos, podem chamar a atenção de outras pessoas, por meio digital, para aproximar elas do *modus operandi* do que acontece no chão dos laboratórios, para que as pessoas possam conhecer mais sobre o que acontece naquele espaço de pensar e fazer científicos e como 'coisas' que emergem de lá, influenciam os coletivos sociais. Portanto, com a intenção de contribuir para a especialização dos estudantes, em termos da racionalidade de cunho mais científico, passamos a considerar também a preparação dos estudantes à produção de podcasts de divulgação dos temas da ciência e da tecnologia.

Neste sentido, depois das vivências com as turmas de estudantes ao longo de 2016, 2017 e 2018, quando seguimos as equipes e as suas fabricações das IIR, principalmente, quando apresentaram as sínteses dos seus projetos de pesquisa na forma de seminário, é que decidimos realizar a experiência com a turma de 2ª série do ensino médio, em 2019. Depois da imersão da turma na Cultura de Laboratório, portanto, com alguma especialização nos quatro princípios do design de ensino, e nos mesmos moldes que trabalhamos com o 2C do CEP, em 2018, e que descrevemos na seção 8.1. As equipes, em 2019, de estudantes passaram a fabricar material de divulgação, essencialmente digital, por meio de podcasts.

Disponibilizamos as produções em dois endereços nos links:

- a) Blog Racional & Empírico: <http://racionaleempirico.blogspot.com/>
- b) Na conta Fisicast no Soundcloud: <https://soundcloud.com/>

É interessante no blog, pois os estudantes podem, além de acessar os áudios, tecer comentários acerca de cada produção, pareceu-nos um ambiente rico para os estudantes aprenderem sobre os temas abordados, e, também, através das interações, ficarem cientes da repercussão dos trabalhos, a partir de eventuais críticas nas postagens, para, assim, buscarem o aperfeiçoamento dos podcasts. Já no Soundcloud, caracteriza muito o perfil de podcast, pela disponibilidade pública e com aparência de faixa de rádio, que condiz com essa forma de divulgação de conteúdo, uma faixa de rádio que você pode ouvir em qualquer momento e sobre qualquer assunto.

A seguir os links das produções dos estudantes:

- a) Grupo: Sereia da Física (produção performática na forma musical).

Ciclo Otto

<https://soundcloud.com/julio-cesar-muchenski/serinha-pocoto>

Calor e temperatura

<https://soundcloud.com/julio-cesar-muchenski/sereia-da-fisica>

- b) Grupo: -273 GrausCast (produção performática de encenação de programa de rádio).

Ciclo de Carnot:

<https://soundcloud.com/julio-cesar-muchenski/ciclo-carnot-273grauscast>

Limites da temperatura

<https://soundcloud.com/julio-cesar-muchenski/voz-002-1>

- c) Grupo: Meus Deus! Está muito quente (produção performática de rádio novela)

Calor específico e capacidade térmica:

<https://soundcloud.com/julio-cesar-muchenski/meus-deus-esta-muito-quente>

Entropia:

https://soundcloud.com/julio-cesar-muchenski/meu-deus-esta-muito-quente_2

- d) Grupo: ColdCast (performance de encenação humorística)

O mais frio dos frios:

<https://soundcloud.com/julio-cesar-muchenski/cold-cast>

Ciclo de Carnot:

<https://soundcloud.com/julio-cesar-muchenski/ciclo-carnot-coldcast>

Traremos trechos das performances acerca das leis da termodinâmica e das máquinas térmicas:

- Da performance musical do grupo Sereia da Física sobre o motor quatro tempos:

[...] os motores a combustão (inaudível) a combustão. E dentro desses tem cilindro e pistão.... No cilindro há explosão e o pistão transforma ela em movimento... Já o virabrequim pega esse movimento e manda lá 'pras roda' [...]. O meu passo, são os cavalos de aço. No primeiro tempo tem a admissão. Segundo tempo é compressão. E no terceiro tempo é só explosão. E no quarto é o escape.

- Da performance de encenação de programa de humor acerca do ciclo de Carnot:

ColdCast: *[...] E: Bom, hoje vamos estudar o ciclo de Carnot! Você quer dar uma introdução histórica antes, B? B: Vamos falar do contexto histórico que está inserido. Bom, Sadi Carnot nasceu em 1796 e morreu precocemente em 1832, esse século XVIII em que estava vivendo, era o período de avanços em questão das máquinas, teve a revolução industrial, principalmente na Inglaterra e França. Esse período a 'galera estava tentando achar novas maneiras de otimizar as máquinas, porque elas estavam cada vez mais frequentes. Enquanto a Inglaterra estava mais focada em aprimorar essas máquinas, a França, país onde Carnot nasceu, estava mais interessada em aprender sobre a natureza das máquinas, então em questão de como otimizar o ciclo dessas coisas [...]. A: É, ele não chega a 100% até porque depois que o Carnot fez isso, ele teve que estabelecer algumas relações, porque 'a*

gente tem o valor do Q_1 , que é a fonte quente, e Q_2 , que é a fonte fria, e o trabalho que é o trabalho. 'Daí ele estabeleceu uma relação que é $Q_1 = Q_2 + \text{Trabalho}$, sendo que todos os Q_1 e Q_2 são dados em Kelvin, então para seu rendimento ser 100%, todo Q_1 , que é o calor que ele recebe, seria que $C = \text{Trabalho}$, então o Q_1 deveria ser igual ao trabalho, e para isso ser possível, o Q_2 teria que ser igual a zero, só que como 'a gente sabe, não conseguimos chegar ao 0K, então ele prova desse jeito que é impossível ter o rendimento de 100%.]

Por fim, a performance de encenação de rádio novela acerca da entropia:

Meu Deus! Está muito quente: [...] B: Olha só, voltando a se fazer de desentendida. Da termodinâmica, obviamente! C: Ah! Ok [...] Bom, a primeira lei da termodinâmica que é baseada no princípio da conservação da energia diz que ela nem se cria nem se perde, e como as transformações de energia estão presentes em tudo no nosso dia a dia, sem elas, nada aconteceria. B: Mas parece que ela está esquecendo da origem da pergunta. Por que precisamos nos preocupar com o consumo? C: Ah [...] A energia utilizada por qualquer máquina térmica nunca terá o rendimento de 100%, uma parte dela sempre se transformará em calor, o que já faz parte da segunda lei da termodinâmica, então como uma parte dessa energia nem vai ser utilizada, podemos nos preocupar com o consumo. A: Desculpa 'aí, 'sabe tudo, mas se você é tão inteligente assim, nos conte mais sobre essa tal de "segunda lei". B: É! Se você é tão inteligente, fala aí! C: Bom, a segunda lei da termodinâmica diz que ela determina se um processo é ou não espontâneo, provando que o calor sempre flui, por processos naturais, de uma fonte quente para uma fonte fria. Isso também é um fator muito importante para a construção de máquinas térmicas, afinal, mostra que é possível, como eu já disse, que todo o calor que é recebido é transformado em trabalho. A: Mas sobre o fluxo... E se ele não flui de uma maneira natural? O que acontece? B: É! E se ele não flui naturalmente? C: 'Daí a história é outra. B: Fala logo! C: A entropia! Está relacionado com a entropia! A e B: ENTRO O QUÊ? C: Entropia! A entropia é uma medida quantitativa de desordem, relacionada diretamente com a perda de energia. Essa parte supostamente perdida se transforma em calor [...].

Os estudantes, definitivamente, foram capazes de traduzir os saberes aprendidos da termodinâmica, para uma linguagem que pode ser atrativo para pessoas que normalmente não se interessam por assuntos da Ciência, ao tratarem

as leis da termodinâmica, máquinas térmicas e a entropia como elementos comuns do seu ideário e do seu discurso, portanto, efetivamente, o quarto princípio de design da CL demonstra nos estudantes certo grau de letramento científico.

8 CONSIDERAÇÕES

Na posição de trabalhadores da educação científica, encontramos dificuldades para explicar a série de ataques à Ciência que acompanhamos *in loco*, no que diz respeito ao protocolo de negação do consenso científico, ou do método de presunção da dúvida acerca do *fatum*. Entretanto, alguém poderia apressar-se em trazer para explicar alguma referência kuhniana e, em tom categórico afirmar de que se trata da natureza e da prática científica surgirem disputas entre paradigmas concorrentes, a pessoa diria é normal, é da Ciência!

Realmente ao olharmos para a História, a Sociologia e a Filosofia da Ciência encontramos várias disputas de Ciência contra Ciência, Laboratório contra Laboratório, Teoria contra Teoria, ou seja, um legítimo debate científico a partir do chão dos laboratórios. Por exemplo, entre tantas outras, a legítima controvérsia entre os modelos da corrente elétrica direta de Thomas Edison contra a corrente elétrica alternada de Nikola Tesla, as duas como soluções para a transmissão de energia elétrica, trata-se da história de uma controvérsia que transformou o mundo ao levar eletricidade a um grande número de pessoas a um custo acessível.

Entretanto, o que dizer do debate acerca do aquecimento versus o resfriamento global, talvez a partir das nossas pulsões, portanto, levados por nosso realismo ingênuo e empirismo claro, críamos tratar-se de controvérsia científica. Porém, ao superarmos as primeiras impressões dos nossos sentidos e colocarmos a razão acima da nossa reação somática e, voltarmos novamente os olhos para os debates, perceberemos que há algo estranho, não há disputa entre sentenças científicas a partir das inscrições do laboratório, mas sim a partir de argumentos de tribunais, cujo objetivo é encenar a controvérsia, inserir a dúvida no lugar do fato.

O leitor pode precipitar-se e achar que peço a ele a postura daquela pessoa que acredita na Ciência de forma incontestável, aquela que evita abrir a caixa preta do fato para conhecer o seu passado de mera inscrição no visor de algum equipamento de laboratório que, desta forma, enquanto convicto da Ciência pronta, deixa de seguir o processo no qual o fato progrediu de sentença em disputa com sentença concorrente, para atingir a posição de paradigma da ciência normal.

Porém, o outro extremo de desacreditar de tudo também não é boa ideia, portanto, o que recomendo é que o leitor não deve relativizar tudo na Ciência, assumir a postura do descrente de tudo e de todos, mas sim, assumir a atitude de

“ouvir de forma crítica os fatos”, para depois decidir se vai acreditar ou desacreditar do consenso científico, mas a partir da sua investigação acerca da fabricação dos fatos. Exemplificando, devemos acreditar ou não no aquecimento global, pois alguém diria, além do aquecimento global, também há quem fale do resfriamento global, afinal é uma disputa científica ou ideológica? Arrisque-se e abra a caixa de Pandora!

Discutimos, ao longo da tese, que neste caso é um debate ideológico, mas surgiu-nos outra questão - por quais motivos duvidam do consenso científico de que há o aquecimento global e que ele provoca as mudanças climáticas? Seguimos o dinheiro e constatamos, há interesses da indústria do petróleo em presumir a dúvida neste caso, por motivos óbvios, haja vista ela ser responsável por grande parte da emissão de gás carbônico e, portanto, pelo efeito estufa e, muito provavelmente, pelo aquecimento antropogênico da Terra. Mas, e nós pessoas do povo, distantes dos cientistas e dos seus laboratórios, como podemos nos posicionar em questões relacionadas a esse tipo de ataque à Ciência? Tendo em conta que existem grupos, como o Instituto Marshall, que já foi liderado pelos cientistas Fred Singer e Fred Seitz e que, metodicamente, desacreditaram os laboratórios e os cientistas acerca do aquecimento global.

Apontamos que um dos caminhos é conhecer os processos de fabricação dos objetos da ciência e da tecnologia, por meio da educação científica, pois somente assim, um estudante pode diferenciar o que é fato de factóide, debate científico de debate ideológico. Porém, parece que para boa parte da população escolarizada, a educação científica brasileira não deu conta de prepará-los para enfrentarem essas questões relacionadas aos negacionismos ou terraplanismos que surgiram nas mais diversas áreas do conhecimento. Talvez porque a educação científica promoveu imagens dos cientistas e dos seus laboratórios, que não passaram de simulacros dos reais contextos que representam a natureza e a prática científica e do *modus operandi* dos sujeitos da Ciência. Simulacros a partir da Ciência que promoveu ensino de almanaque, ao informar sobre os fatos da ciência e dos objetos da tecnologia, mas por deixar de tratar dos contextos sociais, históricos e filosóficos da sua fabricação, não promoveu o efetivo letramento científico de muitas pessoas que passaram pelos bancos escolares.

Diante disso, colocamo-nos a desenvolver o design de ensino Cultura de Laboratório a partir da DBR, na qual desenvolvemos os seus princípios de design

como o objetivo de aproximar a ciência dos estudantes em parte da ciência trabalhadora, até para eles conhecerem o *métier* peculiar das pessoas, cujas vivências acontecem no chão do laboratório, pois assim os estudantes podem passar a compreender melhor as forças técnico-científicas e a forma como afetam os coletivos sociais e a sociedade de modo geral.

Para desenvolvermos os princípios do design de ensino, a fim de subsidiarem o letramento científico dos estudantes para que efetivamente pensem, façam e expliquem ciência a partir da sala de aula, tivemos que promover a imersão dos estudantes em projetos de investigação científica, pois acreditamos que não basta os estudantes conhecerem as histórias da ciência trabalhadora, eles precisam naturalizar-se e familiarizar-se com os processos de fabricação dos fatos científicos e com o mundo da vida de laboratório.

Durante a DBR acompanhamos em 2016 a equipe imersa em projeto de investigação científica por meio das IIR, que apresentou como título do trabalho: *Investigação de representações de conceitos científicos por estudantes, enunciados segundo o senso comum*, que surgiu a partir da questão de pesquisa: *Por que há diferenças entre as definições científicas e as representações enunciadas segundo o senso comum dos estudantes?* A equipe de estudantes envolveu-se de tal forma no projeto de aprender por pesquisa, que perceberam o quanto o currículo escolar em que estavam inseridas, tratava-se de proposta exclusivamente disciplinar, linear e cartesiano, inclusive reconheceram a limitação da proposta curricular de religar saberes das diferentes áreas do conhecimento.

Posições firmes que observamos no seminário da equipe na mostra do conhecimento, na qual realizaram o paralelo do atual sistema escolar e das suas origens no passado, um certo pareamento com a indústria e a escola de inspiração prussiana, mas também apontaram a influência da escola Positivista na organização das disciplinas e da hiperespecialização, que resultou segundo a equipe, organização curricular que dificulta propostas interdisciplinares de ensino. Portanto, elas criticaram o próprio sistema em que estavam inseridas academicamente, o que mostrou a compreensão da sua realidade educacional.

Essa herança cartesiana que observamos na escola é fruto ainda de uma fragmentação universitária que repete esse modelo não atentando à observação da complexidade. Já advertiam os gregos que se constitui numa falácia a ideia de pensar que propriedades observadas nas partes se repetiriam no todo e que a

aquela observada no todo se observaria nas partes, esses dois sofismas, de composição e divisão, por si só, não garantem o conhecimento lógico e, portanto, são falaciosos. A teoria da complexidade nos propõe um modelo no qual tais movimentos se fundem na difícil busca humana pela verdadeira ciência.

A partir do que observamos ao seguirmos a equipe de estudantes e dos resultados que obtiveram, principalmente em compreender seu mundo da vida, em termos da sua formação acadêmica, encorajamo-nos em fazer dos projetos de aprender por investigação científica o primeiro princípio de design da proposta de ensino CL. E, passamos a conduzir novos experimentos com esse princípio, ao pautarmos movimentos de mostra de conhecimento nos anos seguintes, em que contribuimos na capacitação das equipes de estudantes em ilhas de racionalidade, mas também ao envolvermos professores colaboradores de outras áreas do conhecimento, além de caracterizar de forma mais técnica esse tipo de evento escolar, a partir da especialização de estudantes nas technicalidades dos textos científicos. Não basta que estudantes leiam artigos científicos, eles precisam experimentar a escrita desse tipo de literatura.

Por outro lado, a CL não se restringiu em fazer os estudantes naturalizarem os processos da escrita científica, pois os estudantes precisavam também conhecer o chão do laboratório dos cientistas, até porque é de lá que surgem as forças técnico-científicas que podem transformar os coletivos sociais, mas não corremos o risco de levar os estudantes para o laboratório de ciência do viés da escola tradicional, pois esta produziu a imagem distorcida dos contextos reais da ciência profissional. Diante disso, é que promovemos a reformulação do laboratório didático, em termos epistemológicos e metodológicos, para aproximar o *modus operandi* da ciência trabalhadora do *modus operandi* da ciência estudantil.

Obviamente o laboratório escolar sem os aparelhos complexos e caros, tampouco os doutorados e pós-doutorados daqueles especialistas que se debruçam sobre os problemas típicos de paradigmas vigentes. Por outro lado, com a instrumentação disponível no LabD, tais como termômetros, calorímetros, cilindros didáticos do ciclo Otto e outros aparelhos de baixo custo, além dos seus smartphones nas mãos, os estudantes também puderam debruçar-se sobre problemas do seu mundo da vida e com a conexão com o conteúdo curricular. Mas, principalmente, foram capazes de construir parcerias e, a partir do trabalho coletivo, puderam tagarelar sobre como resolver problemas, na medida em que ampliaram a

sua racionalidade através do aperfeiçoamento do perfil epistemológico de saberes científicos.

Entretanto, na PA foi necessária a reformulação do LabD de Física do CEP, até porque ele reproduzia a imagem distorcida dos contextos reais da natureza e prática científica, não passava de simulacro da ciência. Identificamos nos documentos históricos disponíveis no acervo da coordenação de Física, o perfil de racionalidade exclusivamente técnica, a qual promoveu a prática tradicional e discutível de ensinar por meio da experimentação por várias décadas. Encontramos evidências dessas limitações do uso do laboratório no CEP nos trabalhos de Muchenski (2015), Miquelin e Muchenski (2017) e Muchenski e Miquelin (2017).

Observamos, a partir dos roteiros das atividades experimentais sob a educação científica convencional, a tradição de excesso de instruções de manipulação experimental, porém sem problematizações em contexto, ou seja, não havia espaço para o estudante fazer conexão com suas experiências cotidianas e, tampouco desafiado em pensar o experimento. Além de que as práticas experimentais convencionais se caracterizaram por seu caráter demonstrativo e automatizado, e que elas são guiadas por roteiros repletos de lacunas, as quais o estudante deveria preencher. Em síntese, o protocolo da atividade experimental tradicional ancorava-se na reprodução e memorização de sequência de instruções acerca de experimentação sem contexto e sem investigação de quebra-cabeças.

A partir do problema local e complexo acerca do LabD tradicional, a nossa pesquisa passou a investigar a realidade da noosfera de ensino de Física do CEP para transformá-la. Conseguimos as alterações no *modus operandi* a partir das práticas intermediadas pela espiral de ciclos iterativos de ação e reflexão crítica e autocrítica em conexão ao coletivo social dos agentes da noosfera de ensino. A imersão dos estudantes na CL, neste caso sob o princípio de design da reformulação da episteme e dos métodos do LabD, aprimorou o perfil acadêmico desses estudantes quando imprimimos o ensino teórico-experimental a partir dos contextos históricos, filosóficos e sociais típicos da fabricação dos fatos.

Portanto, para além do maniqueísmo expresso na ciência moderna que separa ação e pensamento, nossos jovens tiveram por evidência a importância do domínio metodológico e da necessidade do rigor protocolar na manipulação das ferramentas experimentais, a partir de René Descartes com *Discurso do Método* (2001) adotado pela ciência moderna, porém o processo cartesiano de imposição da

especialização é superado, tendo em vista que tal como é executado de forma transversal e interdisciplinar, nosso trabalho extrapolou o experimento (ação) e, dando a dimensão contextual da ciência e das suas ramificações nos diversos campos do saber, demos consciência aos alunos quanto a complexidade a priori que envolve o saber científico (pensamento). Conforme Morin (2005) alerta para o fato de que a fragmentação dos campos do saber, a mutilação do pensamento em áreas de especialização leva a decisões erradas e ilusórias, tendo em vista a complexidade na qual estamos imersos.

Na educação do futuro, de Edgar Morin (2001), a qual nessa ação experimental tentamos fazê-la no presente por meio de nossa prática pedagógica, alerta o pensador que é preciso compreender e agir dentro da complexidade na qual estamos todos imbricados, apontando a necessidade da conservação de unidade do múltiplo e da multiplicidade unitária, significa que assim como na dimensão ética no campo da pesquisa científica e na busca pelo conhecimento não podemos abolir as abordagens específicas das disciplinas em particular. Contudo, devemos propiciar momentos em que a unidade multidisciplinar seja objetivada para demonstrar que a realidade não se apresenta fragmentada e que sem a dimensão unitária a educação formal pode alienar e iludir.

Porém, ao buscarmos material didático para dar apoio ao design de ensino, para considerarmos contextos reais da fabricação dos fatos e dos objetos da tecnologia, além do caráter teórico-experimental das aulas, percebemos que parte dos livros disponíveis possuem caráter muito similar ao LabD de caráter tradicional, ou seja, os livros reproduzem imagens distorcidas dos cientistas e dos seus laboratórios. Esses livros informam sobre os paradigmas da ciência normal, organizam sequência de fatos estabilizados e trancados nas suas caixas pretas, portanto não há espaço para o estudante abrir as caixas pretas da ciência, pois os livros afastaram a parte da história, sociologia e epistemologia que circundaram os processos de fabricação dos saberes. Eles foram muito eficientes em afastar os fatos do tempo histórico, que eles não passavam de sentenças em disputas quentes nas controvérsias, sob o debate científico de paradigmas concorrentes.

Diante disso, fez-se necessário construirmos o material didático que corroborasse com o design da Cultura de Laboratório, portanto, paralelamente ao desenvolvimento dos princípios de design da proposta de ensino, construímos uma espécie de compêndio a partir das nossas notas de aula, que incluíram nossas

pesquisas para construção das IIR que serviram de cenário de fundo para as aulas teórico-experimentais, mas também a elaboração de novas práticas experimentais com caráter mais investigativo, a partir de saberes da termodinâmica em conexão com os contextos do mundo da vida dos estudantes, com a racionalidade de que os estudantes deveriam pensar mais sobre os experimentos, além de conhecer as técnicas típicas da atividade prática. De tal forma, que produzimos o material alternativo aos livros didáticos usuais, o qual procuramos organizar conforme os 3MP pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), mas também nos inspiramos nas ‘Leituras de Física” do GREF. Esse compêndio de termodinâmica traz um viés que valoriza aspectos da história, sociologia e epistemologia da ciência, mas também traz uma proposta interativa, na qual os estudantes são convidados a pensar e manipular experimentos acessíveis de baixo custo, mas também simuladores disponíveis na internet.

Outro ponto que observamos ao longo do desenvolvimento do design de ensino, foi sobre os estudantes à vontade no LabD “tagarelando” sobre as suas vivências cotidianas, porém nas manifestações estavam presentes uma certa naturalização do meio acadêmico, no qual é costume a utilização de referências a estudos científicos, portanto observar os estudantes fazerem uso da expressão “segundo fulano”, é no mínimo de causar entusiasmo de que os estudantes sejam capazes de arranhar a superfície dos buscadores de informação convencionais, tais como o Google e, neste sentido, tornarem-se investigadores iniciantes da ciência.

A grata surpresa de perceber que os alunos podem investir tempo de pesquisa em problemas que tomam para si, quando encontram no seu ideário onde ancorar a ciência profissional, de modo que aproximam a ciência do cientista, a ciência do professor com a sua própria ciência. Portanto, na medida em que avançamos na Pesquisa, pudemos solidificar o desenho de mais um princípio de design, aquele que considera o potencial de estudantes tornarem-se possíveis influenciadores em temas da ciência, por exemplo, ao produzirem podcasts de divulgação científica.

Identificamos nas manifestações dos estudantes, principalmente quando debateram sobre o aquecimento ou resfriamento global, analisaram questões das atividades teórico-experimentais, construíram seus seminários, escreveram resumos expandidos ou ao desenvolverem performances na produção dos podcasts que se apropriaram de saberes científicos. Coletivamente, nas suas equipes de trabalho

passaram a conhecer mais sobre os agentes da ciência, seus laboratórios profissionais de ciência, mas principalmente, o meio através do qual dão palavras aos dados dos aparelhos inscrites e ocorre a fabricação dos fatos, a literatura científica. Os estudantes transcenderam a sua posição passiva de somente ouvir histórias acerca da ciência contadas por terceiros, mas passaram *in loco* a ler sobre os fatos.

É claro que são investigadores iniciantes, estão nas camadas mais afastadas da disputa quente entre sentenças, mas percorrem o caminho no sentido da controvérsia e, ao escolherem abrir as caixas de Pandora, passaram a desconstruir as imagens que tinham tanto dos cientistas quanto da natureza e prática científicas, principalmente passaram a perceber a Ciência enquanto construto essencialmente humano, portanto, sempre em condição provisória, porém, também entenderam que não pode ser descrente de tudo e de todos, pois pode cair na armadilha de ao relativizar tudo o que já é consenso científico, perder o critério do que é fato ou factóide ou presunção de dúvida do fato.

Ao discutirem acerca do aquecimento ou resfriamento global, agricultura familiar ou do agronegócio, foram capazes de identificar as nuances que existem por trás das narrativas que se utilizam de argumentos de tribunal para defender determinada posição, não científica, mas sim ideológica, o que consideramos de suma importância, pois mais do que nunca as pessoas precisam diferenciar debates científicos de debates ideológicos, até como instrumento de entendimento de como as forças técnico-científicas que emergem do laboratório podem afetar a sua saúde e o meio ambiente.

Passam a compreender movimentos estranhos de negação do consenso científico, não por algum paradigma concorrente, isto é, da natureza científica, mas sim com intenções de causar a desinformação e encenar uma suposta controvérsia, pois se cria ambiente propício para grandes corporações negarem, por exemplo, a intoxicação por agrotóxicos, a manutenção da emissão de gás carbônico, o desmatamento e queimadas, os males causados por alimentos industrializados. Portanto, onde há desinformação prolifera-se teorias obscurantistas.

De tal forma, que considero que avançamos no que diz respeito à educação científica, pois o design da Cultura de Laboratório procurou não repetir o erro de tronar-se mais um simulacro acerca do que é o mundo da vida dos cientistas e os seus laboratórios, à medida que convidamos os estudantes a entrarem pela porta da

ciência em construção, pois ao conhecerem como se dá a fabricação dos fatos, puderam, além de se familiarizarem com o *métier* típico dos agentes do mundo científico, também naturalizam algumas das nuances dessas pessoas que transformam o mundo com seus instrumentos inscritores. Estudantes, por exemplo, perceberam que há ciência que estuda como evitar ou tratar o câncer, mas também é a partir de algum laboratório de ciência que produz informações, que por exemplo, são aplicadas na produção dos defensivos agrícolas.

Portanto, a percepção clara que a Ciência em si é controversa, que levou os estudantes ao olhar mais crítico acerca dos discursos científicos, mas principalmente em relação aos discursos ideológicos com roupagem de científicos. Os alunos não tiveram, neste sentido, dificuldades em desnudar a encenação da suposta controvérsia entre as narrativas do aquecimento versus resfriamento global, inclusive ao perceberem a relação dos cientistas financiados pela indústria do petróleo norte-americano e agronegócio brasileiro em manter a dúvida em relação à opinião pública, acerca do aquecimento global, mas principalmente, em relação às mudanças climáticas.

É claro, apesar de os estudantes serem capazes de ler e compreender determinados artigos científicos, há muita dificuldade na medida em que avançam e se aproximam da controvérsia, pois os artigos que trazem o saber sábio, além da sua complexidade inerente, também possuem a proteção de camadas e camadas de artigos que defendem a posição dos seus cânones científicos, o que pode levar o estudante a desistir diante da complexidade e da desigualdade de forças. Mas, o trabalho coletivo entre estudantes mostrou que ombro a ombro eles podem percorrer parte do caminho para chegar na sentença que disputa a controvérsia.

Assim, podemos afirmar que o design de ensino da CL cumpre o seu papel em iniciar os estudantes ao seguirmos com eles os cientistas, para ao conhecermos mais sobre o chão dos seus laboratórios, pudemos juntos com os estudantes experimentar as nuances típicas dos que pensam, fazem e explicam ciência. Avançamos de sujeitos à Ciência para sujeitos da Ciência, haja vista que estudantes conseguiram, completar ciclos de pesquisa acerca de problemas complexos e locais, ao experimentarem coletivamente resolver esses problemas a partir da literatura científica e da sua realidade que se transformou em laboratório de ciência.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J. P. Instrumentação para o ensino de Física. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância. **CED/UFSC**, 2001, p. 20-35.

ALVES FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

ANDRADE, C. C.; HOLANDA, A. F. Apontamentos sobre pesquisa qualitativa e pesquisa empírico fenomenológica. **Estudos de Psicologia**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 259-268, 2010.

ANGELO, Claudio. Os negacionistas brasileiros não desistem nunca. 12 mar. 2019. **Observatório do Clima**. Disponível em: <https://www.observatoriodoclima.eco.br/os-negacionistas-brasileiros-nao-desistem-nunca>. Acesso em: 23 jul. 2020.

ANGOTTI, J. A. P. **Ensino de física com TDIC**. 1. ed. Florianópolis: UFSC; EAD; CFM; CED, 2015.

ASTOLFI, J. P.; *et al.* **Mots-clés de la didactique des sciences**: pratiques pédagogiques de Boeck & Larcier S.A. Bruxelles: Belgique, 1997.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AYALA, F. J. Introductory essay: the case for scientific literacy. **World Science Report**, Paris: UNESCO, 1996. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001028/102819eo.pdf>. Acesso em: 28 set. 2020.

BACHELARD, G. **A filosofia do não**. 6 ed. Lisboa: Múltiplo, 2009.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. 10. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2013.

BALACHEFF, N. La transposition informatique. Note sur un nouveau problème pour la didactique. *In*: Artigue M. *et al.* (eds). Vingt ans de didactique des mathématiques em France. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, v. especial. La Pensée Sauvage Editions. 1994. p. 364-370.

BARAB, S.; SQUIRE, K. Design-based research: putting a stake in the ground. **Journal of the Learning Sciences**, v. 13, n. 1, p. 1-14, 2004.

BARBIER, R. **A pesquisa-ação**. Brasília: Líber, 2007.

BATISTA, G. L. F.; DRUMMOND, J. M. H. F.; FREITAS, D. B. Fontes primárias no ensino de física: considerações e exemplos de propostas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 663-702, des. 2015.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: LDA, 1994.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BORGES, G. L. A. **Ciências nos anos iniciais do ensino fundamental: fundamentos, história e realidade em sala de aula**. São Paulo: UNESP; UNIVESP, 2012. v. 10 - D23.

BRANDÃO, C. R. A pesquisa participante e a participação da pesquisa: um olhar entre tempos e espaços a partir da América Latina. *In*: BRANDÃO, C. R.; STRECK, D. R. Pesquisa participante: o saber da partilha. **Aparecida: Ideias & Letras**, 2006. p. 21-54.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://www.observatoriodoensinomedio.ufpr.br/wp-content/uploads/2017/04/BNCC-Documento-Final.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2017.

BRUNER, J. **O processo da educação**. Lisboa: Edições 70, 1998.

CARR, W.; KEMMIS, S. **Becoming critical: education, knowledge and action research**. Brighton, UK: Falmer Press, 1986.

CHEVALLARD, Y.; JOHSUA, M. Un exemple d'analyse de la transposition didactique: La notion de distance. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v. 1, p. 157-239, 1982.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 549- 566, set./dez. 2004.

CHUEIRI, V. K.; RAMOS, D. M. Liberdade de expressão, constitucionalismo e democracia: meios de comunicação de massa e regulação. **Revista Jurídica da Presidência**, Brasília, v. 14, n. 104, p. 553-579, out./jan. 2012-2013.

COBB, P.; *et al.* Design experiments in educational research. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 9-13, 2003.

COHEN, M. R.; DRABKIN, I. E. **A source book in Greek science**. Cambridge: Harvard University Press, 1958.

COLÉGIO Estadual do Paraná. **Histórico**. Disponível em: <http://www.cep.pr.gov.br/modules/conteudo/historico.php>. Acesso em: 03 out. 2021.

COLÉGIO Estadual do Paraná. **Semana Pedagógica CEP/ 2018: 1º Semestre**. Disponível em: <http://www.cep.pr.gov.br/Noticia/Semana-Pedagogica-CEP-2018-1o-Semestre>. Acesso em 12 out. 2018.

CUMMING, R. **Para entender a arte**. São Paulo: Ática, 1996.

CUPANI, A. **Filosofia da tecnologia: um convite**. 2. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2013.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A., PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DESCARTES, R. **Discurso do método**. Maria Ermantina Galvão. Revisão da tradução: Monica Stahel. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

DESIGN-BASED Research Collective. Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 5-8, 2003.

DIONNE, H. **A pesquisa-ação para o desenvolvimento local**. Brasília: Líber, 2007.

DORAN, P. T.; ZIMMERMAN, M. K. Examining the scientific consensus on climate change. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 90, p. 22-23, 2009.

DOWSE, C. **Learning to write by writing to learn: a postgraduate intervention to develop academic research writing**. South Africa: University of Pretoria, 2014.

DOWSE, C.; HOWIE, S. Promoting academic research writing with South African master's students in the field of education. *In*: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. (Eds.). **Educational design research - Part B: Illustrative cases**. Enschede, the Netherlands: SLO, 2013, p. 851-879.

DRIVER, R. The name of the game. **School Science Review**, v. 56, p. 800-805, 1975.

DUBOST, J. **Intervention psycho-sociologique**. Paris: PUF, 1987.

DUTRA, L. H. A. Os modelos e a pragmática da investigação. **Scientiae Studia**, v. 3, n. 2, p. 205-232, 2005.

EL ANDALOUSSI, K. **Pesquisas-ações: ciências, desenvolvimento, democracia**. São Carlos: EdUFSCar, 2004.

ESTEVEES, B.; CUKIERMAN, H. A controvérsia sobre as causas do aquecimento global em 15 artigos da Wikipédia lusófona. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA. Anais [...]*. São Paulo: USP, 2012.

FERRARI, M. B. F. Skinner, o cientista do comportamento e do aprendizado. **Nova Escola**, 1 out. 2008. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/1917/b-f-skinner-o-cientista-do-comportamento-e-do-aprendizado>. Acesso em: 31 maio 2016.

FERREIRA, A. B.; ROSA, A. V.; FARIAS, A. S.; VALENTIM, G. D. S.; HERZOG, L. B. Mapeamento e análise das normas jurídicas de resposta à Covid-19 no Brasil. *Direitos na pandemia*, n. 10. **CEPEDISA/FSP/USP e Conectas Direitos Humanos**, São Paulo, 2021.

FEYNMAN, R. P. **Deve ser brincadeira, sr. Feynman!** Brasília: UnB; São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 2000.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed: 39-49, 2009.

FONSECA, M. A.; OLIVEIRA, B. J. Variações sobre a 'cultura científica' em quatro autores brasileiros. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 22, n. 2, p. 445-459, 2015.

FOUREZ, G. **Alfabetisation scientifique et technique**. Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences. Belgique: De Boeck Université, 1994.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica**. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1997.

FOUREZ, G. The science, technologies and society (STS) movement and the teaching of science." **Prospects**, v. 25, n. 1, p. 27-40, 1995.

FOUREZ, G., MATHY, P., ENGLEBERT-LECOMTE, V. Un modèle pour un travail interdisciplinaire. **Aster**, v. 17, p. 119-140, 1993.

FRAEFEL, Urban. Professionalization of pre-service teachers through university-school partnerships Partner schools for professional development: *In: CONFERENCE: WERA FOCAL MEETINGAT, Proceedings [...]*. Edinburgh, nov. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Design-based-research-as-an-ongoing-process-of-innovation-The-research-process-is_fig1_275040746. Acesso em: 3 out. 2021.

FRANCO, M. A. S. Pedagogia da pesquisa-ação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 483-502, 2005.

FREIRE, P.; FAUNDEZ, A. **Por uma pedagogia da pergunta**. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 1986.

GARCIA, N. M. D. Livro didático de física e de ciências: contribuições das pesquisas para a transformação do ensino. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 44, p. 145-163, abr./jun. 2012.

GRAF. **Leituras de Física**: Física térmica 4 - 19 a 24, e C1 a C4. São Paulo: Instituto de Física da USP, 1998. 38 p.

HACKING, I. Os efeitos de looping dos tipos humanos. *In*: D. SPERBER, D. PREMACK; AJ PREMACK (Eds.). **Causal cognition**: a multidisciplinary debate (pp. 351-394). Clarendon Press; Oxford University Press, 1995.

HACKING, I. **Representar e intervir**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2012.

HALLAL, P. C. SOS Brasil: ciência sob ataque. **The Lancet**, 2021.
[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)00141-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)00141-0/fulltext). Acesso em 23 jan. 2021.

HERNÁNDEZ, A.; NAVARRO, L. **Ensaio Filosófico**, v. 8, dez. 2013.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sócio científicas. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.) **Questões sócio-científicas**: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA, 2018, p. 27-57.

INSTITUTO Humanitas Unisinos. **Agronegócio banca palestras de cético sobre mudança climática para ruralistas no Matopiba**. 24 maio 2018. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/579297-agronegocio-banca-palestras-de-cetico-sobre-mudanca-climatica-para-ruralistas-no-matopiba>. Acesso em: 23 jul. 2020.

JACQUES, P. J. The rearguard of modernity: environmental skepticism as a struggle of citizenship. **Global Environmental Politics**, v. 6, p. 76-101, 2006.

JORNADAS TEMÁTICAS. **A religação dos saberes**: o desafio do século XXI, idealizadas e dirigidas por Edgar Morin; tradução e notas, Flávia Nascimento. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

JORNAL Grande Bahia. **Maior especialista em clima do Brasil faz palestra gratuita em Salvador**. 4 abr. 2018. Disponível em: <https://www.jornalgrandebahia.com.br/2018/04/maior-especialista-em-clima-do-brasil-faz-palestra-gratuita-em-salvador>. Acesso em: 26 jan. 2021.

JUNGES, A.L.; MASSONI, N. T. O consenso científico sobre aquecimento global antropogênico: considerações históricas e epistemológicas e reflexões para o ensino dessa temática. **RBPEC**, v. 18, n. 2, p. 455-491, ago. 2018.

KELLY, A. E. Quality criteria for design research: evidence and commitments. *In*: VAN DEN AKKER, J.; *et al.* (Eds.). **Educational design research**. London: Routledge, 2006, p. 107-118.

KROPF, S. P.; FERREIRA, L. O. A prática da ciência: uma etnografia no laboratório. **História, Ciências, Saúde**, Manguinhos, v. 6, n. 3, 1997/1998.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. tradução Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LABURÚ, C. E.; SILVA, H. M. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional the didactic laboratory perspective from multimodal representation. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, p. 721-734, 2011.

LATOUR, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. 2. ed. São Paulo: Ed. Unesp, 2011.

LATOUR, B. **Jamais fomos modernos: ensaio de antropologia simétrica**. São Paulo: Editora 34, 2013.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção de fatos científicos**. Rio de Janeiro. Relume-Dumara, 1997.

LEITE, J. C. Controvérsias científicas ou negação da ciência? A agnotologia e a ciência do clima. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 179-89, 2014.

LEMKE, J. **The missing context in science education: science**. *In*: AERA. Atlanta, 1993.

LORENZ, K. M. Ação de instituições estrangeiras e nacionais no desenvolvimento de materiais didáticos de ciências no Brasil: 1960-1980. **Revista Educação em Questão**, v. 31, n. 17, p. 7-23. jan./abr. 2008.

MAGIE, W. F. **A source book in physics**. New York: McGraw-Hill, 1935.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARQUES, L. **Capitalismo e colapso ambiental**. Campinas: Ed. Unicamp, 2015.

MARTINS, M. R.; NEVES, M. C. D.; ZAPPAROLI, F. V. D.; MELLO ARRUDA, S.; LANGHI, R.; TROGELLO, A. G.; OHSE, M. L. **Por uma cosmologia da incerteza na educação das certezas**.

MATTA, A. E. R.; SILVA, F. P. S.; BOAVENTURA, E. M. Design-based research ou pesquisa de desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação do século XXI. **Revista da FAEEBA - Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 23, n. 42, p. 23-36, jul./dez. 2014.

MCKENNEY, S. **Computer-based support for science education materials developers in Africa**: exploring potentials. Doctoral Dissertation. Enschede, Netherlands: University of Twente, 2001.

MENEZES, L. C. Paulo Freire e os físicos. *In*: GADOTTI, M. (Org.). **Paulo Freire: uma biobibliografia**. São Paulo: Cortez: Instituto Paulo Freire, 1996. p. 638-641.

MERLEAU-PONTY, M. **Fenomenologia da percepção**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

MIQUELIN, A. F. **Contribuições dos meios tecnológicos comunicativos para o ensino de física na escola básica**. 2009. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

MIQUELIN, A. F.; MUCHENSKI, J. C. Autonomia em pesquisa para estudantes da escola básica: com uma proposta de ensinar por projetos de pesquisa alicerçados por ilhas interdisciplinares de racionalidade. *In*: ENCONTRO NACIONAL DAS LICENCIATURAS, 6., 2016. **Anais [...]**. Curitiba: PUC-PR, 2016.

MIQUELIN, A. F.; MUCHENSKI, J. C. Laboratorio didático de física no ensino fundamental II. **Enseñanza de las Ciencias**: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 2017.

MITCHAM, C. **Thinking through technology**: the path between engineering and philosophy. Chicago: The University of Chicago Press, 1994.

MONTEIRO, M. A. A.; MONTEIRO, I. C. C.; GASPARI, A.; GERMANO, J. S. E. Proposta de atividade para abordagem do conceito de entropia no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Física**, v. 26, n. 2, p. 367-378, 2009.

MOREIRA, M. A. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 2, maio/ago. 2014.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 108-117, 1993.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005a.

MORIN, E. **Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios**. São Paulo: Cortez, 2002.

MUCHENSKI, J. C. A tradição de uma metodologia de experimentação: na manipulação da segunda lei de Newton. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 4., **Anais [...]**. 2017.

MUCHENSKI, J. C. **Gênero de raciocínio de laboratório no ensino de física: especulação complexa de tipos da física no manuseio de atividades experimentais artesanais e tecnológicas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MUCHENSKI, J. C. Investigação no laboratório didático de física: como proposta de metodologia de ensino. *In*: JORNADAS LATINO - AMERICANAS DE ESTUDOS SOCIAIS DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 11., 2016. **Anais [...]**. Curitiba: ESOCITE, 2016.

MUCHENSKI, J. C. **Racional & Empírico**: blog de aporte em história e filosofia da ciência. Disponível em: <http://racionaleempirico.blogspot.com.br/p/segundo-guia-de-fevereiro.html>. Acesso em: 12 jan. 2019.

MUCHENSKI, J. C. **Racional & Empírico**: caderno pedagógico. 2015. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1269/2/CT_PPGFCET_M_Muchenski%2c%20Julio%20Cesar_1.pdf. Acesso em: 12 jan. 2019.

MUCHENSKI, J. C., GUEDES, H. C., MIQUELIN, A. F. Leis da termodinâmica apresentadas com contexto histórico: problematizadas em uma proposta de laboratório didático de multimodalidade representacional. *In*: ENCONTRO NACIONAL DAS LICENCIATURAS, 6., 2016. **Anais [...]**. Curitiba: PUCPR, 2016.

MUCHENSKI, J. C.; GUEDES, H. C.; PHEPER, M. Sequência didática sobre as leis da termodinâmica, com contextos históricos e epistemológicos, trabalhada no laboratório didático de física. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2017. **Anais [...]**.

MUCHENSKI, J. C.; KLIPAN, C. G.; KOPS, C. R. R.; MIQUELIN, A. F. Construção de uma ilha interdisciplinar de racionalidade em torno da tela de Joseph Wright: experimento com um pássaro numa bomba de ar. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 5., 2016, Ponta Grossa. **Anais [...]**. 2016.

MUCHENSKI, J. C.; MACIEL, C.; LAPUENTE, N. M. ; MIQUELIN, A. F. Proposta de aprender por projetos de pesquisa alicerçados por ilhas interdisciplinares de racionalidade. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis; ENCONTRO NACIONAL EM PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., **Anas [...]**. Florianópolis: ABRAPEC, 2017. p. 1-9.

MUCHENSKI, J. C.; MIQUELIN, A. F. Experimentação no ensino de física como método de aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos estudantes do sétimo ano do ensino fundamental. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 10, p. 2340, 2015.

MUCHENSKI, J. C.; SILVA, S. C; MIQUELIN, A. F. A utilização leiga dos smartphones versus a sua utilização especializada no ambiente escolar. **UNI-PLURI**, Medellin, 2017.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

NARLIKAR, J. **The Galileo of Palomar**: essays in memory of Halton Arp. *In*: FULTON, C. C.; KOKUS, Martin (Eds.). Montreal (CAN): Roy Keys, 2017.

NEWSWEEK. **Global Warming Deniers Well Funded**. 8 dez. 2007. Disponível em: <https://www.newsweek.com/global-warming-deniers-well-funded-99775>. Acesso em: 20 jan. 2021.

NEWTON, I. S. **Principia**: Princípios matemáticos de Filosofia Natural. Livro I: Isaac, Sir Newton. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2008.

NIETZSCHE, F. **Crepúsculo dos ídolos**: como se filosofa com martelo. Petrópolis (RJ): Ed. Vozes, , 2014.

NMC Horizon Report. **Educação básica**. 2015. Disponível em: <http://cdn.nmc.org/media/2015-nmc-horizon-report-k12-PT.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2016.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. Cambridge (UK): Cambridge University Press. 1984.

O GLOBO. **Cientistas dizem que Terra poderá viver ‘mini Era Glacial’ na década de 2030**. 13 jul. 2015. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/cientistas-dizem-que-terra-podera-viver-mini-era-glacial-na-decada-de-2030-16745721>. Acesso em: 23 jul. 2020.

OLIVEIRA, C. I. C. "A educação científica como elemento de desenvolvimento humano: uma perspectiva de construção discursiva. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 2, p. 105-122, 2012.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 2. ed. Petrópolis (RJ): Vozes, 2008.

ORESQUES, N. The scientific consensus on climate change. **Science**, 306, p. 1686, 2004.

ORESQUES, N.; CONWAY, E. **M. Merchants of doubt**: how a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming. Bloomsbury, New York, 2010, 368 p.

PARANÁ. Secretaria de Educação. **Diretrizes Curriculares para a Educação Básica: Física**. Curitiba: SEED, 2008.

PATY, M. A ciência e as idas e voltas do senso comum. **Scientiae Studia**, v 1, n. 1, p. 9-26, 2003.

PIETROCOLA, M. NEHRING, C. M. SILVA, C. C. TRINDADE, J. A. O. LEITE, R. C. M. PINHEIRO, T. F. As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciência através de projetos. **Revista Ensaio**, v. 2 n. 1, p. 99-122, 2000.

PIETROCOLA, M. **Um exemplo de construção de uma ilha de racionalidade em torno da noção de energia**. Grupo de Pesquisa em Ensino de Física - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PLOMP, T. Pesquisa-aplicação em educação: uma introdução. *In*: PLOMP, T. *et al.* (Orgs.). **Pesquisa-aplicação em educação**: uma introdução. São Paulo: Artesanato Educacional, 2018.

POPPER, K. L. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1985.

POSTMAN, N. **Tecnopólio**: a rendição da cultura à tecnologia. tradução Reinaldo Guarany. São Paulo: Nobel, 1994.

PROCTOR, R. N.; SCHIEBINGER, L. **Agnotology**: the making and unmaking of ignorance. Palo Alto: Stanford University Press, 2008.

PSSC. **Guia do Professor de Física**. Parte I, Parte II, Parte III, Parte IV, traduzido e adaptado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências e pelo Centro de Treinamento de Professores de Ciências de São Paulo (CECISP). São Paulo: Edart, 1963.

REEVES, T.C. Design research from a technology perspective. *In*: VAN DEN AKKER, J. *et al.* (Eds.). **Educational design research**. London: Routledge, 2006, p. 52-66.

RIBAS, A. S.; SILVA, S. C. R.; GALVÃO, J. R. **Telefone celular como recurso didático no ensino de física**. 1. ed. Curitiba: Ed. UTFPR, 2015.

ROBINSON, K. **Out of our minds**: learning to be creative. London: John Wiley & Sons, 2011.

ROMUAL, R., E. S.; SOARES, A. F. C. A cultura e a arte e seus múltiplos olhares na escola. **Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación**, n. 4, p. 106-110, 15 dic. 2017.

ROSNAY, J. Conceitos operadores transversais. *In*: MORIN, E. **A religação dos saberes**: o desafio do século XXI. 9. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 493-500.

SELLEY, N. J. Philosophies of science and their relation to scientific processes and the science curriculum. *In*: WELLINGTON, J. J. (Ed.). **Skills and processes in science education**. London: Routledge, 1989.

SÉRÉ, M. G. Towards renewed research questions from the outcomes of the European project labwork in science education. **Science Education**, v. 86, n. 5, p. 624-644, 2002.

SHAPIN, S., SCHAFFER, S. **Leviathan and the air pump**. Princeton University Press, 1985.

SIEMENS, G. **Connectivism**: a learning theory for the digital age. 2004. Disponível em: <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>. Acesso em: 28 nov. 2018.

SILVA, A. F. G. **A construção do currículo na perspectiva popular crítica**: das falas significativas às práticas contextualizadas. 2004. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2004.

SILVA, M. R. **Ciência e humanismo**. São Paulo: Edart, 1969.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; NARDI, R. Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 383-396, 2008.

SISMONDO, S. Post-truth? **Social Studies of Science**, v. 47, n. 1, p. 3-6. 2017.

SNOW, C. P. **As duas culturas e uma segunda leitura**. São Paulo: Ed. USP, 1995.

STEFANELLI, E. J. **Motor de quatro tempos à centelha ou fagulha: Ciclo Otto**. Disponível em: <http://www.stefanelli.eng.br/ciclo-otto-motor-quatro-tempos>. Acesso em 12 fev. 2021.

TEIXEIRA, A. S. Ciência e humanismo. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 24, n. 60, p. 30-44, 1955.

TEIXEIRA, A. S. O espírito científico e o mundo atual. *In*: TEIXEIRA, A. S. **Educação e o mundo moderno**. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2006. p. 119-147.

TEIXEIRA, P. M. M.; MEGID, J. N. Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 1055-1076, 2017.

THE NATIONAL GALLERY. An experiment on a bird in the air pump. Disponível em: <https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/joseph-wright-of-derby-an-experiment-on-a-bird-in-the-air-pump>. Acesso em: 20 jan. 2021.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2011.

THIOLLENT, M. Notas para o debate sobre pesquisa-ação. *In*: BRANDÃO, C. R. (Org.). **Repensando a pesquisa participante**. São Paulo: Brasiliense, 1999. p. 82-103.

THOMPSON, B. An inquiry concerning the source of the heat which is excited by friction. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, London, v. 88, p. 80-102, 1798.

THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein**. Tradução Maria Inês Duque-Estrada. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

TIOMNO, J., LOPES, J. L. O ensino da física nos cursos secundários. **Ciência e Cultura**, v. 5, n. 1, 1952.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

TYTLER, R.; PRAIN, V.; PETERSON, S. Representational issues in students learning about evaporation. **Research in Science Education**, v. 37, n. 3, p. 313-331, 2007.

ÚLTIMA HORA. **Fortes nevascas atingem a Europa**. Disponível em: <http://www.ultimahoranoticias.com.br/2017/01/09/fortes-nevascas-atingem-a-europa>. Acesso em: 20 jan. 2019.

UNESCO. **Science Education Programme**. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/naturalsciences/priority-areas/science-education/about-the-programme>. Acesso em: 4 nov. 2010.

VAN DEN AKKER, J. *et al.* (Eds.). **Educational design research**. London: Routledge, 2006.

VAN DEN AKKER, J. Principles and methods of development research. *In*: VAN DEN AKKER, J. *et al.* (Eds.). **Design approaches and tools in education and training**. Boston: Kluwer Academic, 1999, p. 1-14.

VICENTE, J. K.: **Homens e máquinas**: como a tecnologia pode revolucionar a vida cotidiana. Tradução Maria Inês Duque-Estrada. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

VIENKEN, A (Pe). **O ensino da física**. São Paulo: Bender, 1966.

VIENKEN, A. (Pe). **Conjuntos Bender**: manual da Física Bender. São Paulo: Bender, 1966.

VOGT, C. A espiral da cultura científica. **ComCiência**, n. 45, jul. 2003. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/cultura/cultura01.shtml>. Acesso em: 20 maio 2009.

VOGT, C. Ciência, comunicação e cultura científica. *In*: VOGT, C. (Org.). **Cultura científica**: desafios. São Paulo: Ed. USP; FAPESP, 2006. p. 19-26.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. Tradução José Cipolla Neto e outros. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WADEMAN, M. R. **Utilizing development research to guide people-capability maturity model adoption considerations**. Doctoral Dissertation. Syracuse: Syracuse University. Dissertation Abstracts International, 2005.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Learning junior secondary science through multi-modal representations. **Electronic Journal of Science Education**, v. 11, n. 1, 2006.

WUO, W. **A física e os livros**: uma análise do saber em física nos livros didáticos adotados para o ensino médio. São Paulo: EDUC; FAPESP, 2000

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

APÊNDICE A - Slides e Guias Instrucionais

A. SLIDES DE CIÊNCIA & ARTE

1

Instruções para o espaço de experimentação:

- I - ESCUTAR INTEGRALMENTE A INSTRUÇÃO.
- II - EM CASO DE DÚVIDA ENGUER UMA DAS MÃOS E AGUARDAR SUA VEZ DE PERGUNTAR.
- III - LEVANTAR DO SEU LUGAR NA BANCADA CONFORME A INSTRUÇÃO DO PROFESSOR, COMO POR EXEMPLO QUANDO SOLICITADO UM VOLUNTÁRIO OU NA MANIPULAÇÃO DO APARELHO EXPERIMENTAL.
- IV - NÃO SERÁ TOLERADO, EM HIPÓTESE ALGUMA, O DESRESPEITO A QUALQUER MANIFESTAÇÃO DE UM COLEGA DE CLASSE.

2

PPGECT

2016

Continuação de uma Ilha de Racionalidade em meio do clima Experimentalista em um Páscoa

Luiza Bentes de Aguiar

Alunos: Joseph Wright/1768

3

ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE

Do Experimento e da Ilha de Racionalidade

ARTE

FÍSICA

Ilha e prática racionalidade

4

ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE

- POR NOÇÃO EM TORNO DO SABER SÁBIO;
- PRESSÃO, ILLUMINISMO E BARROCO ITALIANO;

5

MOMENTO GLP

OBSERVE O QUE ACONTECEU COM UM VAGÃO DE GLP QUE FOI VEDADO DEPOIS DE LIMPO POR VAPORIZAÇÃO? O QUE PODE TER AMASSADO ESTE VAGÃO?

6

7

PANORAMA:

- Como relacionar vagões amassados, grafitar com tinta em spray e uma possível causa de ataques cardíacos ou derrames cerebrais?

8

PANORAMA

- Como é possível tomar refrigerante com canudinho? E, com um canudinho no refrigerante e outro fora dele, sugando os dois, você já contagaria tomar o refrigerante? E, com um canudinho mais comprido você ainda seria capaz de tomar refrigerante?
- Um artista do grafite espremeu sua tinta em spray, como você poderia ajudar com sua copo de refrigerante e seu canudo plástico? Imagine que a tinta utilizada para grafitar pode ser tóxica, então não pense em sugar a tinta com o canudinho.

9

PANORAMA ESPONTÂNEO

- CARIAS PRATA: VÁCUO, PRESSÃO, PRINCÍPIO DE BERNOLLI, HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM TORNO DE TORRICELLI, PASCAL E OUTROS, PRESSÃO ARTERIAL E A RELAÇÃO PARCIAL DE CAUSAS DE INFARTOS E DERRAMES CEREBRAIS, FUNCIONAMENTO DE LIDAS DE SPRAY...
- ILLUMINISMO EUROPEU, CLARO-ESCURO, COMPONENTES DA OBRA, FOTOGRAFIA, BARROCO, CORES, PROFUNDIDADE, LUZ E GRATE.

10

SUBSÍDIOS PARA OS ESPECIALISTAS

- Para integrar com arte, dá para utilizar o princípio de Bernoulli para pintar com spray
- Experimento com a garrafa e o funil; Experimento de vapor a folha de papel
- Experimento de sugar uma proseta cheia de água e virá-la de ponta - cabeça e enfiar na água.
- Trabalho híbrido.

11

AVIÕES, VAGÕES AMASSADOS E A PRESSÃO ARTERIAL ALTA/SUBSÍDIOS ESPECIALISTAS

- Leontina:
- Experimentar com seringa cheia de ar e de água (para perceber que é difícil espremer o ar, contra a água já comprimida).
- Trazer experimento dos hemisférios de Magdeburg, utilizando ventosas.
- Experimento com a folha de papel encolada e com balões, para que consigam visualizar que onde aumenta a velocidade diminui a pressão.
- <http://www.youtube.com/watch?v=0u0u0u0u0u0>
- <https://www.youtube.com/watch?v=0u0u0u0u0u0>
- <https://www.youtube.com/watch?v=0u0u0u0u0u0>

12

INDO À PRÁTICA/ESPECIALISTAS E ESPECIALIDADES

LEVATHAN

13

OBRA: An Experiment on a Bird in the Air Pump (Of Joseph Wright/1768)

14


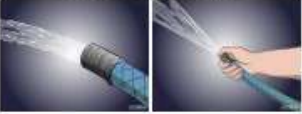

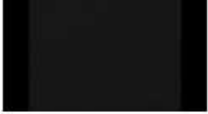








Detalhes do relógio de James Ferguson da bomba de vácuo.

A bomba de ar foi inventada por Otto von Guericke em Magdeburg, 1650. A primeira bomba de ar inglesa foi feita para o honorável Robert Boyle, em 1662/3.

15

Detalhes de James Ferguson, do balão contendo o pássaro.

Ferguson posiciona a mão esquerda sobre a válvula de segurança, esperando a decisão do espectador para matar o pássaro ou deixá-lo vivo.

<p>Detalhe de um traço com líquido e dos hemisfério de Magalhães. Oito von Guericke</p> 	<p>GUIAS INSTRUCAIONAIS PARA OS ESTUDANTES</p> <ul style="list-style-type: none"> • MAGDALENA OLIVEIRA, FORTANICO, TUBAU STANKE E REGAZZANO, 2019 • CONCEITOS DE • UTILIZAÇÃO DE MAGNETA 	<p>VAGÕES AMASSADOS, JATOS EM MANGUEIRAS DE JARDIM E UMA DAS CAUSAS DE ATAQUES CARDÍACOS, EXISTE RELAÇÃO?</p> 
16 ★	17	18
<p>MECÂNICA DOS FLUÍDOS E O CONCEITO DE PRESSÃO (PRINCÍPIO DE BERNOULLI)</p> 	<p>Tempo – 7 min e 20 segundos.</p> 	<p>O que está errado no episódio Gumball, sobre o vácuo? https://www.youtube.com/watch?v=8t5t5t5t5t5</p> 
19	20	21 ★
	<p>ILUMINISMO</p> 	 <p>O filósofo KANT é o tempo da ilustração ou da Iluminismo — como afirmou Kant: "o Ilustração consiste no fato de o homem sair da sua menoridade". ...</p>
22 ★	23 ★	24
<p>Nas próximas aulas, de modo geral, podemos considerar uma liberdade maior sobre temas, técnicas e traços. Assim como, os quadros que se concentraram nos mitos das mitologias francesas, passaram a ser expostos para o público em palácios de Luvers, Paris.</p> 	<p>BARROCO</p> <p>O barroco barroco teve particularmente forte influência italiana e se desenvolveu em todo o mundo, de forma de pintura e arquitetura, sendo geralmente associado à expressão da fé e do poder humano.</p> <p>Características principais: - Dramatização do momento - Uso de luz e sombra para criar efeitos - Ênfase na expressão emocional</p> 	
25 ★	26 ★	27 ★
<p>Atividades propostas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produção de fotografias utilizando o "duplo exposição com um globo e uma fonte de luz". • Técnica de trabalho mista (fotografia e pintura). • Utilização de temas artísticos. 		
28		

CIÊNCIA

VAGÕES AMASSADOS, AVIÕES E A PRESSÃO ARTERIAL ALTA!

1. Alguns anos atrás uma equipe de faxina realizava a limpeza interna de um vagão-tanque. Eles utilizavam o vapor-d'água para facilitar a remoção da sujeira interna. Ao final do expediente, a equipe de limpeza ainda não havia terminado o serviço, então os funcionários decidiram fechar as válvulas do vagão e ir embora. Ao chegarem na manhã seguinte, verificaram que as grossas paredes de aço do vagão estavam esmagadas, como se algum ser gigantesco tivesse pisado e amassado o vagão durante a noite.



Questão: observando o que aconteceu com o vagão de GLP (gás liquefeito de petróleo) que foi vedado depois de limpo por vaporização! O que pode ter amassado este vagão?

Para Pensar e Fazer

1. Como evidenciar a existência do ar? O que é exatamente o ar? E, se não houver ar como é chamado uma região onde ele não existe?
 - Orientações Didáticas: realize com seu grupo de trabalho as atividades a seguir e pense a respeito das interações com o ar.

a) O ar tem peso?

Provar a existência do ar, algo invisível, é um desafio! Mas que tal começar medindo o seu peso, é possível? E, se o mesmo possui peso é porque sua massa é atraída pelo campo gravitacional da Terra? E, se existe massa então é matéria e existe, então qual a razão de ser invisível para a sua visão?

Este experimento é uma proposta de mostrar o peso do ar, mas antes é importante que você se familiarize com o material. E, nos procedimentos experimentais retome as questões propostas acima e depois de experimentar responda as questões nas linhas abaixo. Realizar o experimento e pensar o experimento são fundamentais para o desenvolvimento do espírito científico.

Material utilizado: cabide, fio de costura, balão de festa e cabide.

Procedimento experimental: use o cabide e prenda um fio bem no meio, então pendure um balão cheio em cada extremidade e deixe o cabide equilibrado, prenda o cabide pelo fio em um suporte qualquer (uma maçaneta de porta por exemplo). Agora esvazie o ar de um dos balões. Observe o que acontece.

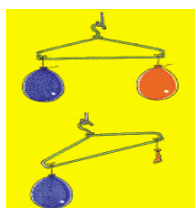


Figura 3 - do site www.saladefisica.cbj.net/experimentos

b) Balão cheio de boca aberta

É possível o enchimento de um balão que está no interior de uma garrafa pet, e que mesmo depois de retirada a boca de quem o encheu, permanece cheio mesmo estando com a boca aberta? Se não acredita preste atenção na demonstração do professor!

Para este experimento será utilizado um balão de festas, garrafa de plástico, que sendo transparente tem um efeito visual melhor. Este experimento é muito fácil, basta abrir bem a boca do balão e o instalar na boca da garrafa, com ele recolhido no interior da garrafa e, agora é só assoprar.

Depois de encher o balão, este ocupará parte da garrafa, mas se no experimento anterior verificamos a existência do ar, cabe a seguinte pergunta: para onde foi o ar que estava dentro da garrafa? E, por que o balão permaneceu cheio mesmo depois do professor ter retirado a boca que utilizou para encher o balão?

Ou você acha que existe um “truque” nos procedimentos do professor? Caso sua resposta seja sim retome as respostas dadas acima e reescreva suas respostas.

c) Existência do ar (objetivo: além de mostrar a existência do ar mostra também o ar em movimento)

Neste experimento o material utilizado será: Um pote qualquer, um funil, um tubinho plástico em forma de cotovelo (por exemplo os usados em aquários), uma agulha (aqui todo o cuidado com os pequenos), massa epóxi, uma ventoinha ou cata-vento de papelão, uma agulha de tricotar e uma base de isopor, preste atenção na montagem a seguir:

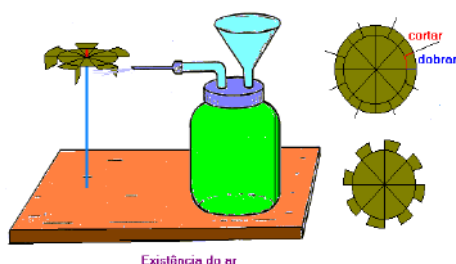


Figura 7 - site www.feiradeciencias.com.br/sala02

Agora para montar o pequeno projeto, furamos a tampa do pote em dois lugares, em um deles fixamos bem justo o bico do funil e no outro colocamos o tubo em forma de cotovelo com uma agulha para injeção voltada para a parte externa do pote, os dois orifícios devem ser vedados com massa epóxi. Usando o molde mostrado no desenho montar a ventoinha com um pedaço de papelão e foi fixado na base de isopor.

Está montado nosso experimento, então basta derramar água pelo funil e cabe ao grupo discutir o porquê de a ventoinha começar a girar?

OUTROS CONCEITOS

Escolha um lápis ou uma caneta e com o grupo caracterize uma das extremidades do objeto escolhido, diferenciando em relação as suas extremidades, como o de ponta fina e a outra de ponta grossa. E, o segure conforme a representação a seguir e responda as questões:

- Considerando que você tenha ouvido falar sobre força, existe diferença de força aplicada nos dedos considerando que o lápis está parado entre os seus dedos?

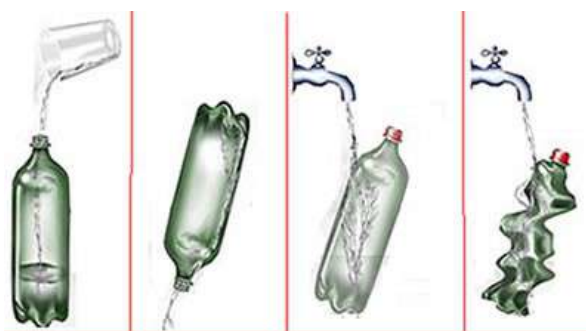


b. Admitindo que a força aplicada nos dedos é de igual intensidade, em qual das extremidades está doendo mais? Explique utilizando área da extremidade maior e área da extremidade menor.

c. Escolha com o seu grupo um nome para a relação entre a força aplicada e a área onde a extremidade do lápis está apoiado:

d. Responda em relação a grandeza que vocês escolheram o nome no item anterior, no caso de aumentar a força o que acontece com ela? E, no caso de você aumentar a área o que acontece com a grandeza?

2. Discuta com o seu grupo de trabalho como reproduzir o experimento do vagão, substituindo ele por uma garrafa pet e analisando a figura a seguir, descreva ao lado da figura em itens o que o grupo pensou em fazer e que resulte um resultado semelhante ao do vagão:



A grandeza pressão pode explicar o que aconteceu com o vagão e com a garrafa amassados. Neste caso explique o significado do ar exercer pressão e como aconteceu o amassar do vagão e da garrafa:

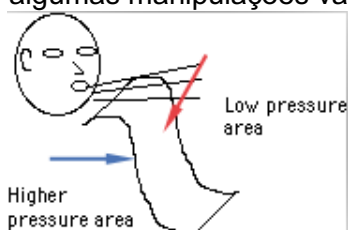
OBSERVAÇÃO: retome a questão inicial a respeito do vagão e a reescreva de acordo com o que você aprendeu pensando e experimentando.

ARTE E CIÊNCIA

Na obra: Experimento com um pássaro numa bomba de vácuo. Projetada na parede, o que significa uma bomba de vácuo?

Pense e experimente o princípio de Bernoulli

Saiba que a pressão do ar pode ser manipulada, aumentando, diminuindo ou simplesmente fazendo com que não exista pressão ar (Vácuo). Vamos realizar mais algumas manipulações variando a pressão do ar.

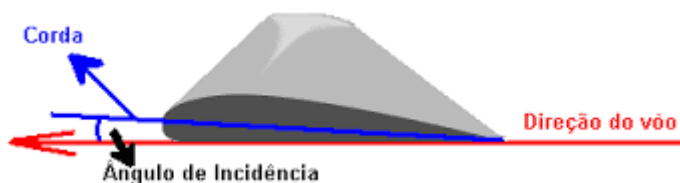


3. Já foi realizado um experimento nesta tarde que mostrou que uma massa de ar pode ser movimentada, vamos chamar este movimento da massa de ar de velocidade. Com a intenção de modificar a velocidade de ar, assopre sobre a folha de papel, conforme a figura a seguir, e descreva o que aconteceu:

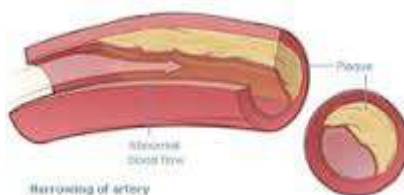
3.1 A velocidade na parte superior aumentou ou diminuiu? Explique:

3.2 E, como o grupo relaciona a velocidade com a pressão do ar?

3.3 Agora considere a figura abaixo como a representação do contorno da asa de um avião, e responda onde a velocidade do ar ao passar relativamente a asa do avião é maior e onde é menor? E, considerando a relação entre velocidade do ar e a pressão do ar, onde a pressão do ar é maior na parte inferior ou na parte superior?



4. Com o estreitamento de uma artéria, no ponto onde a artéria é estreitada a pressão neste ponto é maior ou menor? Explique utilizando os conceitos de pressão e de velocidade. (Discuta com o grupo se no ponto onde o estreitamento ocorreu o sangue arterial para com maior, igual ou menor velocidade).



CIÊNCIA E ARTE

5. Como é possível tomar refrigerante com canudinho? E, com um canudinho no refrigerante e outro fora dele, sugando os dois você ainda conseguiria tomar o refrigerante? E, com um canudo mais comprido você ainda seria capaz de tomar o refrigerante?
6. Um artista do grafite esqueceu sua tinta em spray, como você poderia ajudar com seu copo de refrigerante e seu canudo plástico? Lembre-se que a tinta utilizada para grafitar pode ser tóxica, então nem pensar em sugar a tinta com o canudinho.
7. Para grafitar dá para utilizar o princípio de Bernoulli para pintar com spray?



Assista com o grupo o vídeo do Mundo de Beakman e, depois da discussão no grande grupo retome as questões acima e reescreva, utilizando os conceitos manipulados nos diversos experimentos. (Construindo um Spray com canudinhos):

ÚLTIMO DESAFIO: como funciona o sifão de uma pia, ou a vazão de um vaso sanitário, ou uma garrafa térmica, ou um frasco de tinta spray?

O multiplicador de água:



PASSO A PASSO

Corte uma das garrafas a uns 7cm abaixo do gargalo e obtenha um “reservatório” e um funil. Faça uma abertura circular na parede do reservatório a uns 5cm do fundo para encaixe justo da mangueira. Dobre a mangueira como indicado e encaixe-a na abertura circular. Use supercola para vedar a junção. Encha o reservatório de água de modo que quase toda a mangueira fique submersa (veja figura). Faça um furo na caixa para encaixe do funil e outro para a mangueira (saída de água). Posicione o reservatório dentro da caixa e tampe-a. Coloque a caixa sobre uma mesa, próxima à sua extremidade, e encaixe a mangueira da saída de água do reservatório na boca da outra garrafa pet. Derrame um pouco de água no funil, o suficiente para que a mangueira no reservatório fique totalmente submersa. Descubra por que o truque funciona.

ARTE: PRÁTICAS ARTÍSTICAS

Roteiro para Interpretação ou Leitura de uma obra de Arte

1. Identificação da obra

Título Técnica Autor

2. Análise Objetiva

- Imagem principal
- Efeito de profundidade
- As cores
- Análise formal (ex. estilo, período)

3. Conteúdo Subjetivo

Que sentimentos essa imagem despertou em vocês?

É uma obra abstrata ou figurativa?

De que maneira suas cores, formas, linhas, texturas, representação do espaço, do tempo, do movimento, tratamento da luz, influenciam a interpretação?

Essa imagem conta alguma história? Qual?

Que título você daria a esse trabalho?

4. Releitura da obra

Agora chegou a hora de você criar um desenho relacionado com um experimento, inspire-se no que discutimos sobre a obra “Experimento com um Pássaro numa Bomba de Ar”, uma pintura em óleo de 1768 de autoria de Joseph Wright of Derby.

5. Religação de saberes

Agora você terá a oportunidade de escolher desenhos em stencil e com a construção de um aparelho spray ou borrifador de baixo custo, pintar um painel na sala de aula, vamos pintar com ciência e arte!!!

APÊNDICE B - Slides da SD de Termodinâmica e Guia Instrucional



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



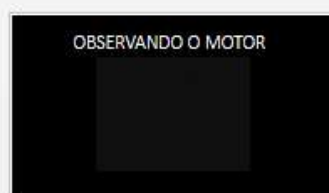
11



12



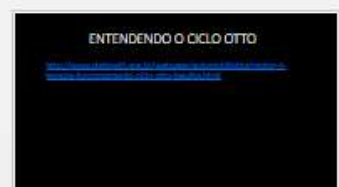
13



14



15



16



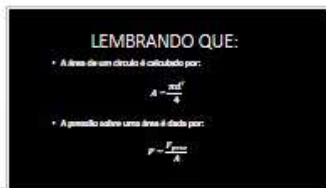
17



18



19



20



21



22



23



24



25



26



27



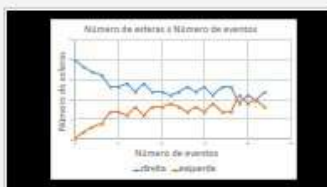
28



29



30



31



32



33




34



35



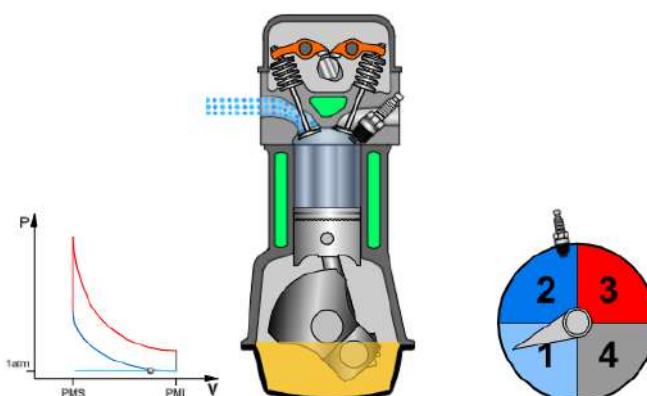
	COLÉGIO ESTADUAL DO PARANÁ – Ensino Fundamental, Médio e Profissional		
	Nome do aluno(a): _____	Nº _____	Ano: _____ Turma: _____
	Nome do Professor(a): _____	Data: ____/____/____	
LABORATÓRIO DE FÍSICA MÁQUINAS TÉRMICAS			

PRIMEIRA PARTE
EXPLODINDO GASES?!!

O que você acha que aconteceria se um recipiente com água fervendo dentro dele fosse tampado?



Pois é, ocorre uma explosão. A água fervendo (recebendo calor de uma fonte externa) evapora tornando-se vapor à temperatura alta, o que faz com que a pressão do sistema aumente. Como o volume do gás (volume do recipiente) permanece o mesmo, a tampa que pode ser removida facilmente é expelida para cima rapidamente. Esse fenômeno pode ser observado em uma das etapas do funcionamento de um motor a combustão interna (o de um automóvel, por exemplo). Para começarmos a entender melhor este aparato tecnológico, vamos observar a animação no site que você simulará etapas do ciclo Otto, acesse o link a seguir: <http://www.stefanelli.eng.br/webpage/automobilistica/motor-4-tempos-funcionamento-ciclo-otto-fagulha.html>.



O objetivo inicial dessa aula é mostrar experimentalmente alguns dos ciclos motores, por exemplo, o ciclo observado na animação é chamado de ciclo Otto (em referência ao engenheiro alemão Nikolaus August Otto). Infelizmente, não temos condições de reproduzir fisicamente todas as etapas em nosso laboratório didático, então a vantagem da utilização do simulador, entretanto experimentalmente nesta sequência didática vocês investigarão as etapas de expansão e compressão isobáricas do ciclo Otto. Porém, primeiro trabalharemos com

um outro ciclo motor idealizado, o qual denominamos de ciclo de Carnot, claro simularemos apenas duas das suas etapas, a expansão e compressão isotérmicas.

A transformação isotérmica (temperatura constante)

Manipularemos parcialmente o ciclo de Carnot, basta ver que se trata de uma máquina térmica ideal, mas que ainda não foi construída. Investigaremos as etapas de compressão e expansão isotérmicas que constituem os trechos CD e AB do ciclo motor da figura 1.

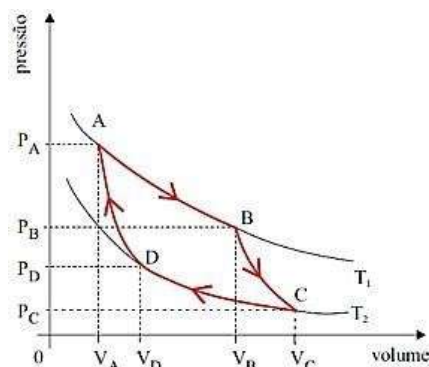


Figura 1: O ciclo de Carnot

Experiências realizadas com gases, mantém constante uma das grandezas: temperatura, pressão ou volume, que caracterizam o estado desse gás. Essas grandezas são chamadas de VARIÁVEIS DE ESTADO. Nesse primeiro aparato experimental vamos manter constante a TEMPERATURA (transformação isotérmica), o que corresponde à primeira (expansão AB) e à terceira (compressão CD) etapas do ciclo Otto. A curva obtida recebe o nome de ISOTERMA e é em matemática chamada hipérbole.

PROCEDIMENTO

- Montamos o aparato experimental mostrado na figura 2 . Medimos o diâmetro do êmbolo da seringa, conforme mostrado na figura 3.



Figura 2: aparato experimental



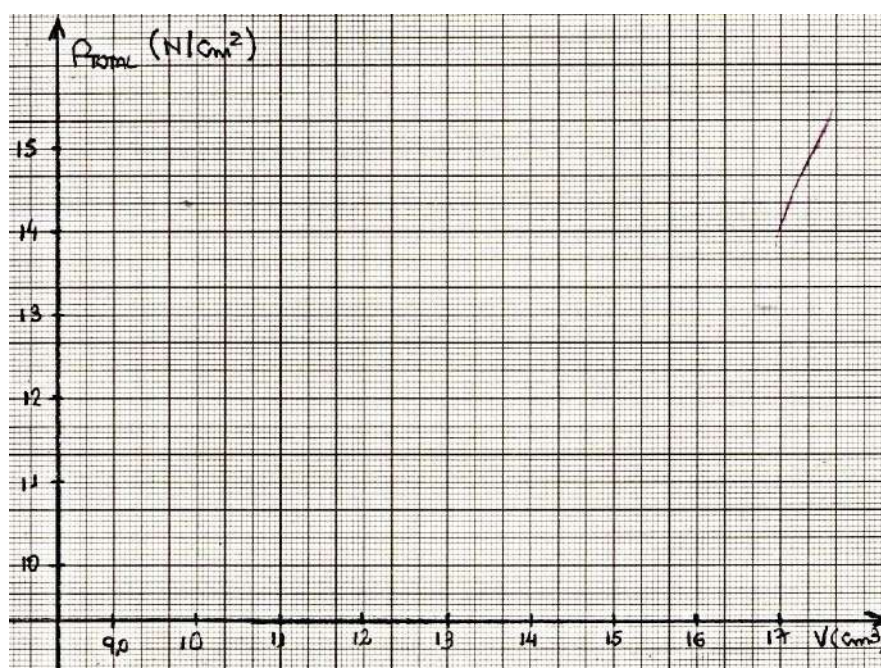
Figura 3: medindo o diâmetro

- Calculamos a área de um círculo através da expressão $A = \pi d^2/4$. Sabendo que o diâmetro do êmbolo é 2,51cm, ache a sua área em cm^2 .
- Variamos a massa sobre o êmbolo. Isto vai alterar a pressão sobre o gás. Lembre-se que $P = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$
- A pressão atmosférica vale $P_{atm} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Sabendo que $1\text{m}^2 = 10^4\text{cm}^2$, determine o valor da pressão atmosférica em N/cm^2 .
- Lembre-se também, que a força exercida sobre a área do êmbolo é o peso das massas aferidas. Portanto, deve ser calculado por $F_p = mg$
- Também, devemos lembrar que $1\text{cm}^3=1\text{ml}$
- Com isto, podemos preencher o Quadro 1.

Quadro 1: Medidas de pressão e volume

$m(kg)$	$F_{\text{peso}} = mg$ (N)	$P_{\text{moedas}} = \frac{F_{\text{peso}}}{A}$ (N/cm ²)	$P_{\text{total}} = P_{\text{moedas}} + P_{\text{atm}}$ (N/cm ²)	V (cm ³)	$P_{\text{total}} \cdot V$
0,5					
1,0					
1,5					
2,0					
2,5					
VALOR MÉDIO					

h) Construa o gráfico de P_{total} em função de V



2) Transformação isobárica: esta transformação é encontrada, conforme você manipulou no simulador, no primeiro tempo (expansão) e no quarto tempo (compressão) do ciclo Otto. Mas primeiro vamos recordar acerca do cálculo do trabalho para uma transformação gasosa à volume constante:

a) Calculando o trabalho realizado por um gás

Quando um gás sofre uma transformação à pressão constante (isobárica), o diagrama da pressão pelo volume (isobárica), o diagrama da pressão pelo volume é uma reta paralela ao eixo do volume. Veja as figuras 4 e 5.

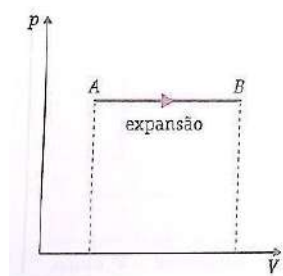


Figura 4: expansão isobárica

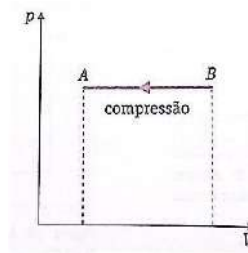


Figura 5: Compressão isobárica

Pode-se escrever uma expressão matemática que relaciona o trabalho (τ), a pressão (P) e a variação do volume (ΔV) sofrida pela substância gasosa.

$$\tau = P \cdot \Delta V \quad \text{onde} \quad \Delta V = V_{final} - V_{inicial}$$

PROCEDIMENTO

- 1) Ajuste o volume da seringa em um determinado valor (1ml por exemplo) e coloque na mistura água e gelo como mostra a figura 6. A mistura água e gelo, garante a temperatura próxima de 0°C .



Figura 6: Seringa na mistura água e gelo

- 3). Após alguns minutos, meça o volume do gás a 0°C . Anote esse valor: $V_{inicial} = \text{_____} \text{cm}^3$ 4).
Leve a seringa até o recipiente contendo água quente. O que acontece? Por quê?
-

- 5) Anote o valor do novo volume: $V_{final} = \text{_____} \text{cm}^3$

- 6) Considerando que a pressão do gás equilibra a pressão atmosférica, qual seria o valor dessa pressão, em N/m^2 ? _____ 7).

Determine a variação do volume em m^3

- 8). Determine o trabalho realizado pelo gás durante a expansão, em Joules (J).

CONCLUSÃO

Nas máquinas térmicas, ocorrem a variação da energia interna da substância que a opera (vapor de água ou gases resultantes da queima de combustíveis) e o **trabalho que elas realizam** quando essa substância está em condições de empurrar o pistão. Ou seja, o funcionamento das máquinas térmicas envolve aumento de energia interna da substância de operação e trabalho, e ambos dependem da quantidade de energia, na forma de calor, que foi transferida à substância.

- a) No caso da seringa, qual substância transferiu calor externo para que o gás realize trabalho sobre o êmbolo?
-

- b) Considerando o simulador mostrado no início da aula, qual elemento transferiu energia externa ao combustível para que ele realizasse trabalho?
-

- c) Considerando a conservação de energia, e chamando o calor externo fornecido ao gás de ΔQ , a variação da energia interna do gás de ΔU e o trabalho realizado de τ e, ainda, considerando que o trabalho representa a quantidade de energia útil (aproveitada) e a variação da energia interna, a quantidade que se “perde” (não é aproveitada), escreva uma expressão que relacione estas três grandezas.

A expressão acima é uma maneira mais ampla de formular o princípio da conservação da energia, incluindo não só a energia mecânica, mas também a térmica. Ela recebe o nome de PRIMEIRO PRINCÍPIO DA TERMODINÂMICA. A figura 6, representa esquematicamente este princípio.

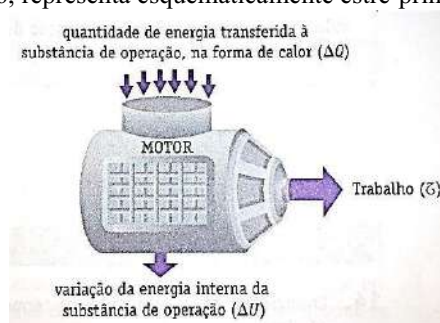


Figura 7: Esquema do balanço energético de uma máquina térmica

Se vocês prestaram atenção no experimento e no esquema de uma máquina térmica, a energia é transferida de uma fonte quente para uma fonte fria, obtendo trabalho e um subproduto em forma de calor (a máquina esquenta). Do ponto de vista energético, seria possível a fonte fria fornecer calor à fonte quente? E se for possível acontece?

SEGUNDA PARTE

- PROBLEMATIZAÇÃO:** algumas coisas não acontecem porque violam a conservação da energia (1ª lei da termodinâmica). Porém, nem tudo que respeita a lei da conservação da energia pode acontecer! Por exemplo, vamos recordar do vídeo que ilustrou quando uma taça de cristal com vinho, abandonada de uma certa altura, ao se chocar com o chão ela quebra e lança estilhaços em todas as direções. É sabido, que não houve perda e tampouco criação de energia no evento da taça quebrada e estilhaçada, entretanto ocorreram várias transformações de energia envolvendo sistema taça, vinho e o com a vizinhança nos arredores da taça, ou da figura 7 a seguir que retrata uma garrafa quebrando.



Em tom de provocação procure refletir com o seu grupo sobre as seguintes questões, depois discuta sobre as questões colocadas:

1.a. Do ponto de vista da primeira lei da termodinâmica (alicerçado no princípio de conservação de energia), existe algum impedimento de que por exemplo a vizinhança a taça estilhaçada, por exemplo as moléculas que constituem a atmosfera ao seu redor, possam recombinar as partículas da taça e ela voltasse a sua forma antes de ser quebrada? (Justifique a sua resposta).

1.b. Falta uma lei que diga o que pode e o que não pode acontecer, que diga em que sentido energia prefere fluir? Algo que indique a seta do tempo!

2. Observação inicial

Sobre a bancada existe um recipiente com água. Pingue uma gota de corante nesta água. Obviamente ela se espalha. POR QUE O CORANTE SE ESPALHA?

Desafio

: discuta com o grupo e admitindo a primeira lei da termodinâmica (que se trata de um princípio de conservação de energia), existe a possibilidade da água do recipiente contribuir e formar a gota na sua forma inicial.

a) Espontaneamente o processo de juntar a gota ocorre? Existe algum impedimento em termos da primeira lei da termodinâmica que proíbe tal evento? Justifique a sua resposta.

b) Este é um processo unidirecional irreversível. Mas, se ele fosse reversível (isto é, por conta própria ele faria a sequência inversa para vir a formar uma gota de corante novamente) estaria violando alguma outra lei da física?

2.1 Postulado da entropia

Comumente, a entropia é entendida como uma medida da desordem do universo. Possivelmente, esta é a maneira mais fácil de compreender, principalmente por pessoas leigas. Isto porque a ordem, seja lá qual for, é sempre um estado muito particular e estatisticamente pouco provável. Assim, dentro do que já discutimos, podemos expressar a propriedade central da entropia: “Se um processo irreversível ocorre num sistema *fechado*, a entropia S do sistema sempre aumenta; ela nunca diminui.”

Existe duas maneiras equivalentes para se definir a variação na entropia de um sistema:

- 1) Em termos de temperatura do sistema e da energia que ele ganha ou perde na forma de calor;
- 2) Contando as maneiras nas quais os átomos ou moléculas que compõem o sistema podem ser arranjados.

Inicialmente, observaremos o segundo método, que chamaremos de *visão estatística da entropia*.

2.2 Atividade: filmando bolinhas de gude, associado com o seu grau de liberdade (Entendo macroestado e microestado).

Sobre a bancada tem um recipiente com tampa, constituído de dois compartimentos que se comunicam por uma fenda. Além disso, dentro do recipiente existem vinte bolinhas de gude, como mostra a figura 8.



- Coloque as vinte bolinhas em um dos compartimentos. Há ordem nesta situação, portanto a entropia é pequena;
- Apoie o recipiente com as bolinhas sobre a superfície plana da bancada e feche o recipiente;
- Agite o sistema produzam um filme com o aparelho celular da posição que esteja alinhado com uma linha imaginária vertical que sai do centro do recipiente.

3. UM MODELO INSPIRADO NA VISÃO ESTATÍSTICA DA ENTROPIA.

3.1 Com recipiente fechado, agite novamente o sistema.

3.2 Abra o recipiente e veja a distribuição das bolinhas. É a mesma? O que mudou?

3.3 Repita o procedimento várias vezes e complete o Quadro 2.

Número de eventos (Agitadas)	Número de bolinhas de gude em cada compartimento	
	Compartimento da direita	Compartimento da esquerda
00	20	0
01		
02		
...
22		

3.4 Se você agitar mais “vigorosamente”, o que acontece? O que significa em física “agitar mais vigorosamente”?

3.5 Consultando a tabela percebe-se que à medida que aumenta o número de eventos, o número de bolinhas em ambos os compartimentos tende a se igualar, tendo em vista que, o número de microestados de maior probabilidade de acontecer é aquele em as bolinhas se dividem igualmente em ambos os compartimentos. Para confirmar esta observação, construa o gráfico número de eventos x número de esferas.

A FLECHA DO TEMPO

O tempo tem um sentido, o sentido no qual envelhecemos. Estamos acostumados com processos unidirecionais - ou seja, processos que podem ocorrer numa certa sequência (o sentido correto) e nunca na sequência inversa (o sentido errado). Quando um saco de pipocas é aquecido em um forno de micro-ondas, os grãos de milho explodem em flocos macios comestíveis que são um lanche perfeito para assistir um programa de TV, um filme ou um jogo de futebol. Contudo, se você decidir remover energia térmica dos grãos estourados colocando-os em um refrigerador, eles nunca voltarão ao seu estado original. Por que um processo que ocorreu em um forno não pode ser revertido, como um videotape rodado para trás? O QUE NO MUNDO ATRIBUI AO TEMPO UM SENTIDO DE EVOLUÇÃO? A chave para a compreensão de por que processos unidirecionais não podem ser invertidos envolve uma grandeza conhecida como ENTROPIA.

APÊNDICE C - Slides da Apresentação do EDUCERE



1



2



3



4



5



6



7



8



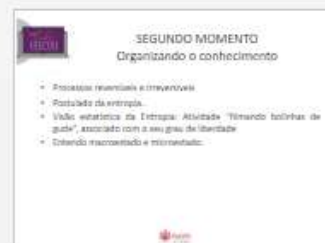
9



10



11



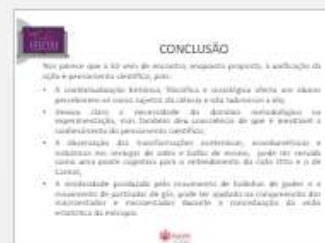
12



13



14



15

APÊNDICE D - Texto: Julgamento de Thamus

O Julgamento de Thamus

Você encontrará em Fedro de Platão uma história sobre Thamus, o rei de uma cidade do Alto Egito. Para pessoas como nós, inclinadas (na frase de Thoreau) a ser ferramentas de nossas ferramentas, poucas lendas são mias instrutivas do que esta. A história, como Sócrates contou para seu amigo Fedro, desenrolou - se da seguinte maneira: um dia Thamus recebeu o deus Theuth, que foi o inventor de muitas coisas, inclusive do número, do cálculo, da geometria, da astronomia e da escrita. Theuth exibiu suas invenções para o rei Thamus, afirmando que elas deviam ser amplamente conhecidas e disponíveis aos egípcios. Sócrates continua:

Thamus indagou sobre o uso de cada uma delas, e, enquanto Theuth discorria sobre elas, expressava aprovação ou desaprovação, à medida que julgasse as afirmações de Theuth bem ou mal fundamentadas. Levaria tempo demais repassar tudo o que relatou sobre o que Thamus disse a favor ou contra cada invenção de Theuth. Mas quando chegou na escrita, Theuth declarou: "Aqui está uma realização, meu senhor rei, que irá aperfeiçoar tanto a sabedoria como a memória dos egípcios. Eu descobri uma receita segura para a memória e para a sabedoria". Com isso, Thamus replicou: "Theuth, meu exemplo de inventor, o descobridor de uma arte não é o melhor juiz para avaliar o bem ou dano que ele causará naqueles que a pratiquem. Portanto, você, que é pai da escrita, por afeição ao seu rebento, atribui-lhe o oposto de sua verdadeira função. Aqueles que a adquirirem vão parar de exercitar a memória e se tornarão esquecidos; confiarão na escrita para trazer coisas à sua lembrança por sinais externos, em vez de fazê-lo por meio de seus próprios recursos internos. O que você descobriu é a receita para a recordação, não para a memória. E quanto à sabedoria, seus discípulos terão a reputação dela sem a realidade, vão receber uma quantidade de informação sem a instrução adequada, e, como consequência, serão vistos como muito instruídos, quando na maior parte serão bastante ignorantes. E como estarão supridos com o conceito da sabedoria, e não com a sabedoria verdadeira, serão um fardo para a sociedade".

(Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia/Neil Postman)

O rico e criativo mito elaborado por Sócrates nos permite refletir sob diversos ângulos a respeito dos perigos engendrados pela escrita. Escolhemos, no entanto, começar nossa investigação a partir de um ponto que consideramos fundamental para o entendimento de toda essa problemática: a relação de proximidade que a escrita mantém com a imagem, uma vez que a dimensão imaginária comportada pela escrita faz com que esta se apresente, necessariamente, tal como a imagem, a partir de uma ambiguidade essencial. A relação íntima entre a escrita e a imagem é atestada, além disso, pelo próprio sentido que o termo "escrita" porta em grego, visto que, provinda do verbo γράφω, esta significa arranhar, marcar, traçar linhas, gravar, desenhar, pintar. É deste sentido inerente à palavra grega que Platão parece se apropriar ao realizar no texto uma comparação entre a pintura e a escrita. Na analogia criada, ele afirma que, assim como a pintura nos ilude ao apresentar uma imagem como viva quando está, na verdade, imóvel e inerte, e não pode nos responder uma só pergunta, o escrito, em seu caráter de imagem, também nos permite uma única via de interpretação, na medida em que este, se indagado a respeito do que ele próprio diz, só pode nos dar uma única resposta.

Enquanto contém ou concentra, de alguma forma, em seus caracteres um determinado conhecimento, a escrita pode realizar, perigosamente, uma espécie de imobilidade ou cristalização do saber, que ameaça pôr em risco a vida, no sentido de que, apresentando sempre a mesma e única, maciça e cerrada, resposta, ela inviabiliza o advento do novo, da produção e da criação. De sorte que, ao fazer isso, a escrita pode impedir de despertar, novamente, no homem o movimento original de busca pelas realidades transcendentais, uma vez que este só pode visualizar as verdadeiras essências, isso que é em si e por si mesmo, à medida que o texto consegue transparecer seu próprio limite e não uma completude aparente e ilusória, que, ao oferecer um sentido único, fecha-se e encerra-se dentro de si mesmo, não nos reportando, desse modo, para nada além de si próprio.

Nesse sentido, a escrita se mostra a partir de uma dupla possibilidade de apreensão: ao deixarmos-nos atravessar e interpelar pela insuficiência do texto em sua impossibilidade de apreender o não captável e o inapreensível dos seres inteligíveis, a escrita pode cunhar em nós, ao nos fazer esbarrar subitamente com o indizível do texto, o desejo de busca por essas mesmas realidades; por outro lado, permitindo-nos enredar na dimensão de imagem do escrito - como se este, em si mesmo, pudesse dizer tudo - correremos o risco de ver emergir no cerne de nossas vidas uma paralisia estranha que lembra a morte. Do mesmo modo que a morte é a ausência radical e total do movimento

pertencente à vida, a escrita, pelo engessamento que, em alguns casos, promove, pode causar uma estagnação que implica, comparativamente, na incursão da morte no seio da vida. É nesse sentido que o deus Teute, inventor da arte da escrita, é, ao mesmo tempo, o deus da morte para os egípcios¹⁵⁰.

Na medida em que o caráter de imagem da escrita permite ao homem acessar somente um único sentido, gerando, com isso, a falsa impressão de conter um conhecimento absoluto, esta pode inviabilizar o movimento da alma humana para além de si mesma, do mesmo modo que o texto escrito só nos reporta quando questionado a respeito do que diz para ele próprio, de sorte que, ao aprisionar o movimento, fundamentalmente intrínseco à vida, a escrita pode produzir uma paralisia, que aproxima o homem da morte, já que a inércia e a imutabilidade da vida é a própria presença da morte no meio desta. Assim como a pintura, a escrita pode, por conseguinte, nos apresentar a aparência de um conhecimento vivo e real, quando, no fundo, nos captura e nos conduz, sorrateiramente, para a morte.

(Amor, belo e escrita a partir do diálogo Fedro de Platão. SILVA, E. M. O., 2011, p. 84).

Questões para reflexão e discussão em grupo:

Em Fedro de Platão, o rei Thamus do alto Egito, argumenta que a escrita seria um fardo para a sociedade, com a formação de falsos sábios e uma legião de esquecidos.

O que ele quer dizer com falsos sábios e legião de esquecidos?

Para contra argumentar o rei Thamus, desenvolva um discurso em defesa da escrita e aponte os benefícios da tecnologia da escrita e justifique com propriedade cada uma delas:

Em um mundo de informação e amplamente disponível, como identificar a verdadeira sabedoria? Como identificar as informações falsificadas? E, como buscar informações em fontes confiáveis? Onde você busca informações?

Para Harold Innis que falou repetidas vezes dos “monopólios do conhecimento” criados por importantes tecnologias. Ele referia - se precisamente ao que Thamus tinha em mente: aqueles que têm o controle do funcionamento de uma tecnologia particular acumulam poder e, de maneira inevitável, forma uma espécie de conspiração contra aqueles que não têm acesso ao conhecimento especializado, tornando disponível pela tecnologia, ou seja, um grande segmento de usuários leigos. Respondam os itens a seguir depois da discussão no grupo:

- a) Whatsapp, face book, Twitter e outras mídias de interação social são consideradas boas referências de informação? Por quê?
- b) Cite outros domínios de conhecimento tecnológico e explique os motivos das suas escolhas?
- c) Pesquise exemplos recentes de manipulação de informação e descreva quais foram:

APÊNDICE E - Ficha de Leitura

INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DA FICHA DE LEITURA

FICHA DE LEITURA

AULA ____ : _____

OBSERVAÇÕES:

1. Um dos integrantes da equipe deverá gravar um áudio da discussão dos integrantes da equipe, sobre a discussão do texto.
2. Criar um grupo no whatsapp para equipe compartilhar textos, vídeos e a produção do vídeo explicativo a partir do roteiro construído na ficha de leitura.

Objetivo geral do texto apresentado: aqui vocês escreverão sobre qual é o tema geral do texto, em outras palavras, do que ele procura informar para os leitores, qual é o saber científico que trata a aula? Leiam todo o texto e discutam no grupo, qual seria o tema geral.

Objetivos específicos: a orientação para este item é o de anotar conceitos científicos que também fazem parte do texto, entretanto em um grau de importância menores, em outras palavras, o texto tem o objetivo de informar sobre outros conceitos científicos que se submetem ao tema geral. Procurem depois da leitura do texto discutir no grupo quais são esses outros conceitos.

Primeiro momento/Contextualização

A contextualização ou problematização encontra-se logo na primeira página e, pode iniciar com uma pergunta, uma imagem ou um pequeno texto que envolva coisas que você conhece do seu dia a dia. Depois, nas outras páginas há uma tentativa na construção do texto de responder as questões iniciais, procurando definir conceitos, citar exemplos do seu dia a dia. Portanto, nesta célula da ficha de inscrição procure anotar sobre o que o texto inicial tratou, como contexto inicial ou questões iniciais.

Segundo momento/formativo, com problematizações, questionamentos e investigação de especialidades

Nesta célula você informará sobre a fundamentação teórica que tratam as 2ª e 3ª páginas, enriqueça as explicações do texto com imagens, outras explicações, vídeos, enfim, sejam criativos. Para ampliar a explicação dos conceitos pesquisem na internet, assistam vídeos, perguntem para mim pelo grupo ou no laboratório de física durante a semana, poderei orientar melhor vocês. Os livros da biblioteca também poderão ajudar vocês na investigação, tem que se mexer. Discutam no grupo sobre suas pesquisas, poderei acompanhar e ajudar orientando.

Terceiro momento/ Para transcender as leituras

Para preencher esta célula da ficha de leitura, ao lerem o texto percebam que surgirá outros exemplos em relação ao contexto inicial, ou problema inicial, ou questões iniciais. É neste ponto que o texto procura transcender o conteúdo do texto para outras situações. Às vezes a aplicação dos conceitos em outras situações encontra-se na última página do texto, esta observação poderá ajudá-los.

Referências: trata-se das fontes que vocês utilizarão além do texto entregue originalmente, que poderá ser livros, textos da internet, vídeos do youtube ou outras fontes.

Roteirização da aula a partir da ficha de leitura, para a gravação do vídeo para algo similar com divulgação científica.

Nesta célula da ficha da leitura é o ponto mais importante, depois de terem identificado as principais informações durante a leitura, terem discutidos cada item no grupo e preenchidos as células anteriores. Vocês encontrarão a melhor maneira de explicar o texto estudado e por favor surpreenda os outros grupos e o professor com o roteiro de como vocês amarraram a história, já citando quais textos, imagens e vídeos utilizarão. Não esqueçam que deve ser um texto fácil de explicar e enriquecido com a criatividade de vocês, um vídeo baseado no roteiro para surpreender os colegas e o professor. Envio do vídeo para o e-mail: juliomuchenski@gmail.com

APÊNDICE F - Do Encantamento ao Horror Científico (Artigo)

No artigo desenvolve-se uma história em quadrinhos (HQ) com intuito de discutir o papel dos experimentos através das telas *A philosopher giving that lecture on the orrery* (1766) e *An experiment on a bird in the air pump* (1768) de Joseph Wright. À luz da HQ e da temática envolvida, espera-se contribuir para a disseminação de uma educação em consonância com reflexões filosóficas contemporâneas e trazer possibilidades para se pensar a ciência, as demais áreas do saber e seus aspectos a partir de novas perspectivas.

Atividade proposta:

- 1). Na caixa de pesquisa da página do Google Acadêmico cole o link abaixo relativo ao artigo: Do encantamento ao horror científico. Acesse o artigo no link: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol15-Num2/a06-low.pdf>
- 2). Realize a leitura do artigo. E, produza um resumo comentado no caderno de física, digitalize.
- 3). Utilize o artigo como referência para responder à questão a seguir:

A Sociedade Lunar, conforme a obra abaixo, passou a divulgar ciência em diferentes ambientes. E um dos seus membros era James Watt, que aperfeiçoou a máquina térmica idealizada no séc. II a.c. pelo Rei Heron, inspirando outras pessoas que contribuíram para os motores à combustão interna, tal como conhecemos hoje.

A figura: *An experiment on a bird in the air pump* (Um experimento com um pássaro na bomba de ar) de Joseph Wright of Derby, 1768. Fonte: ABCgallery.com. Joseph Wright. Que também fazia parte da Sociedade Lunar, juntamente com James Watt e Joseph Priestley, o primeiro que contribuiu com sua máquina térmica a vapor e o segundo com seus estudos sobre os gases e a descoberta do gás oxigênio.



A equipe deve produzir uma síntese a respeito da leitura da obra, abordando os seguintes itens:

- a. O tema principal da obra. Justifique.
- b. Quais os elementos simbólicos que aparecem na pintura e o que eles significam?
- c. Do ponto de vista ético aponte pontos positivos e pontos negativos a respeito da fabricação do experimento da bomba de ar.

Observação: o artigo será debatido em sala de aula.

APÊNDICE G - Problematização Sobre Conforto Térmico

QUAL A MELHOR TEMPERATURA PARA O NOSSO CONFORTO TÉRMICO?

Você como um “engenheiro ou arquiteto amador” atente-se para o seguinte problema: como propiciar no ambiente circunjacente da sala de aula uma condição de satisfação em termos de conforto térmico? Em outras palavras como adequar uma sala de aula para os dias típicos de verão e de inverno, para deixar a sala de aula confortável termicamente para os dias quentes e para os dias frios?

Refleta sobre o problema: junto com sua equipe de trabalho busque traçar uma estratégia para solução do problema, para encaminhar a discussão procurem responder os seguintes questionamentos:

a.O tamanho da sala de aula deve ser considerado? Um esquema com as medidas da sala é importante? Caso afirmativo, a equipe deverá realizar as medidas da sala de aula para auxiliar o desenho de um croqui³⁷ da sala de aula.

b.A face que está localizada a sala de aula em relação ao sol, faz diferença no aquecimento da sala de aula? (Utilize uma bússola para identificar a orientação da janela, o celular poderá ajudar).

c.O tamanho das janelas e o tipo de vidros utilizados podem interferir na transferência de calor entre a sala e o ambiente? Justifique. Em qual sentido ocorre tal fluxo de calor, da sala para a rua ou da rua para a sala de aula? Justifique.

d.O ambiente de sala de aula e a resolução do problema deve considerar a sala de aula com alunos ou sem alunos? Os estudantes podem ser aproximados de uma “máquina térmica”? Pesquise no que consiste uma máquina térmica.

e.Explique se a utilização de ventiladores na sala de aula resolveria o problema? Explique se o ventilador funciona no arrefecimento do ambiente?

f.Por que a utilização de ar condicionado na sala de aula resolveria o problema?

g.O que acontece com o ar quente dentro da sala de aula e com o ar frio? Já ouviram falar em correntes de ar quente e frio? Onde se deve instalar um ar condicionado na parte superior ou inferior da parede?

h.A demanda por energia elétrica para alimentar eletricamente os ventiladores e/ou ares condicionados aumentaria, isto é fato, o sistema elétrico do colégio está preparado para tal aumento de demanda por energia elétrica?

i.Com sua equipe catalogue todos os elementos elétricos da sala de aula do laboratório de física, identificando a potência elétrica de cada aparelho, e preencha a tabela a seguir:

Instrução: utilizem a tabela abaixo e anote os valores referentes a cada uma das colunas. O tempo de funcionamento de cada aparelho deve ser o mais preciso possível.

Aparelho elétrico	Potência em watt	Tempo de funcionamento	Potência x tempo (Wh)
...

A soma de todos os produtos da potência pelo tempo de funcionamento medido em horas, indica a energia utilizada em uma semana medida em watt-hora. Para saber o consumo mensal, basta multiplicar por 4,5. Que é o número de semanas por mês.

³⁷ Croqui: a origem do termo croqui remonta ao início do século XIX: vem do francês croquer, que significa simplesmente esboçar, e pode aplicar-se às mais diversas áreas, da arquitetura à moda. Croqui significa desenho e não pressupõe grande precisão ou refinamento. O croqui também pode ser entendido como a primeira fase do projeto.

Dividindo-se por 1000, o resultado será o valor do consumo de energia elétrica medido em kWh.

j. A demanda por energia elétrica para alimentar eletricamente os ventiladores e/ou ares condicionados de todas as salas de aula do colégio aumentaria, isto é fato, o sistema elétrico do colégio está preparado para tal aumento de demanda por energia elétrica? Justifique.

k. O que são materiais condutores térmicos e isolantes térmicos?

l. Os objetos da sala de aula aquecem e esfriam no mesmo intervalo de tempo? Conseguem identificar os materiais isolantes térmicos e condutores térmicos existentes em sala de aula?

GUIA DE ESTUDOS: ORGANIZAÇÃO DAS IDEIAS

O grupo deve ter identificado uma série de elementos relacionados com a situação problema e agora devem organizar as variáveis e pensar uma estratégia para solucionar o problema, para tanto montem um roteiro de trabalho:

a. Discuta com a equipe como representar a sala de aula, lembra-se do croqui, seu esboço deverá constar a vista superior e lateral da sala de aula, utilizem das dimensões da sala de aula, não esqueçam das medidas e da marcação no croqui das janelas e portas:

(Se você nunca ouviu falar em vista superior ou lateral, só há um caminho a pesquisa)

b. É pertinente listar os materiais isolantes e condutores da sala de aula e identificar o parâmetro utilizado para diferenciar um isolante de um condutor térmico. Aqui a pesquisa novamente é importante para identificar qual parâmetro é utilizado para fazer tal diferenciação.

c. A condição para transferência de calor de um sistema para outro sistema é a diferença de temperatura entre eles, entretanto, é importante como é feita tal transferência, portanto o grupo deve pesquisar sobre formas de transferência de calor.

d. Aparentemente a solução do problema é simples, instalação de ar condicionado, entretanto a escolha não é simples, pois existe uma série de variáveis, neste trabalho serão abordadas grandezas físicas do conteúdo de física térmica, que serão definidas e devidamente compreendidas, para uma proposta de solução do problema mais realista possível, nas limitações das ferramentas estudadas no curso de física de nível médio.

e. Em sala de aula ocorrerá a apresentação de ferramentas conceituais da física térmica, as quais deverão fazer parte do aprendizado significativo dos estudantes, que auxiliarão na busca da resolução da situação problema.

f. Realização de leituras para embasamento conceitual para o grupo segue a lista de leituras e o link para encontrar os textos sugeridos, para realização de fichamentos dos textos:

Aula 08 - Calor e conforto.

Aula 09 - Transportando o calor.

Aula 10 - Cercando o calor.

(Aulas: 8 a 10: http://www.if.usp.br/gref/termo/termo_2.pdf)

Aula 20 - Cavalos de aço.

(link aula 20: <http://www.if.usp.br/gref/termo/termo4.pdf>)

APÊNDICE H - Atividade Experimental: Capacidade Térmica

Brisas amenas ou vendavais assustadores? O que propicia a formação dos ventos?

A inclinação do eixo da Terra, a localização de uma região (latitude e longitude) determinam a quantidade de radiação solar que a região recebe. O solo, a água e a vegetação, entretanto, alcançam temperaturas diferentes ao receberem a mesma quantidade de radiação solar.



Esse aquecimento diferenciado, juntamente com as características de cada região determinam o seu clima. Por que, por exemplo, quando caminhamos no período da manhã na areia afastada da praia, ela está muito mais quente que a água do mar?

EXPERIMENTO DE PENSAMENTO: caso deixássemos em duas vasilhas rasas a mesma massa de água e de areia expostas ao Sol. E medíssemos a temperatura da água e da areia algumas vezes, anotando esses valores.



Você verificaria com essa atividade que para massas iguais de areia e água que receberam a mesma quantidade de energia na forma de radiação solar, a elevação da temperatura de qual substância seria maior? A areia ou a água perderia calor mais rapidamente quando retirada do Sol?

Depois retirássemos as vasilhas do Sol, você também poderia comparar as quedas de temperatura da areia e da água ao longo do tempo. Como você explica a diferença de variação da temperatura para a massa da água e de areia? E qual a relação com a formação das brisas marítimas?



A capacidade térmica

O calor específico de uma substância nos informa quantas calorias de energia necessitamos para elevar de 1°C a temperatura de 1 grama dessa substância. Portanto, para quantificar a energia térmica consumida ao se aquecer ou resfriar um objeto, além do seu calor específico temos que levar em conta a sua massa. Consumimos maior quantidade de calor para levar à fervura a água destinada ao preparo do macarrão para 10 convidados do que para 2 pessoas. Se para a mesma chama do fogão gastamos mais tempo para ferver uma massa de água maior, significa que precisamos fornecer maior quantidade de calor para ferver essa quantidade de água. Também para resfriar muitos refrigerantes precisamos de mais gelo do que para poucas garrafas. Se pensarmos em como as substâncias são formadas, quando se aumenta sua massa, aumenta-se a quantidade de moléculas e temos que fornecer mais calor para fazer todas as moléculas vibrarem mais, ou seja, aumentar sua energia cinética, o que se traduz num aumento de temperatura.

Calorímetros

Para trabalhos em laboratórios, podemos reduzir as perdas de energia do sistema utilizando um recipiente isolante térmico. Este dispositivo é denominado calorímetro. Um tipo de calorímetro está representado na figura 1. Ele é feito de metal e recoberto de isopor, possui um termômetro e um misturador, colocados m seu interior através de dois furos na tampa.



Figura1: calorímetro

Podemos usar um calorímetro para determinar o calor específico de uma substância da seguinte maneira:

1. Coloca -se uma quantidade de água, de massa conhecida, no interior do calorímetro;
2. Mede -se a temperatura do equilíbrio térmico entre a água e o calorímetro;
3. Mede -se a massa do objeto de cuja substância se quer determinar o calor específico;
4. Aquece -se o objeto até uma certa temperatura, medida com precisão e, depois, coloca-se o objeto dentro do calorímetro, com a água;
5. Agita -se a água com um leve movimento e mede-se a temperatura de equilíbrio térmico entre ela e o objeto.
6. Utiliza-se do princípio das trocas de calor e calcula-se a propriedade do calor específico_da_substância

Conhecendo a capacidade térmica do calorímetro de trabalho

Na tabela a seguir: anote os dados obtidos nos procedimentos para determinação da capacidade térmica do calorímetro, que será utilizado nos experimentos de calorimetria.

ÁGUA QUENTE			CALORÍMETRO		ÁGUA FRIA			TODOS (EQUILÍBRIO TÉRMICO)
$m_{aq}(g)$	$c(cal/g \cdot ^\circ C)$	t_{aq}	$m_c \cdot c_c(cal/^\circ C)$	$t_c(^\circ C)$	$m_{af}(g)$	$c(cal/g \cdot ^\circ C)$	$t_{af}(^\circ C)$	$t(^\circ C)$

Cálculo da capacidade térmica do calorímetro utilizando o princípio das trocas de calor (Lei zero da Termodinâmica):

Responda:

a) O que é um calorímetro?

b) O que acontece quando colocamos substâncias com temperaturas diferentes dentro de um calorímetro?

- CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO

Realize as medidas e determine o calor específico dos sólidos da tabela abaixo. Algumas substâncias serão sugeridas pelo professor, ou você pode escolher outras substâncias.

SUBST.	ÁGUA			CALORÍMETRO		SUBSTÂNCIA			TODOS (EQUILÍBRIO TÉRMICO)
	$m_a(g)$	$c(cal/g.^{\circ}C)$	t_a	$m_c.c(cal/^{\circ}C)$	$t_c(^{\circ}C)$	$m_s(g)$	$c(cal/g.^{\circ}C)$	$t_s(^{\circ}C)$	$t(^{\circ}C)$

$m_c =$

$m_c + m_a =$

$m_a =$

$m_c + m_a + m_s =$

$m_s =$

Responda:

a. Qual das substâncias testadas requer mais energia para elevar em $1^{\circ}C$ a temperatura de cada grama? Explique.

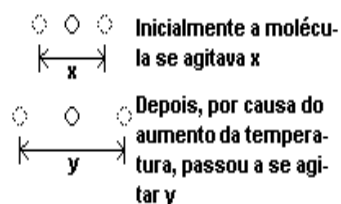
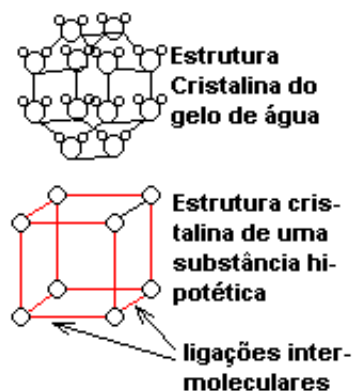
b. O que significa dizer que o calor específico de uma substância vale $0,24 cal/g ^{\circ}C$?

c. Como são os valores do calor específico de dois corpos de mesma massa, mas de substâncias diferentes?

APÊNDICE I - Atividade Teórico Experimental: Calor Latente

Quando é transferido energia para um sólido, sempre ocorrerá o seu aquecimento?

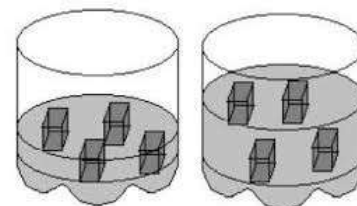
A temperatura de um corpo é quando as moléculas dele estão agitadas ou se agitando. Isso significa que quando a temperatura aumenta, as moléculas se agitam mais, certo? Se elas se agitam mais, elas precisam de mais espaço para se movimentar. Se cada molécula sozinha ocupar um pequeno espaço a mais, então o corpo como um todo também vai ocupar um espaço extra. Vamos visualizar isso em um sólido. Nos corpos nesse estado físico, as moléculas estão "presas" umas às outras por ligações intermoleculares (Dipolo-dipolo, Forças de Van der Waals ou Pontes de Hidrogênio) formando uma figura geométrica. Essa formação do conjunto de moléculas de um corpo é a estrutura cristalina ou retículo cristalino. Veja o exemplo do gelo de água e de uma substância hipotética cujo retículo cristalino seja exatamente um cubo.



A agitação de uma molécula, faz com que ela tenha pontos extremos de seu movimento de vai e vem, como um balanço. A distância entre esses extremos é a amplitude do movimento de vibração da molécula. Quando a temperatura aumenta, essa amplitude também aumenta.

Para um pedaço de gelo aquecido de -5°C até 0°C , o seu grupo de trabalho pode retomar a ideia de capacidade térmica e escrever a seguir a expressão que a representa e, indicar do que depende essa capacidade térmica:

Agora com o calorímetro, coloquem uma pequena porção de água e gelo no interior do calorímetro mantendo-o destapado, portanto exposto a incidência de energia do meio ambiente sala, meça a temperatura inicial e passem a monitorá-la e anotá-las por alguns instantes e, descreva o que foi observado pelo grupo em relação aos valores de temperatura medidos, caso tenha havido algum estranhamento aponte-o:



Neste modelo de matéria imaginamos que as moléculas não ficam paradas e sim que elas oscilam. Essa oscilação é mais ou menos intensa dependendo da temperatura do material. Porém, ao monitorarem a temperatura da mistura de gelo com água, o grupo deve ter observado que a temperatura da mistura se manteve em uma temperatura constante, próximo de 0°C , que assim podemos afirmar que esta temperatura indica a temperatura de fusão do gelo. Mas, segundo o

modelo de capacidade térmica descrito pelo grupo, a mistura gelo e uma pequena porção de água deveria ter variado a temperatura ao estar exposta ao meio ambiente sala, mas durante vários minutos não houve a variação da temperatura.

Assim, discuta com o grupo a afirmação: sempre que uma substância recebe energia ocorre a variação da temperatura? (Anotar no quadro abaixo as especulações do grupo).

Para auxiliar a discussão, mais alguns questionamentos: e, o que aconteceu com a estrutura cristalina com a adição dessa energia, procurem recordar se a porção de gelo foi mantida, ou foi fundida em líquido?

Experimento: cálculo da quantidade de energia (Q) necessária para fundir uma massa de gelo, esta estando na temperatura de 0° C.

Podemos usar um calorímetro para determinar o “Q” da seguinte maneira:

- Coloca-se uma quantidade de água, de massa conhecida, no interior do calorímetro;
- Mede-se a temperatura do equilíbrio térmico entre a água e o calorímetro;
- Mede-se a massa do cubo de gelo que se quer determinar o Q;
- Antes de colocar o cubo de gelo que está a 0° C, medida com precisão e, depois, coloca-se o cubo dentro do calorímetro, com a água;
- Agita-se a água com um leve movimento e mede-se a temperatura de equilíbrio térmico depois de fundido a massa de gelo.
- Utiliza-se do princípio das trocas de calor e calcula-se o “Q” necessário para fundir a massa de gelo.

Na tabela a seguir: anote os dados obtidos nos procedimentos para determinação da quantidade de energia necessária para a fundição da massa de gelo.

ÁGUA QUENTE			CALORÍMETRO		GELO		TODOS (EQUILÍBRIO TÉRMICO)
$m_{aq}(g)$	$c(cal/g.^{\circ}C)$	t_{aq}	$m_c.c_c(cal/^{\circ}C)$	$t_c(^{\circ}C)$	$m_g(g)$	$t_g(^{\circ}C)$	$t(^{\circ}C)$

$m_c =$

$m_c + m_a =$

$m_a =$

$m_c + m_a + m_s =$

$m_s =$

PRINCÍPIO DAS TROCAS DE CALOR. (Calcule o $Q_{\text{FUSÃO}}$)

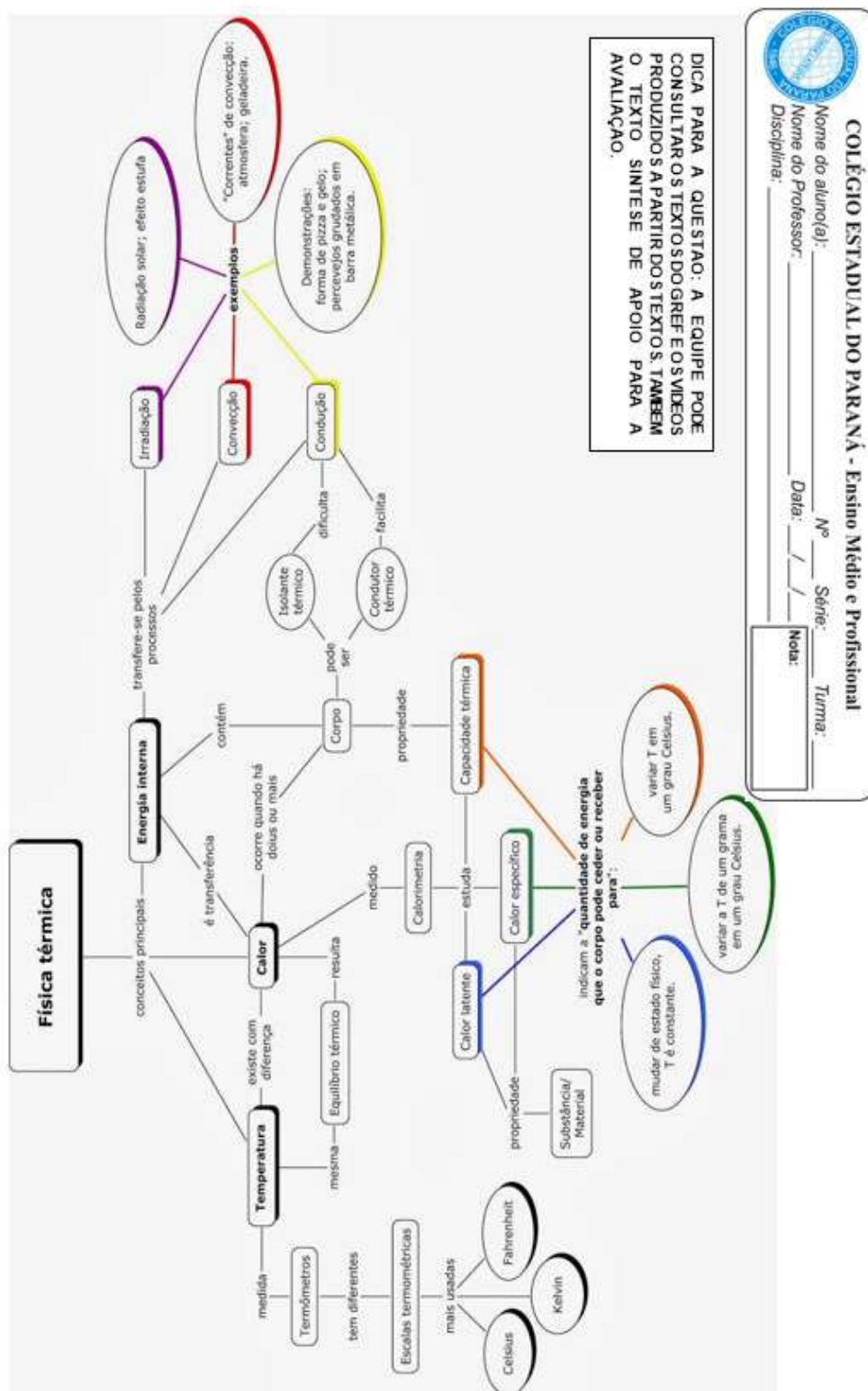
$$Q_{\text{ÁGUA}} + Q_{\text{CALORÍMETRO}} + Q_{\text{FUSÃO}} + Q_{\text{AQUECIMENTO}} = 0$$

E quando uma massa de gelo recebe energia, entretanto não aquece, e sim altera o seu estado físico. Realize os cálculos utilizando o princípio das trocas de calor, determinando a quantidade de calor necessário para fundir a massa de gelo:

Responda:

- Quantas calorias são necessárias para fundir 1 grama de gelo? Realize o cálculo admitindo a informação encontrada para a massa de gelo fundida.
- Sempre que fornecemos energia para um objeto, sua temperatura aumenta?
- O que acontece com a temperatura do gelo, enquanto ele está fundindo?
- Proponha uma equação para o cálculo da quantidade de calor, necessária para fundir uma massa qualquer de gelo: (Lembrando que a equação: $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$), obtida a partir da capacidade térmica não se aplica, pois enquanto a massa de gelo funde não ocorre a variação da temperatura).

APÊNDICE J - Primeira Prova da Termodinâmica



1. **QUESTÃO EM EQUIPE. (A EQUIPE DEVE GRAVAR UM ÁUDIO DA DISCUSSÃO DOS INTEGRANTES E ENVIAR PARA O E-MAIL: juliomuchenski@gmail.com).** Analisem o diagrama acima (mapa conceitual), identifiquem a associação entre os conceitos da física térmica para produzir uma lista, com uma sequência hierárquica dos conceitos, numerando do mais elaborado (abstrato), para o menos elaborado, e escreva como eles se associam.

2. **QUESTÃO EM EQUIPE. (A EQUIPE DEVE GRAVAR UM ÁUDIO DA DISCUSSÃO DOS INTEGRANTES E ENVIAR PARA O E-MAIL: juliomuchenski@gmail.com).**

PRIMEIRO MOMENTO: proponham um contexto³⁸ envolvendo conceito (s) da física térmica (retomados na questão anterior). O contexto pode ser uma notícia, uma ficção, uma experiência vivida no mundo da vida de um dos integrantes da equipe ou um aparelho com alguma associação com o (s) conceito (s) apontado (s) no diagrama do mapa conceitual da física térmica, um pequeno texto que envolva coisas que você conhece do seu dia a dia relacionadas com a física térmica.

SEGUNDO MOMENTO: o desafio para equipe é o de criar uma questão relacionada com o contexto elaborado no primeiro momento. Lembrem-se que uma questão colocada que pode ser respondida com um simples sim ou não, não é considerada uma questão bem elaborada. Portanto, elaborem uma questão com alguma complexidade que provoque o incomodo no leitor, para retirar ele da sua “zona de conforto”. O questionamento pode exigir uma resposta conceitual e/ou cálculos.

TERCEIRO MOMENTO: respondam da forma mais completa a questão colocada, inclusive citando a sua aplicação em outras situações similares.

(LEMBREM-SE QUE QUANTO MAIS ELABORADA A QUESTÃO EM TERMOS DA SUA COMPLEXIDADE E DE PROVOCAÇÃO, PERMITIRÁ UMA AVALIAÇÃO DE ATRIBUIÇÃO DE MAIOR CRÉDITO EM TERMOS QUANTITATIVOS).

3. QUESTÃO INDIVIDUAL: agora o desafio é pessoal, cada integrante da equipe deve criar uma questão acerca das transformações das escalas termométricas: Celsius, Fahrenheit e Kelvin. A problematização deve conter o contexto e uma pergunta que exija uma resposta conceitual e cálculos. Por fim, o integrante deve também apresentar o gabarito da questão, em outras palavras responder à questão da forma mais completa. (Lembre-se que a atribuição de crédito na avaliação levará em conta a sua criatividade e a complexidade da questão).

4. QUESTÃO EM EQUIPE. (A EQUIPE DEVE GRAVAR UM ÁUDIO DA DISCUSSÃO DOS INTEGRANTES E ENVIAR PARA O E-MAIL: juliomuchenski@gmail.com).

Por exemplo, a Sociedade Lunar, conforme a obra abaixo, passou a divulgar ciência em diferentes ambientes. E um dos seus membros era James Watt, que aperfeiçoou a máquina térmica idealizada um dia por Rei Heron, bem como pavimentou a estrada para os motores a combustão interna que conhecemos hoje. A figura: An experiment on a bird in the air pump (Um experimento com um pássaro na bomba de ar) de Joseph Wright of Derby, 1768. Fonte: ABCgallery.com. Joseph Wright, que também fazia parte da Sociedade Lunar, juntamente com James Watt e Joseph Priestley, o primeiro que contribuiu com sua máquina térmica a vapor e o segundo com seus estudos sobre os gases e a descoberta do gás oxigênio. A equipe deve produzir uma síntese a respeito da leitura da obra, abordando os seguintes itens:

- a. O tema principal da pintura. Justifique.
- b. Os elementos simbólicos que aparecem na pintura e o que eles significam?
- c. Uma analogia: entre a simbologia do casal adolescente e apaixonado que estariam alienados ao experimento, com a nossa realidade de usuários “leigos” dos objetos da sociedade técnico-científica.



- d. Do ponto de vista ético da época em que a pintura foi realizada, a equipe deve apontar pontos positivos e pontos negativos a respeito da fabricação do experimento da bomba de ar. (Lembre-se da atividade do Julgamento de Thamuz, em relação à invenção de um objeto tecnológico, que pode apresentar pontos positivos e pontos negativos).

³⁸ CONTEXTO: circunstâncias, conjuntura, situação, quadro, enquadramento, âmbito, ambiente, cenário. É o conjunto de circunstâncias em que se produz a mensagem que se deseja emitir, lugar e tempo, emissor e receptor, etc.

OBSERVAÇÃO: A SÍNTESE DEVE SER ESCRITA NA FOLHA RESPOSTA ANEXADA A FOLHA DE QUESTÕES. PARA MELHOR VISUALIZAÇÃO A PINTURA ESTARÁ PROJETADA DURANTE A AVALIAÇÃO.

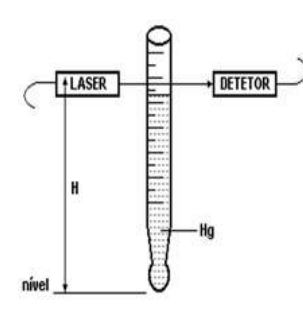
4. QUESTÃO EM EQUIPE. (A EQUIPE DEVE GRAVAR UM ÁUDIO DA DISCUSSÃO DOS INTEGRANTES E ENVIAR PARA O E-MAIL: juliomuchenski@gmail.com).

Como Robert Boyle foi capaz de mostrar que o frio não se tratava de uma substância? E como você explicaria do que se trata o frio?



5. QUESTÃO EM EQUIPE. (A EQUIPE DEVE GRAVAR UM ÁUDIO DA DISCUSSÃO DOS INTEGRANTES E ENVIAR PARA O E-MAIL: juliomuchenski@gmail.com).

a. Construiu-se um alarme de temperatura baseado em uma coluna de mercúrio e em um sensor de passagem, como sugere a figura a seguir. A altura do sensor óptico (par laser/detector) em relação ao nível, H, pode ser regulada de modo que, à temperatura desejada, o mercúrio, subindo pela coluna, impeça a chegada de luz ao detector, disparando o alarme. Calibrou-se o termômetro usando os pontos principais da água e um termômetro auxiliar, graduado em graus centígrados, de modo que a 0°C a altura da coluna de mercúrio é igual a 8cm, enquanto a 100°C a altura é de 38 cm. A temperatura do ambiente monitorado não deve exceder 50°C . O sensor óptico (par laser/detector) deve, portanto, estar a uma altura de:



b. O texto a seguir foi extraído de uma matéria sobre congelamento de cadáveres para sua preservação por muitos anos, publicada no jornal "O Estado de São Paulo" de 21.07.2002. Após a morte clínica, o corpo é resfriado com gelo. Uma injeção de anticoagulantes é aplicada e um fluido especial é bombeado para o coração, espalhando-se pelo corpo e empurrando para fora os fluidos naturais. O corpo é colocado numa câmara com gás nitrogênio, onde os fluidos endurecem em vez de congelar. Assim que atinge a temperatura de -321° , o corpo é levado para um tanque de nitrogênio líquido, onde fica de cabeça para baixo.

Na matéria, não consta a unidade de temperatura usada. Considerando que o valor indicado de -321° esteja correto e que pertença a uma das escalas, Kelvin, Celsius ou Fahrenheit, pode ser considerada como verdadeira (as):

- I - Kelvin, pois trata-se de um trabalho científico e esta é a unidade adotada pelo Sistema Internacional.
- II - Fahrenheit, por ser um valor inferior ao zero absoluto e, portanto, só pode ser medido nessa escala.
- III - Fahrenheit, pois as escalas Celsius e Kelvin não admitem esse valor numérico de temperatura.
- IV - Celsius, pois só ela tem valores numéricos negativos para a indicação de temperaturas.
- V - Celsius, por tratar-se de uma matéria publicada em língua portuguesa e essa ser a unidade adotada

APÊNDICE K - Segunda Prova de Termodinâmica

PROVA DE FÍSICA/TERMODINÂMICA/VALOR 2,0 PONTOS

A prova é em equipe e com consulta. A equipe deve utilizar seu próprio material, não sendo permitido o empréstimo entre equipes. A prova deverá ser respondida a caneta azul. Questões sem justificativas não serão consideradas.

OBSERVAÇÕES: LEIAM E DISCUTAM CADA QUESTÃO E NÃO ESQUEÇAM DE GRAVAR O ÁUDIO DAS DISCUSSÕES, IDENTIFICANDO NOS ÁUDIOS O NÚMERO DA

1. A EQUIPE DEVE GRAVAR UM ÁUDIO DA DISCUSSÃO DOS INTEGRANTES E ENVIAR PARA O E-MAIL: muchenski@alunos.utfpr.edu.br)

As questões "a", "b" e "c" tratam dos saberes da termodinâmica, para cada afirmação reflitam e discutam na equipe e marquem cada afirmação com "V" para verdadeira e com "F" para falso, corrigindo o (s) item (ns) falso (os):

Uma das grandes contribuições para a ciência do século XIX foi a introdução, por Sadi Carnot, em 1824, de uma lei para o rendimento das máquinas térmicas, que veio a se transformar na lei que conhecemos hoje como Segunda Lei da Termodinâmica. Na sua versão original, a afirmação de Carnot era: todas as máquinas térmicas reversíveis ideais, operando entre duas temperaturas, uma maior e outra menor, têm a mesma eficiência, e nenhuma máquina operando entre essas temperaturas pode ter eficiência maior do que uma máquina térmica reversível ideal. Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, é correto afirmar:

() A afirmação de Carnot sobre máquinas térmicas pode ser encarada como uma outra maneira de dizer que há limites para a possibilidade de aprimoramento técnico, sendo impossível obter uma máquina com rendimento maior do que a de uma máquina térmica ideal.

() A afirmação de Carnot introduziu a ideia de Ciclo de Carnot, que veio a ser o ciclo em que operam, ainda hoje, nossos motores elétricos.

() Carnot viveu em uma época em que o progresso técnico era muito lento, e sua afirmação é hoje desprovida de sentido, pois o progresso técnico é ilimitado.

() A afirmação, como formulada originalmente, vale somente para máquinas a vapor, que eram as únicas que existiam na época de Carnot.

() A afirmação de Carnot introduziu a ideia de Ciclo de Carnot, que é o ciclo em que operam, ainda hoje, nossas máquinas térmicas.

DICA: consultem o livro texto na página

Lorde Kelvin (título de nobreza dado ao célebre físico William Thompson, 1824-1907) estabeleceu uma associação entre a energia de agitação das moléculas de um sistema e a sua temperatura. Deduziu que a uma temperatura de $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, também chamada de zero absoluto, a agitação térmica das moléculas deveria cessar. Considere um recipiente com gás, fechado e de variação de volume desprezível nas condições do problema e, por comodidade, que o zero absoluto corresponde a $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. É correto afirmar:

() a 273 K as moléculas estão mais agitadas que a 100 °C.

() o estado de agitação é o mesmo para as temperaturas de 100 °C e 100 K.

() à temperatura de 0 °C o estado de agitação das moléculas é o mesmo que a 273 K. d) as moléculas estão mais agitadas a -173°C do que a -127 °C.

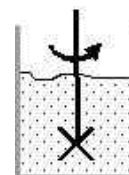
() a -32 °C as moléculas estão menos agitadas que a 241 K.

Observa-se, ao girar um misturador no interior de um líquido contido em um recipiente isolado termicamente das vizinhanças, que a sua temperatura aumenta. É correto afirmar:

() A energia interna do líquido aumenta.

() Ao girar o misturador no sentido contrário, a sua temperatura diminui.

() Ao girar o misturador em qualquer sentido, o calor do líquido aumenta.



2. A EQUIPE DEVE GRAVAR UM ÁUDIO DA DISCUSSÃO DOS INTEGRANTES E ENVIAR PARA O E-MAIL: muchenski@alunos.utfpr.edu.br

Fiquei velho

Tempus fugit

... Sim, o tempo foge sem parar. Mas, por convenção, só nos lembramos disso em datas especiais. Minha data chegou. Mudaram -se os meus números. Oficialmente fiquei mais velho. Sessenta e oito anos! Nunca imaginei que isso iria me acontecer. Mas aconteceu. Fiquei velho. Não é ruim. A velhice tem uma beleza que lhe é própria. A beleza das velhas árvores é diferente da beleza das árvores jovens. [...] (Rubem Alves)

Inspirados no texto de Rubem Alves, que ressaltou que a velhice se constitui em mais um intervalo de tempo na fluidez do contínuo e no sentido da seta do tempo. Procurem também como inspiração a arte de Salvador Dali, com seu notório interesse em representar na sua obra temas que se remetem a ciência, por exemplo a pintura "Derretendo o relógio" (1954, na figura da esquerda). E, por fim em temas inspiradores, mais uma fotografia na direita que representa uma desintegração do tempo, que se pode associar aos graus de liberdade que se associa com a entropia, todas permitem outras representações para o tempo e que podem transcender também para a ideia do envelhecimento.



Figura: Derretendo relógio, 1954 por Salvador Dali.

A tendência contemporânea é rever os estereótipos associados ao envelhecimento. A ideia de um processo de perdas tem sido substituída pela consideração de que os estágios mais

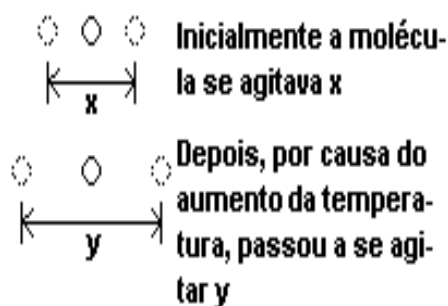
avançados da vida são momentos propícios para novas conquistas, guiadas pela busca do prazer e da satisfação pessoal. As experiências vividas e os saberes acumulados são ganhos que oferecem oportunidades de realizar projetos abandonados em outras etapas e estabelecer relações mais proveitosas com o mundo dos mais jovens e dos mais velhos. (Guita Grin Debert)

QUESTÃO: agora é a vez da equipe contribuir com a desconstrução de velhos estereótipos sobre a velhice, com um texto argumentativo com a utilização dos saberes da termodinâmica (em particular com a 1ª e 2ª leis da termodinâmica, assim como o conceito da entropia), dê um novo significado para a irreversibilidade termodinâmica do tempo, que se reflete no envelhecimento das pessoas. Em outras palavras, substitua velhos preconceitos sobre a velhice dos organismos vivos por uma definição mais científica, em termos das leis da física, para a ideia da irreversibilidade do tempo.

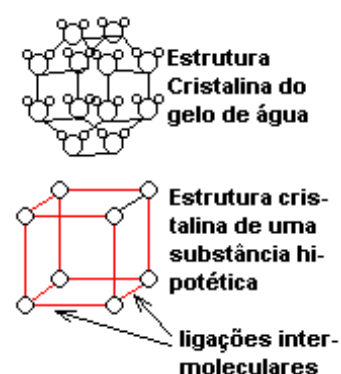
3. A EQUIPE DEVE GRAVAR UM ÁUDIO DA DISCUSSÃO DOS INTEGRANTES E ENVIAR PARA O E-MAIL: muchenski@alunos.utfpr.edu.br

Quando é transferido energia para um sólido, sempre ocorrerá o seu aquecimento?

A ideia de temperatura de um corpo está associada quando as moléculas estão agitadas ou se agitando. Isso significa que quando a temperatura aumenta, as moléculas se agitam mais, certo? Se elas se agitam mais, elas precisam de mais espaço para se movimentar. Se cada molécula sozinha ocupar um pequeno espaço a mais, então o corpo como um todo também vai ocupar um espaço extra. Vamos visualizar isso em um sólido, nos corpos nesse estado físico, as moléculas estão "presas" umas às outras por ligações intermoleculares (Dipolo-dipolo, Forças de Van der Waals ou Pontes de Hidrogênio) formando uma figura geométrica. Essa formação do conjunto de moléculas de um corpo é a estrutura cristalina ou retículo cristalino. Veja o exemplo do gelo de água e de uma substância hipotética cujo retículo cristalino seja exatamente um cubo.



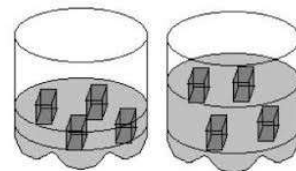
A agitação de uma molécula, faz com que ela tenha pontos extremos de seu movimento de vai e vem, como um balanço. A distância entre esses extremos é a amplitude do movimento de vibração da molécula. Quando a temperatura aumenta, essa amplitude também aumenta.



No laboratório a equipe recebeu uma massa de gelo, vamos admitir recém retirado do freezer à uma temperatura de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, o gelo colocado em um recipiente aberto, portanto em contato com a vizinhança do ambiente do laboratório (com temperatura entorno de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

O que acontece com a massa de gelo ao receber energia térmica (calor) da sua vizinhança/ambiente do laboratório? Ele aquece e/ou funde? Explique. Como vocês calculariam a capacidade térmica do calor absorvida pela massa de gelo aquecido de -5°C até 0°C ?

Depois no laboratório foi colocado no calorímetro uma pequena porção de água e gelo no interior do calorímetro mantendo-o destapado, portanto exposto a incidência de energia do meio ambiente sala, vocês monitoraram a temperatura do gelo fundente por alguns instantes e, descrevam o que foi observado pelo grupo em relação aos valores de temperatura que acompanharam, caso tenha havido algum estranhamento aponte-o:



Neste modelo de matéria imaginamos que as moléculas não ficam paradas e sim que elas oscilam. Essa oscilação é mais ou menos intensa dependendo da temperatura do material. Porém, ao monitorarem a temperatura da mistura de gelo com água, o grupo deve ter observado que a temperatura da mistura se manteve em uma temperatura constante, próximo de 0°C , que assim podemos afirmar que esta temperatura indica a temperatura de fusão do gelo. Mas, segundo a definição de capacidade térmica descrito pelo grupo, a mistura gelo e uma pequena porção de água deveria ter variado a temperatura ao estar exposta ao ambiente laboratório, mas durante vários minutos não houve a variação da temperatura.

Assim, discuta com o grupo a afirmação: sempre que uma substância recebe energia ocorre a variação da temperatura? (Anotar neste quadro as especulações do grupo). Para auxiliar a discussão, mais alguns questionamentos: e, o que aconteceu com a estrutura cristalina com a adição dessa energia? A porção de gelo foi mantida ou foi fundida em líquido?

4. A EQUIPE DEVE GRAVAR UM ÁUDIO DA DISCUSSÃO DOS INTEGRANTES E ENVIAR PARA O E-MAIL: muchenski@alunos.utfpr.edu.br)

Experimento: cálculo da quantidade de energia (Q) necessária para fundir uma massa de gelo, esta estando na temperatura de 0°C .

Podemos usar um calorímetro para determinar o "Q" da seguinte maneira:

- Coloca-se uma quantidade de água, de massa conhecida, no interior do calorímetro;
- Mede-se a temperatura do equilíbrio térmico entre a água e o calorímetro;
- Mede-se a massa do cubo de gelo que se quer determinar o Q;
- Antes de colocar o cubo de gelo que está a 0°C , medida com precisão e, depois, coloca-se o cubo dentro do calorímetro, com a água;
- Agita-se a água com um leve movimento e mede-se a temperatura de equilíbrio térmico depois de fundido a massa de gelo.
- Utiliza-se do princípio das trocas de calor e calcula-se o "Q" necessário para fundir a massa de gelo.

Na tabela a seguir: anote os dados obtidos nos procedimentos para determinação da quantidade de energia necessária para a fundição da massa de gelo.

ÁGUA QUENTE			CALORÍMETRO		GELO		TODOS
$m_{aq}(g)$	$c(cal/g \cdot ^\circ C)$	t_{aq}	$m_c \cdot c_c(cal/^\circ C)$	$t_c(^\circ C)$	$m_g(g)$	$t_g(^\circ C)$	$t(^\circ C)$
			10				

$$m_c =$$

$$m_c + m_a =$$

$$m_c + m_a + m_s =$$

$$m_a =$$

$$m_s =$$

E quando uma massa de gelo recebe energia, entretanto não aquece, e sim altera o seu estado físico. Realize os cálculos utilizando o princípio das trocas de calor, determinando a quantidade de calor necessário para fundir a massa de gelo:

PRINCÍPIO DAS TROCAS DE CALOR. (Calcule o $Q_{FUSÃO}$)

$$Q_{ÁGUA} + Q_{CALORÍMETRO} + Q_{FUSÃO} + Q_{AQUECIMENTO} = 0$$

Responda:

- Quantas calorias são necessárias para fundir 1 grama de gelo? Realize o cálculo admitindo a informação encontrada para a massa de gelo fundida.
- Sempre que fornecemos energia para um objeto, sua temperatura aumenta?
- O que acontece com a temperatura do gelo, enquanto ele está fundindo?
- Proponha uma equação para o cálculo da quantidade de calor, necessária para fundir uma massa qualquer de gelo: (Lembrando que a equação ($Q = m \cdot c \cdot \Delta t$) obtida a partir da capacidade térmica não se aplica, pois enquanto a massa de gelo funde não ocorre a variação da temperatura).

5.A EQUIPE DEVE GRAVAR UM ÁUDIO DA DISCUSSÃO DOS INTEGRANTES E ENVIAR PARA O E-MAIL: muchenski@alunos.utfpr.edu.br)

SITUAÇÃO PROBLEMA: A COZINHA E OS SABERES DA FÍSICA TÉRMICA

Nesta atividade vocês são provocados a realizar manipulações na cozinha da sua casa, claro sempre com os cuidados com a segurança. Atente-se para as atividades relacionados com a produção, trocas e efeitos das trocas de calor, processos realizados no seu mundo da vida, mas que acabam passando despercebidos. A manipulação experimental proposta consiste na observação da obtenção de vapor de água a partir de uma massa de cubos de gelo, quando submetidos a uma fonte térmica, no caso quando colocados em uma panela sobre a chama de um fogareiro de um fogão a gás.



www.shutterstock.com · 554465200



www.shutterstock.com · 150631894

Você deverá utilizar para a realização da atividade experimental: duas panelas de mesmo metal, por exemplo duas de alumínio ou duas de aço, cubos de gelo, fogareiro de um fogão a gás e um acendedor.

Realize os procedimentos experimentais e procurem responder as questões:

1. Retire cubos de gelo da sua geladeira e procure distribuir os cubos em quantidades iguais, nas duas panelas. Uma das panelas deixe sobre uma mesa e, a outra panela deixe-a sobre a chama do fogareiro do fogão.
2. Depois de um tempo equivalente a alguns minutos (observe que ainda há gelo nas duas panelas), com todo o cuidado sem tocar nas paredes das panelas, aproxime uma das mãos da panela sobre a mesa e a outra mão na panela que está sobre a chama do fogareiro. Qual delas parece mais quente? Existe diferença entre as panelas em termos de água na forma líquida? Justifique as suas respostas.
3. Você aguardará a água que está na panela sobre a chama começar a ferver, o que é observado durante a fervura? Para ajudar sua reflexão atente-se para a quantidade ainda existente na panela sobre a chama depois de algum tempo de fervura e, compare com a quantidade de água disponível na panela sobre a mesa.
4. Agora você cobrirá com uma tampa a panela que está sobre a chama, aguarde um certo tempo e em seguida tire a tampa. O que você observa na parte interna da tampa?
5. Por fim apague a chama sob a panela sobre o fogareiro e, com muito cuidado aproxime suas mãos da panela, mas sem tocá-la. Qual a sensação percebida?

Depois das manipulações e das questões para reflexão, responda as questões a seguir:

Qual foi a sensação em termos de temperatura quando você aproximou as mãos em cada uma das panelas, a da mesa e a sobre o fogareiro? Por que depois de determinado tempo, havia maior quantidade de água na panela sobre a chama do fogão? Caso a panela de alumínio fosse trocada por uma panela de ferro ou cobre, haveria diferença para o aquecimento da água? Quando panelas quentes vão ser colocadas sobre uma mesa de madeira, utiliza-se aparatos de madeira, vime ou cortiça. Por que são utilizados esses materiais?

Identifique e explique os principais processos de transferência de calor que ocorreram entre a chama do fogareiro e a água durante o processo do seu aquecimento; entre as suas mãos quando as aproximou da panela com água em fervura e quando inseriu sua mão no interior da água quando ela ainda tinha cubos de gelo. Por que as grades do fogão são feitas de materiais que são bons condutores de calor? Por que existe diferença entre ferver água em uma panela tampada e outra destampada? Por que alguns dos cabos das panelas são revestidos com outros materiais diferentes do metal da panela?

6. A EQUIPE DEVE GRAVAR UM ÁUDIO DA DISCUSSÃO DOS INTEGRANTES E ENVIAR PARA O E-MAIL: muchenski@alunos.utfpr.edu.br)

Agora você terá a oportunidade de compreender cada um dos tempos motores do ciclo Otto, manipulando simulador colocado no link a seguir: <http://www.stefanelli.eng.br/webpage/automobilistica/motor-4-tempos-funcionamento-ciclo-otto-fagulha.html>. Você observará a figura a seguir na tela dos computadores disponíveis na sala de aula:

I. O círculo colorido à direita da figura indica o controle de cada etapa do ciclo Otto, incluindo a parte em que ocorrerá a faísca para detonar a explosão no final do segundo tempo. Para simular basta o mouse do computador ou então o touchpad, posicionando o cursor da tela sobre a ponteira que existe sobre o círculo colorido, você poderá controlar o ritmo do ciclo, ou simplesmente parar o ponteiro na etapa que desejar realizar a análise.

II. Enquanto realiza a simulação atente-se para o diagrama à esquerda da representação do cilindro, ele representa a relação entre a pressão e o volume, em cada etapa do ciclo, e procure relacionar a simulação com o texto explicativo sobre os tempos motores.

RESPONDA AS QUESTÕES A SEGUIR (com o apoio do vídeo sobre o funcionamento dos motores quatro tempos):

1. Considerando um motor quatro tempos, quais as suas partes principais fixas e móveis? Por que é chamado de motor quatro tempos?
2. Como descrever para um curioso em mecânica o funcionamento de um motor quatro tempos? Procure detalhar cada tempo motor em termos das partes do motor, das transformações gasosas que ocorrem, do que acontece com a pressão, do volume e da temperatura.
3. O que significa cilindradas de um motor? Qual a diferença dos motores 1.0, 2.0 e 2.8? Por que?
4. Os motores a combustão de 4 tempos só realizam trabalho no 3º tempo. Como o motor obtém o impulso para começar a funcionar antes da primeira explosão?
5. Quando queremos aumentar a velocidade do carro, acionamos o acelerador. Como o pedal do acelerador interfere no ciclo do motor?
6. O sistema de injeção de combustível tem a função de misturar o ar com o vapor do combustível na proporção de 12 a 15 partes de ar para 1 de combustível (por unidade de massa) e controlar a quantidade desta mistura, através de uma válvula que se abre quando o pedal do acelerador é pressionado ou solto, liberando maior ou menor quantidade da mistura combustível. Com esta informação determine o quanto de combustível é borrifado por vez em um cilindro de um automóvel 1000 cilindradas?
7. Por que as máquinas térmicas/de fogo não conseguem converter 100% da explosão do combustível em movimento para o carro, ou seja, não transformam 100% da explosão em trabalho?
8. Um folheto explicativo sobre uma máquina térmica afirma que ela, ao receber 4186 J de uma fonte quente, realiza 1000 cal de trabalho. Sabendo que 1 cal equivale a 4,186 J e com base nos dados fornecidos, pode-se afirmar que esta máquina viola qual das leis da termodinâmica:

APÊNDICE L - Entropia



1



O TEMPO E A ENTROPIA



2



PROBLEMAS DO TEMPO

(PERSPECTIVA NATURALISTA/TEMPO EXISTE INDEPENDENTE DA MENTE HUMANA)

3



O tempo!

- > É cíclico (Nietzsche) ou linear?
- > O veio antes o espaço o tempo ou a matéria?
- > Newton versus Leibniz!!!

4

IRREVERSIBILIDADE DO TEMPO/ (GOTA DE CORANTE NA ÁGUA)



5

COMO É A ESTRUTURA MACROSCÓPICA DO TEMPO?



6

Sistema Termodinâmico



7

ESPONTANEAMENTE O SENTIDO PARA A DESORDEM/GRAU DE LIBERDADE



8



AFINAL! O QUE É ENTROPIA?

"O termo entropia, cunhada por Rudolf Clausius (1822-1888), cujo significado traduzido do grego é, **CONTEÚDO EM TRANSFORMAÇÃO**, refere-se ao grau de desordem de um sistema" (MONTEIRO, GERMANO, GASPAR, et al, 2009)

9



DESORDEM OU INDISCIPLINA?

O sentido termodinâmico da palavra *desordem* não é moral nem disciplinar. Significa apenas "desorganização" ou "falta de ordem", qualquer que seja.

10



•Para o físico, "ordem" significa que sistema possui um grau de liberdade de movimento pequena: entropia baixa.

•Por outro lado, quanto maior a "desordem" do sistema, maior o grau de liberdade de movimento: entropia alta.

11



REVERSÍVEL OU IRREVERSÍVEL?

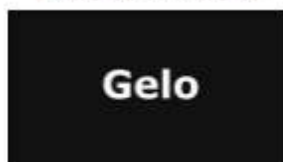


Qual foto há tirada primeiro? Isto é, quem "vem antes", e quem "vem depois"? Pelas fotos, é impossível responder pois elas representam fenômenos reversíveis.

12



REVERSÍVEL E IRREVERSÍVEL



13

Veja o vídeo agora! Se há uma sequência possível: é um fenômeno irreversível



14



Veja o vídeo agora! Se há uma sequência possível: é um fenômeno reversível

15



RESUMINDO!

- PROCESSOS REVERSÍVEIS são aqueles que, lentamente, podem realizar a trajetória inversa do processo;
- PROCESSOS IRREVERSÍVEIS são aqueles que só podem ser executados em um sentido, sem que haja a possibilidade de voltar do processo ao estado inicial.

16 ★

POSTULADO DA ENTROPIA

"Se um processo irreversível ocorre num sistema fechado, a entropia S do sistema sempre aumenta; ela nunca diminui"


17 ★

MACROESTADOS E MICROESTADOS

Considerando dois compartimentos que se comunicam por um orifício, podemos obter 8 configurações ao lado, agitando aleatoriamente o recipiente. Duas são para duas esferas, poderíamos pensar em 3 macroestados possíveis.

18 ★


Agora, se pensarmos nas configurações possíveis para cada esfera:



Para duas esferas, podemos pensar em 4 microestados possíveis:

19 ★


E se aumentarmos o número de esferas para 4?



Podemos imaginar 5 configurações diferentes possíveis. Portanto, 5 macroestados.

20 ★

Se levarmos em conta a cor das esferas, cada macroestado terá diferentes microestados associados.




21 ★

CONCLUSÃO

- O maior número de microestados acontece no macroestado onde o número de esferas em dois compartimentos é igual. LOGO, ESSA SERIA A CONFIGURAÇÃO DE MAIOR PROBABILIDADE DE ACONTECER.
- portanto, quanto mais esferas maior será o número de microestados associados ao macroestado no qual o número de esferas é igual para ambos os compartimentos.


22 ★

A ATIVIDADE



23 ★


Número de esferas x Número de eventos



—direta —esquerda

24

E NO MUNDO MICROSCÓPICO VALE A IRREVERSIBILIDADE TEMPORAL?



25

Apresentação completa no link:

https://drive.google.com/file/d/1i4ONc651YjMMgURzjkCaSP0_7iK5UhIC/view?usp=sharing

APÊNDICE M - Autoavaliação sobre Saberes da Termodinâmica

Car(x) Estudante,

O encerramento do primeiro semestre de 2018 do curso de física, do segundo ano do ensino médio noturno do Colégio Estadual do Paraná, consiste em uma ótima oportunidade de realizar uma reavaliação da aprendizagem dos saberes da termodinâmica. E por que não realizar também uma reflexão do quanto você se envolveu e se comprometeu com a sua formação acadêmica no módulo da termodinâmica trabalhado em nossos encontros semanais.

Escolhi realizar a reavaliação de forma compartilhada, na forma de parceria com você estudante, em que somaremos nossas avaliações que serão organizadas conforme descrito a seguir:

- i. Autoavaliação do (a) Estudante: construída conforme sua caminhada durante o curso de física, correspondente ao primeiro semestre de 2018, ela será realizada como tarefa domiciliar e valorada de 2,0 pontos;
- ii. Reavaliação dos saberes da termodinâmica que fizeram parte do bloco de conteúdo, trabalhado no tempo escolar nas aulas teórico-experimentais na sala do laboratório de física, e no tempo que transcendeu do espaço escolar com as atividades acadêmicas propostas para realização além da sala de aula. Organizada na forma de questões objetivas e dissertativas, com um valor de 8,0 pontos.

Na sequência apresento o encaminhamento que auxiliará na sua autoavaliação, que ocorrerá em dois momentos:

- a) No primeiro com a apresentação de alguns critérios de valores éticos, comportamentos e capacidades (1,0 ponto).

Valores éticos/Comportamentos/Habilidades	Eventualmente	Comumente	Efetivamente
1. Chega pontualmente no horário da aula de física:			
2. Frequenta as aulas de física na sexta-feira:			
3. Atenta-se para o conteúdo de física com interesse quando trabalhado em sala de aula nas sequências didáticas:			
4. Colabora, na forma de parceria, nas atividades em grupo com iniciativa de ideias e propostas:			
5. Estuda semanalmente ao realizar as atividades para casa:			
6. Participa nas aulas questionando ou respondendo:			
7. Aceita críticas construtivas ao seu trabalho e atitudes:			
8. Relaciona os saberes tratados nas aulas sobre termodinâmica:			
9. Faz uso de materiais suplementares:			
10. Entrega as atividades domiciliares nas datas estabelecidas:			
O MEU EMPENHO NA MINHA FORMAÇÃO ACADÊMICA EM RELAÇÃO AOS CRITÉRIOS ACIMA, PODE SER TRADUZIDO PELA SEGUINTE PONTUAÇÃO: _____ PONTO.			

- b) No segundo relativo aos saberes da termodinâmica (1,0 ponto).

SABERES DA TERMODINÂMICA	Insuficientemente	Parcialmente	Totalmente
1. Consegue definir com rigor científico os conceitos de temperatura e calor:			
2. Diferencia com rigor científico os conceitos de temperatura e calor:			
3. Conhece as escalas termométricas e consegue transformar de uma escala termométrica para outra:			
4. Consegue enunciar com rigor científico as definições de capacidade térmica e calor específico:			
5. Diferencia os saberes capacidade térmica e calor específico:			
6. Sabe utilizar o princípio das trocas de calor (calor cedido + calor recebido = zero), nas atividades de laboratório para determinar experimentalmente a capacidade térmica do calorímetro, e o calor específico de um cilindro metálico:			
7. Conhece máquinas térmicas do ponto de vista termodinâmico (o princípio de funcionamento de uma máquina térmica):			
8. Conhece os ciclos motores termodinâmicos ciclo Otto e ciclo de Carnot:			
9. Nomeia e explica cada etapa do ciclo Otto (o motor quatro tempos):			
10. Enuncia com rigor científico a primeira lei e a segunda lei da termodinâmica:			
11. Compreende com rigor científico o conceito de entropia:			
O MEU EMPENHO NA MINHA FORMAÇÃO ACADÊMICA EM RELAÇÃO AOS CRITÉRIOS ACIMA, PODE SER TRADUZIDO PELA SEGUINTE PONTUAÇÃO: _____ PONTO.			

Depois de refletir sobre os dois momentos propostos para a sua autoavaliação, chegou o momento de somar a nota que julgou merecedor nas duas tabelas, o valor encontrado você deve indicar no local indicado no cabeçalho da prova de autoavaliação.

Lembre-se que você é o maior especialista sobre o seu aprendizado, comprometimento e empenho, que contribuem para a sua formação acadêmica e que uma autocrítica ajuda no autoconhecimento, levando sempre em conta princípios éticos.