

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

KARIN ALINE GALVAN VIACELLI

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ELETRICIDADE COM O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E
SIMULADORES EDUCACIONAIS**

MEDIANEIRA

2020



UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE COM O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E SIMULADORES EDUCACIONAIS

A didactic sequence proposal for teaching electricity using experimental activities and interactive simulations

Karin Aline Galvan Viacelli

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo V. B. Lukasiewicz

MEDIANEIRA

2020



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

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



KARIN ALINE GALVAN VIACELLI

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE COM O
USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E SIMULADORES EDUCACIONAIS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 10 de Dezembro de 2020

Prof Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Michel Corci Batista, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Silvio Luiz Rutz Da Silva, Doutorado - Universidade Estadual de Ponta Grossa (Uepg)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 10/12/2020.

Para à família, em especial minha filha
Valentina e meu esposo Junior por todo
amor, carinho e compreensão nos
momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ser fortaleza e refúgio em todos os momentos.

À toda minha família, que sempre me incentivou e abraçou comigo este desafio.

À minha mãe Venilda e minha sogra Veronilce por cuidarem da minha filha durante os períodos de ausência.

Ao meu esposo Junior por sempre acreditar na minha capacidade e pela paciência, carinho e compreensão.

À minha amada filha Valentina, por me dar forças para seguir em frente e ser tão compreensiva em todos os momentos.

À minha irmã Kelin por oferecer sua casa para ficar durante o período de estudos presenciais.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz, por todo conhecimento compartilhado e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao corpo docente do MNPEF, Polo UTFPR de Medianeira, pelos ensinamentos.

Aos meus colegas de turma pelas valorosas horas de estudo que passamos juntos, trocando experiência, compartilhando as angústias e dificuldades, em especial a duas amigas que recebi de presente neste curso, Fabiana e Jaqueline.

À Secretaria do Curso, pela cooperação.

A todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A persistência é o caminho do êxito.

Charles Chaplin

RESUMO

VIACELLI, Karin Aline Galvan. **Uma proposta de sequência didática para o ensino de eletricidade com o uso de atividades experimentais e simuladores educacionais**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

Este trabalho tem como produto educacional uma sequência didática sobre os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica, apresentada numa perspectiva metodológica que favoreça o processo de aprendizagem significativa. Como objetivo principal buscou-se avaliar o potencial pedagógico do material instrucional focado em atividades que pudessem instigar os alunos, despertando sua curiosidade frente ao conhecimento científico. A ideia surgiu no intuito de transpor dificuldades encontradas no ensino dos conteúdos de Física quando pautados apenas na explicação teórica e aplicação de equações matemáticas. Representa uma oferta de material didático para professores, com aulas planejadas e organizadas para facilitar o trabalho docente. A sequência didática utiliza objetos instrucionais: mapas mentais para análise de conhecimentos prévios e verificação da aprendizagem pós interação, atividades experimentais com roteiros da montagem, questionários direcionados e simuladores para interação virtual. A abordagem dos conteúdos se deu pela análise de situações-problemas, exposição de vídeos, demonstrações práticas, simulações em ambiente virtual e montagem de experimentos. As atividades foram realizadas em pequenos grupos buscando promover um ambiente colaborativo, focado no diálogo e troca de experiências, com o professor atuando como mediador no processo. Observou-se uma mudança significativa na participação dos alunos no decorrer das aulas, sinal indicativo de que a abordagem utilizada foi adequada, com apresentação de resultados satisfatórios. Por meio da análise qualitativa dos dados coletados, pôde-se perceber avanço na compreensão e assimilação dos conceitos físicos estudados, podendo caracterizar ancoragem dos novos conceitos aqueles existentes na estrutura cognitiva, demonstrando indícios da eficácia das metodologias utilizadas.

Palavras-chave: Ensino de Física. Aprendizagem Significativa. Material Didático. Eletrodinâmica.

ABSTRACT

VIACELLI, Karin Aline Galvan. **A didactic sequence proposal for teaching electricity using experimental activities and interactive simulations.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

This work has as an educational product a didactic sequence on the concepts of electric current, potential difference, and electrical resistance, present in a methodological perspective that favors the meaningful process. The main objective was to evaluate the pedagogical potential of instructional material focused on activities that could instigate students, arousing their curiosity in the face of scientific knowledge. The idea arose in order to overcome the difficulties encountered in teaching Physics content when it based only on theoretical explanation and application of mathematical equations. It represents a supply of teaching material for teachers, with planned and organized classes to facilitate teaching work. The didactic sequence uses instructional objects: mind maps for analysis of previous knowledge and learning's verification after interaction, experimental activities with assembly scripts, targeted questionnaires and simulators for virtual interaction. The contents were approached through the analysis of problem situations, video exposition, practical demonstrations, simulations in a virtual environment and assembly of experiments. The activities were carried out in small groups seeking to promote a collaborative environment focused on dialogue and exchange of experiences with the teacher acting as a mediator throughout the process. There was a significant change in the students' participation during the classes an indicative sign that the approach used was adequate with the presentation satisfactory results. Through the qualitative analysis of the collected data, it was possible to perceive progress in the understanding and assimilation of the studied physical concepts, being able to characterize the anchoring of the new concepts to those existing in the cognitive structure, showing evidence of the effectiveness methodologies' used.

Keywords: Physics Education. Meaningful Learning. Courseware. Electrodynamics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curva característica de elemento resistivo linear e não linear.	30
Figura 2 – Condutor com seção reta uniforme de área A e comprimento L.	32
Figura 3 – Exemplos de leitura do código de cores.....	34
Figura 4 – Conexões internas da placa de ensaio.	35
Figura 5 – Associação de resistores em série.....	36
Figura 6 – Associação de resistores em paralelo.....	36
Figura 7 – Associação de resistores mista.	36
Figura 8 – Resistores conectados em série e em paralelo em uma placa de ensaio.	38
Figura 9 – Medida da resistência elétrica de resistores conectados em série, paralelo e série-paralelo.....	38
Figura 10 – Multímetro.	39
Figura 11 – Medida de resistência elétrica.....	40
Figura 12 – Medida de tensão.....	41
Figura 13 – Medida de corrente elétrica.....	42
Figura 14 – Mapa Mental aluno - turma 1.	51
Figura 15 – Mapa Mental aluno - turma 2.	52
Figura 16 – Protótipo do Experimento: Condutores vs Isolantes.....	53
Figura 17 – Protótipo do Resistor Mecânico.....	60
Figura 18 – Protótipo da atividade experimental 3.	63
Figura 19 – Gráfico da resistência x comprimento – fio 1.	64
Figura 20 – Gráfico da resistência x comprimento – fio 2.	64
Figura 21 – Gráfico da resistência x comprimento – fio 3.	65
Figura 22 – Gráfico da resistência x comprimento – fio 4.	66
Figura 23 – Gráfico da resistência x comprimento – fio 5.	66
Figura 24 – Gráfico da resistência x inverso da área.	67

Figura 25 – Leitura da resistência utilizando o código de cores e o ohmímetro.....	70
Figura 26 – Gráfico da corrente em função da diferença de potencial (resistor 1). ...	72
Figura 27 – Gráfico da corrente em função da diferença de potencial – resistor 2. ..	73
Figura 28 – Gráfico da corrente em função da diferença de potencial (LED verde)..	74
Figura 29 – Gráfico da corrente em função da diferença de potencial (LED Vermelho).....	75
Figura 30 Gráfico demonstrativo da incidência dos critérios analisados nos mapas mentais – Turma 1 (27 alunos).....	79
Figura 31 – Gráfico demonstrativo da incidência dos critérios analisados nos mapas mentais – Turma 2 (36 alunos).....	79
Figura 32 – Mapa Mental 1 produzido por aluno da turma 1.....	81
Figura 33 – Mapa Mental 2 produzido por aluno da turma 1.....	81
Figura 34 – Mapa Mental 1 produzido por aluno da turma 2.....	82
Figura 35 – Mapa Mental 2 produzido por aluno da turma 2.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Respostas da questão 1 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.....	84
Quadro 2 – Respostas da questão 2 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.....	84
Quadro 3 – Respostas da questão 3 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.....	85
Quadro 4 – Respostas da questão 4 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.....	86
Quadro 5 – Respostas da questão 5 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.....	86
Quadro 6 – Respostas da questão 6 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.....	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	16
2.2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E SIMULADORES EDUCACIONAIS	23
2.3 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS RELACIONADAS A ELETRICIDADE	24
3 ELETRODINÂMICA	27
3.1 CONDUTORES E ISOLANTES	27
3.2 CORRENTE ELÉTRICA E DIFERENÇA DE POTENCIAL.....	28
3.3 RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA	29
3.4 RESISTORES E CÓDIGO DE CORES.....	33
3.5 ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES.....	36
3.6 INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS.....	39
4 ORGANIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DIDÁTICA	43
4.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	46
4.2 SÍNTESE DAS AULAS	46
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1 ATIVIDADE 1: ELABORAÇÃO DE UM MAPA MENTAL.....	50
5.2 ATIVIDADE 2: <i>HANDS-ON-TEC</i> E INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS	53
5.3 ATIVIDADE 3: CORRENTE ELÉTRICA UTILIZANDO VÍDEOS	56
5.4 ATIVIDADE 4: ANALOGIA HIDRÁULICA – TENSÃO VERSUS CORRENTE	57
5.5 ATIVIDADE 5: SIMULADORES EDUCACIONAIS DO MULTÍMETRO	58
5.6 ATIVIDADE 6: MODELO MECÂNICO DO RESISTOR.....	60
5.7 ATIVIDADE 7: EXPERIMENTO – RESISTIVIDADE E RESISTÊNCIA	63
5.8 ATIVIDADE 8: EXPERIMENTO – RESISTORES E CÓDIGO DE CORES.....	68
5.9 ATIVIDADE 9: EXPERIMENTO – ELEMENTOS RESISTIVOS	71
5.10 ATIVIDADE 10: EXPERIMENTO – ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES	76
5.11 ATIVIDADE 11: AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	78
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	95

1 INTRODUÇÃO

Esta sequência didática foi pensada e elaborada no intuito de oferecer ao professor aulas sobre os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica, organizadas de forma dinâmica e bem estruturadas, baseadas no princípio da experimentação e do uso de simuladores educacionais.

Dorneles, Araújo e Veit (2006) defendem propostas pedagógicas voltadas para a aprendizagem de física, ciências e matemática, através da integração entre atividades experimentais de bancada (MENCK; VENTURA, 2007) e softwares de simulação e modelagem computacionais (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006).

Não é de hoje que sabemos a opinião dos estudantes sobre a disciplina de Física, classificada como uma matéria chata, difícil e cheia de equações matemáticas. Talvez, a desmotivação dos alunos nas aulas possa estar relacionada a ausência de objetos instrucionais que despertem neles curiosidade e vontade de aprender. Os métodos tradicionais de ensino são importantes, porém é preciso buscar novas metodologias buscando transpor a aprendizagem mecânica, que por vezes está desvinculada do cotidiano dos alunos. Além disso, o professor precisa ainda concorrer com a internet, que oferece o mundo em poucos cliques, tornando a sala de aula cada vez menos atrativa para eles.

A facilidade de acesso à informação trouxe mudanças na forma de elaborar o pensamento dos jovens, tornando o processo de assimilação do conhecimento algo que acontece de forma rápida, fácil e de certa maneira superficial. As informações são transmitidas e conhecidas de maneira quase instantânea e passaram a fazer parte do ambiente escolar, causando preocupação nos professores sobre o seu papel nessa nova realidade (HARGREAVES, 2011).

Neste contexto, ocorre um grande conflito no processo de ensino, pois os alunos esperam encontrar no ambiente escolar esse mesmo dinamismo ofertado pelas interações sociais vivenciadas na internet e isso não ocorre.

Para que a escola consiga acompanhar essas mudanças faz-se necessário repensar as práticas pedagógicas utilizadas, assumindo um papel mais construtivista e menos instrucionista, valorizando os alunos enquanto sujeitos do processo de ensino aprendizagem e trazendo novos significados ao conteúdo estudado. Tais práticas pedagógicas precisam estar embasadas em teorias e conceitos de aprendizagem que superem a visão tradicional do processo de ensino/aprendizagem

de ciências/física marcadamente instrucionista e de passividade discente (BORGES, 2002; CARVALHO, 2004; RIBEIRO *et al*, 2008; RIBEIRO *et al*, 2011; RIBEIRO, 2012).

Pensando e analisando esse contexto, torna-se coerente utilizar teorias de aprendizagem que dão embasamento e sustentação para que esse processo de mudança possa ocorrer. Uma delas, que foi a adotada como base para este trabalho, é a da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel. De acordo com Moreira, esta teoria caracteriza que a aprendizagem pode ser mais efetiva quando uma nova informação relaciona-se de maneira não arbitrária e não literal aos conhecimentos prévios que o aprendiz possui em sua estrutura cognitiva, os quais são chamados de conceitos subsunçores (MOREIRA, 2010).

Dar significado aquilo que se aprende está relacionado a despertar no aluno uma nova visão, fazendo com que perceba que os conteúdos escolares estão vinculados a sua vida cotidiana. Conforme previsto nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs):

Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado. Para isso, é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. (BRASIL, 2002, p. 23 e 24).

Nesta perspectiva a promoção da autonomia para aprender deve ser levada em consideração por meio de uma mudança na prática pedagógica, introduzindo atividades que possam estimular o aluno na construção de seu próprio conhecimento e despertando nele o interesse em buscar o aprendizado.

Incluir atividades experimentais nas aulas nem sempre é simples, levando em consideração que os alunos podem apresentar dificuldades quanto a ausência de componentes cognitivos, como por exemplo, conhecimentos conceituais necessários ou mesmo em relação a suas habilidades de manuseio de instrumentos e equipamentos específicos. Por isso, a proposta de fazer uso de simuladores educacionais associados a atividades experimentais. Sob o ponto de vista educacional, estas ferramentas costumam apresentar a possibilidade do “aprender-fazendo”, na qual o aprendiz constrói seus próprios modelos ou simulações e o “aprender-explorando”, na qual trabalha com criações de outros. De qualquer modo, o aprendiz é um agente ativo na construção do seu conhecimento e é capaz de

desenvolver atividades que extrapolam os limites impostos por lápis e papel. É sob esta perspectiva que entendemos que os computadores devam ser inseridos na educação (VEIT & TEODORO, 2002).

Os softwares de simulação permitem ao aluno realizar atividades das quais normalmente não poderia participar, ou seja, por meio da simulação, é criada uma situação que se assemelha com a realidade, onde o “aluno pode testar, tomar decisões, analisar, sintetizar e aplicar conhecimentos”. (GAMEZ 1998 apud OLIVEIRA, 2001, p.55).

A proposta deste trabalho é avaliar o potencial pedagógico do material instrucional focado no ensino de conceitos fundamentais de eletricidade, para alunos do terceiro ano do ensino médio. Utiliza metodologias de ensino ativa, baseadas na apresentação e resolução de situações-problemas, por meio de instrumentos representativos, ilustrativos e interativos que possibilitam a construção de significados para os conceitos apresentados, buscando estabelecer relações na sua estrutura cognitiva que possam ancorar esses novos conhecimentos.

O objetivo principal é que o aluno compreenda os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica de forma articulada, por meio das atividades experimentais e simuladores apresentados a cada nova aula, promovendo sempre as atividades em pequenos grupos e os debates coletivos, com o professor atuando como mediador, articulando para que o aprendizado efetivamente aconteça.

No processo de aprendizagem, o aluno deve ser o protagonista e para isso o professor deverá propor uma dinâmica que possibilite o desenvolvimento do pensamento crítico e o desenvolvimento das habilidades previstas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs):

- Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.
- Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico (BRASIL, 2002, p. 29).

A execução desta proposta foi dividida da seguinte maneira: análise de conhecimentos prévios dos alunos por meio da elaboração de mapas mentais;

aplicação da sequência didática, com aulas compostas por uma introdução de cada conteúdo, atividades para análise de situações-problemas, uso de simuladores educacionais demonstrativos e interativos, procedimentos experimentais com roteiros pré-elaborados para análise e interpretação de dados; verificação da aprendizagem adquirida com a elaboração de um novo mapa mental.

Todo material produzido para este trabalho foi elaborado a fim de ofertar para o professor opções de aulas, como material de apoio pedagógico, no intuito de facilitar a organização e o planejamento de atividades diferenciadas e adaptadas a realidade das escolas públicas.

Para verificar a qualidade e a eficiência da proposta aqui apresentada, foi realizada uma análise qualitativa dos resultados alcançados em cada aula e indicada as evidências da sua contribuição para a aprendizagem significativa.

Diante deste contexto, a presente dissertação está disposta da seguinte maneira: No capítulo 2 é apresentado o referencial teórico, contendo a teoria de aprendizagem significativa, de David Ausubel, seguida de uma análise sobre a importância do uso de atividades experimentais e simuladores educacionais e das concepções alternativas relacionadas a eletricidade; no capítulo 3 temos a fundamentação teórica referente aos conceitos físicos de eletrodinâmica; o capítulo 4 traz a descrição da organização e o desenvolvimento da proposta elaborada, apresenta a sequência didática aplicada, seguida da síntese da organização das aulas de aplicação; no capítulo 5 temos a apresentação dos resultados e discussão sobre o potencial pedagógico do material instrucional utilizado e para finalizar são apresentadas, no capítulo 6, as considerações finais sobre a proposta.

O produto educacional produzido, com a oferta de material didático de apoio para professores, contendo a sequência didática está disposto no apêndice A desta dissertação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A forma como o ser humano aprende vem sendo estudada ao longo de séculos, desde que o homem passou a ter percepção em relação a sua própria existência, ao ambiente onde está inserido e as relações que existem neste meio. Ao longo desta evolução, a construção do conhecimento vem sendo estruturada, buscando a compreensão de como os processos se efetivam e também para que sirvam de acervo aos que pretendem ensinar.

Segundo Piaget:

O conhecimento não é cópia da realidade. Para conhecer um objeto, para conhecer um acontecimento não é simplesmente olhar e fazer cópia mental, ou imagem, do mesmo. Para conhecer um objeto é necessário agir sobre ele. Conhecer é modificar, transformar o objeto, e compreender o processo dessa transformação e, conseqüentemente, compreender o modo como o objeto é construído. Uma operação é, assim, a essência do conhecimento. É uma ação interiorizada que modifica o objeto do conhecimento (PIAGET, 1972, p. 1).

Nesta perspectiva, foram surgindo diversas concepções filosóficas, dentre as quais se destacam o Behaviorismo, Humanismo e Cognitivismo. Cada uma delas segue linhas de pensamento diferentes e procura destacar aspectos considerados importantes no processo de ensino aprendizagem. Dentre estas, a concepção que melhor se enquadra ao objetivo deste trabalho é a Cognitivista.

Segundo Moreira, a aprendizagem cognitiva é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva (MOREIRA, 2011).

Ausubel, Piaget, Bruner e Novak são considerados os autores destaques da linha cognitivista, a qual evidencia o processo de cognição, afirmando que o indivíduo atribui significados à realidade na qual está inserido, bem como o processo de compreensão, transformação, armazenamento e a utilização das informações envolvidas na aprendizagem, buscando identificar padrões neste processo.

Para embasar esse trabalho será utilizada principalmente a teoria de David Ausubel, que dedicou boa parte da vida à elaboração de uma teoria focada no contexto escolar, voltada a sistemática do planejamento e organização dos conteúdos a serem trabalhados em sala de aula.

Ausubel estudou Medicina e Psicologia, trabalhou com cirurgião assistente e foi residente de Psiquiatria por três vezes, obtendo seu PhD em Psicologia do Desenvolvimento pela Universidade de Columbia, Nova York, em 1943. Ao longo da carreira lecionou em diversas instituições universitárias, dedicando sua carreira acadêmica à psicologia educacional. Tornou-se professor Emérito da Universidade de Columbia, em Nova York. Ao aposentar-se, quem deu sequência aos seus trabalhos foi Joseph D. Novak, professor de Educação da Universidade de Cornell.

Segundo Ausubel, humanos pensam, sentem, atuam e todas estas três facetas da sua vida devem ser consideradas para o sucesso do processo de aprendizagem escolar. Por isso, sua teoria considera diferentes facetas do processo de aprendizagem humana tais como: sua natureza, suas condições favoráveis, seus resultados e suas formas de avaliação (AUSUBEL, 1978; AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980 apud VALADARES, MOREIRA, 2009).

Para Ausubel aprender significa a existência de uma organização e integração do material na estrutura cognitiva, onde o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, o chamado “conhecimento prévio”. “Ensinar sem levar em conta o que a criança já sabe, segundo ele, é um esforço vão, pois o novo conhecimento não tem onde se ancorar” (AUSUBEL, 1978).

Segundo Moreira, a aprendizagem significativa ocorre quando ideias expressas de maneira simbólica interagem de maneira substantiva (não-literal) e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Tal interação não ocorre com qualquer ideia prévia, mas com algum conhecimento relevante já existente na estrutura cognitiva desse aprendiz (MOREIRA, 2010).

É importante ressaltar que nem sempre o conhecimento prévio é positivo, porque aquilo que o aluno conhece pode ser algo equivocado sobre o assunto. Essas ideias erradas podem representar um “obstáculo epistemológico”, que podem representar empecilhos no avanço da aprendizagem e na construção do conhecimento científico.

O ato de aprender deve levar em consideração também a história do sujeito, pois é fato que o conhecimento se constrói através das experiências e interações vividas por ele. O meio em que está inserido é outro fator de influência, sendo que a cultura e os costumes servem como modelos a serem seguidos.

Logo o conhecimento não é um fato absoluto e imutável, é um processo em evolução que se modifica à medida que os conceitos, modelos, teorias e metodologias

sobre o mundo e o objeto de estudo vão se alterando (VALADARES & MOREIRA, 2009).

Existem basicamente duas condições fundamentais para que a aprendizagem significativa aconteça: o conteúdo a ser ensinado deve ser potencialmente revelador e o aluno deve estar disposto a se relacionar com o material apresentado, de forma consistente e não arbitrária.

Na sala de aula é necessário que o professor esteja consciente de que não basta ensinar novos conceitos para que seus alunos os aprendam. Mas é preciso que cada aluno construa os seus próprios conhecimentos, por fazer uma descoberta ou por receber uma nova informação do professor. Nessa visão, o papel do professor é o de fazer com que os novos conhecimentos aprendidos pelo aluno se somem aos velhos e faça do aluno um cidadão intelectual e moralmente mais preparado para contribuir com a sociedade em que está inserido (VALADARES & MOREIRA, 2009).

Ausubel acredita que existe uma estrutura cognitiva na qual há uma hierarquia conceitual, formada pelas representações das experiências sensoriais de cada indivíduo. Isso indica que o processo de aprendizagem significativa é aquele em que os novos conhecimentos adquirem significado por interação com velhos conhecimentos especificamente relevantes da estrutura cognitiva do aluno, denominados de subsunçores ou ponto de ancoragem (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 1999 apud VALADARES & MOREIRA, 2009).

Os subsunçores representam pontos de ancoragem na estrutura cognitiva já existente no indivíduo, servindo de base de sustentação aos novos conhecimentos apresentados. Ao aprender um novo conceito, irá ocorrer uma alteração nesta estrutura, que representará o processo de assimilação e diferenciação progressiva, no qual passa-se a fazer ligações e estabelecer relações entre os velhos e novos conhecimentos.

Quando o novo conceito apresentado representa uma generalização de dois ou mais conceitos que já faziam parte da estrutura cognitiva do aluno, ocorre o processo de reconciliação integrativa, que possibilitará a diferenciação e integração dos novos conhecimentos, podendo estabelecer novas relações ou mesmo a remoção daquelas que já existiam e não estavam bem estruturadas.

A aprendizagem significativa, segundo Ausubel, deve ser classificada e estruturada da seguinte maneira: Subordinada, na qual a nova informação é assimilada passando a alterar o subsunçor existente; Superordenada, onde a nova

informação é mais ampla do que o subsunçor já existente, passando a assimilá-los; Combinatória, que ocorre quando a nova informação não é ampla de forma suficiente para poder absorver os subsunçores, mas é abrangente demais para ser absorvida. Ou seja, o conceito se relaciona com outros conceitos, mas mesmo assim mantém uma certa independência, mantendo sua originalidade.

Em contraposto ao fato do conhecimento apresentado estar relacionado a outros conceitos já incorporados pelo sujeito, temos o processo de aprendizagem mecânica, no qual as novas informações têm pouca ou nenhuma interação com conceitos já existentes na estrutura cognitiva, e esta é armazenada de forma arbitrária, sem estabelecer relação com nenhum subsunçor.

Esse tipo de aprendizagem se torna necessária quando as informações oferecidas não possuem um ancoradouro, podendo ser parte de uma área nova de conhecimento e vai ocorrer somente até que se forme uma estrutura de subsunçores para essas novas informações, passando então a fazer parte da aprendizagem significativa.

Na Física, podemos exemplificar esse tipo de aprendizagem ao processo de decorar fórmulas e memorização de leis. É importante explicitar que Ausubel não estabelece a distinção entre a aprendizagem significativa e a mecânica com uma dicotomia, mas sim como um continuum (AUSUBEL, 2003; MAYER, 2002).

Ao ingressar na escola, as crianças já possuem um conjunto de conceitos absorvidos em suas vivências que permite que aprendam pelo processo receptivo, no qual, a maioria dos novos conceitos é adquirida por meio de assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos (NOVAK, 1981).

A utilização dos chamados “organizadores prévios” facilita a apreensão, absorção e fixação do conteúdo, pois poderão estabelecer pontes cognitivas entre o que o aluno já sabe e o que ele irá aprender, possibilitando a seleção e utilização deles de forma integrada e subordinada.

Os organizadores prévios podem ser representados por materiais utilizados no início do processo de aprendizagem, como estratégias de construção do conhecimento. Dentre eles podemos citar por exemplo, situações-problemas, demonstrações práticas, filmes, leitura de texto introdutório, etc.

Segundo Moreira, organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Pode ser uma aula que precede um conjunto de outras

aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este (MOREIRA, 2012, p. 4).

Para que haja êxito no processo de aprendizagem significativa é necessário portanto, que o professor consiga fazer uma análise para entender como está organizada a estrutura cognitiva atual do aluno e preparar aulas utilizando materiais potencialmente significativos, além de contar com a disposição dos alunos em participar do processo de forma substantiva, possibilitando a ancoragem destes novos conhecimentos.

Os organizadores prévios podem ser do tipo expositivo, fazendo a conexão entre o que o aluno sabe e o que ele deveria saber para que o material pudesse ser potencialmente significativo, promovendo a ancoragem de ideias familiares ao aluno. Também podem ser do tipo comparativo, que é quando o novo material é relativamente familiar, podendo ajudar o aluno a integrar novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva, diferenciando-os de outros conhecimentos que ele já possui.

A integração entre a aprendizagem mecânica e a significativa não é um processo simples de acontecer. Necessita da mediação constante do professor para que haja compreensão e transferência dos conceitos. O aluno precisa enfrentar situações de confronto cognitivos, pois são estas que irão provocar o movimento necessário para a recepção do novo. A construção de um subsunçor é um processo lento que requer a captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados.

É importante ressaltar que mesmo a aprendizagem sendo significativa isso não garante que o aluno não possa esquecer. O ato de esquecimento é natural dentro do processo, chamado por Ausubel de assimilação obliteradora, que significa a perda progressiva da dissociabilidade dos novos conhecimentos em relação aos que lhe serviram de ancoradouros cognitivos. Porém, quando necessitarmos reaprendê-los, o processo ocorrerá de forma fácil e rápida, pois apresentará alguns resíduos na estrutura subsunçora.

Uma forma de organizar as aulas visando possibilitar que a aprendizagem significativa aconteça é desenvolvendo uma sequência didática, utilizando diferentes ferramentas de ensino ao longo do processo, no intuito de tornar o aprendizado atrativo, participativo e investigativo.

Segundo Zabala, sequências didáticas são: “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p. 18).

A sequência didática é composta por diversas atividades sequenciadas, baseadas em situações-problemas, questionamentos, leituras, procedimentos, simulações e práticas experimentais, todas ações orientadas pelo professor e executadas pelos alunos. Possibilitam que o professor explore os conteúdos disciplinares de forma integrada para uma melhor dinâmica no processo ensino aprendizagem.

Os passos básicos de uma sequência didática são: Escolha do tema a ser trabalhado; questionamentos para problematização do assunto a ser trabalhado; planejamento dos conteúdos; objetivos a serem atingidos no processo de ensino aprendizagem; delimitação da sequência de atividades, levando-se em consideração a formação de grupos, material didático, cronograma, integração entre cada atividade e etapas, avaliação dos resultados (OLIVEIRA, 2013, p. 40).

As sequências didáticas, segundo Zabala, devem ser adequadas ao nível de desenvolvimento de cada aluno, permitir criar zonas de desenvolvimento proximal e intervir. Provocar conflito cognitivo e promover a atitude mental necessária para estabelecer relação entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios, que promova atitude favorável (motivadora), que estimule a autoestima e o autoconhecimento, que ajude o aluno adquirir habilidades para aprender a aprender (ZABALA, 1998, p. 630).

O processo de avaliação é outro ponto fundamental para ser analisado no contexto da teoria cognitiva. O tipo de avaliação utilizado nas escolas ainda é baseado nos processos mecânicos, pautado em provas que determinam se o aluno sabe ou não sabe, em questionários pré-elaborados, leitura e interpretação de problemas que irão ter como resposta um certo ou errado.

Na aprendizagem significativa a avaliação deve levar em consideração a compreensão, captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações não-conhecidas, não-rotineiras. Ausubel propõe que a melhor forma de se evitar a simulação da aprendizagem significativa é propor ao aprendiz uma situação nova, não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido.

Mas não é tão simples colocar em prática esse tipo de avaliação. Nossos alunos não estão habituados a este tipo de situação. Estas devem, portanto, serem apresentadas de forma progressiva, ao longo do processo de ensino, para posteriormente fazerem parte das avaliações.

Dessa forma, a avaliação da aprendizagem significativa necessita buscar evidências de que o processo se efetivou, permitindo que o aluno emita respostas que representem a captação dos conceitos, podendo fazer e refazer tarefas, explicar e justificar suas respostas, apresentando-as de forma coerente e preenchidas de significados.

Para Ausubel, a melhor maneira de evitar a simulação da aprendizagem significativa é formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. Para ele, testes de compreensão devem, no mínimo, ser escritos de maneira diferente e apresentados em um contexto, de certa forma, diferente daquele, originalmente, encontrado no material instrucional (AUSUBEL, 2003).

Segundo Ausubel, outra forma de verificar se a aprendizagem significativa aconteceu é a de propor uma tarefa de aprendizagem ao aluno, em sequência, que dependa de outra, a qual não possa ser executada sem uma compreensão da anterior. Na realidade, o que se está avaliando é a aprendizagem significativa da tarefa anterior (AUSUBEL, 2003).

O processo de avaliação deverá ser, portanto, realizado de forma diagnóstica e constante durante o andamento das aulas, sendo que ao final o professor e o aluno serão capazes de perceber a evolução da aprendizagem e assimilação dos conteúdos.

2.2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E SIMULADORES EDUCACIONAIS

O ensino de Física deve ser pautado em atividades que propiciem a prática do pensar, na qual o aluno desenvolva um papel ativo, por meio da interação e colaboração, ocupando o professor o papel de organizar e conduzir todo o processo.

Carvalho afirma ser necessário que os alunos participem de verdadeiras investigações científicas, onde não se separe teoria, resolução de problemas e práticas laboratoriais. Esta ideia vem de encontro a urgência existente na promoção da alfabetização científica na formação dos cidadãos (CARVALHO, 2004).

O uso adequado dos laboratórios de informática e de experimentação são alternativas pedagógicas que devem promover a aprendizagem dos conceitos de forma procedimental e atitudinal.

Segundo Marinelli e Pacca:

No laboratório os estudantes podem ter a oportunidade de interagir mais intensamente entre si e como professor, discutir diferentes pontos de vista, propor estratégias de ação, manipular instrumentos, formular hipóteses, prever resultados, confrontar previsões com resultados experimentais, e, ora uns ora outros desses aspectos, podem ser valorizados nas atividades (MARINELLI; PACCA, 2006, p. 497-498).

Conforme descrito nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), o laboratório de experimentação científica deve representar uma via para o desenvolvimento de inúmeras competências e habilidades (BRASIL, 2002, p. 7-16). Dentre elas se destacam a oportunidade de relacionar a teoria e a prática e o uso de instrumentos de medidas apropriados para estabelecer comparações quantitativas, reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física, ler e interpretar corretamente tabelas e gráficos, esquemas e diagramas. No laboratório de experimentação, o aluno tem a oportunidade de manipular instrumentos e fazer medidas físicas, bem como entender a realidade construída pela ciência (GRANDINI, 2004; MARINELLI; PACCA, 2006).

Da mesma forma, o uso pedagógico de softwares ou aplicativos de simulação computacional pode favorecer a aprendizagem por descoberta. O computador pode funcionar como um recurso pedagógico que ajuda na descrição, na reflexão e no refinamento de ideias, possibilitando que o aluno seja um ser ativo no processo de construção de seu conhecimento (VALENTE, 2002, LIMA *et al.*, 2010, p. 2).

Tomando por base a aprendizagem significativa de Ausubel, Tavares entende que as simulações computacionais podem exercer a função de organizador prévio da aprendizagem de conteúdos de Física, preenchendo o hiato entre aquilo que o aluno já sabe e aquilo que precisa reconhecer antes de poder aprender significativamente um determinado tema em estudo (TAVARES, 2010).

De acordo com Tavares, os resultados obtidos usando as animações interativas foram: (i) facilidade na construção de significados, pois de acordo com Moreira (2012, p. 3), por intermédio do organizador prévio identificou-se o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material; (ii) melhora nos resultados obtidos pelos estudantes em exames conceituais (TAVARES, 2010, p. 60).

Atividades computacionais de simulação podem, portanto, ser usadas no intuito de suprir dificuldades de aprendizagens apresentadas pelos alunos no estudo dos conceitos de Eletricidade, desde que contemplem alguns aspectos importantes do ponto de vista da teoria construtivista: construção do conhecimento por meio da mediação do professor, fazendo o elo entre aluno e matéria (MATUI, 1995, p. 79); desenvolvimento da aprendizagem significativa por meio dos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integradora (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978; FREITAS, 2007; NOVAK, 2010).

Neste sentido, a proposta deste trabalho é contemplar estes aspectos citados no desenvolvimento do produto educacional desenvolvido para a aprendizagem dos conceitos relativos à Eletricidade.

2.3 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS RELACIONADAS A ELETRICIDADE

São consideradas concepções alternativas aquelas elaboradas pelos alunos a partir do senso comum, sem relação direta com as ideias aceitas pela comunidade científica. Entender a relação entre estas concepções emitidas de maneira espontânea e aquelas construídas a partir da aquisição de conceitos é fundamental para que a aprendizagem se torne possível, pois segundo Ausubel, nós vivemos em um mundo de conceitos em vez de em um mundo de objetos, eventos e situações (AUSUBEL, 1978, p. 88).

Segundo Gouveia, os sujeitos constroem conceitos com significados distantes do significado científico, que na literatura são denominados como concepções alternativas. São conhecimentos peculiares do sujeito, muito resistentes a mudanças, estruturados na vivência diária (Gouveia, 2007),

Para Dorneles, Araújo e Veit, a Eletricidade é uma das áreas da Física que possuem importantes estudos a respeito de suas dificuldades de aprendizagem, que são classificadas por eles em dois tipos: dificuldades conceituais sobre corrente, tensão e resistência elétricas; concepções alternativas (não científicas) sobre esses conceitos (DORNELES, ARAÚJO E VEIT, 2006).

Existem inúmeras pesquisas desenvolvidas sobre as concepções alternativas, das quais pode ser apontada a seguinte conclusão geral: algumas delas são ideias comuns a um grande número de alunos e que oferecem grande resistência a mudança mesmo depois de serem confrontadas com o processo de instrução formal (GRAVINA, 1994).

Muitas vezes os alunos utilizam os conceitos existentes para tratar com os fenômenos novos e em outras situações os conceitos existentes são inadequados para permiti-los compreender com sucesso um novo fenômeno, o que pode levá-los a substituir ou reorganizar seus conceitos centrais (POSNER et al., 1982).

A mudança nestas concepções pode ser realizada de forma gradual e descontínua, desde que se identifique as condições do novo conhecimento ser assimilado e acomodado, dependendo da reconciliação ou não com o conhecimento já existente. Posner et al. sugeriram quatro condições fundamentais para a ocorrência de acomodações, que são: insatisfação com as concepções existentes e inteligibilidade, plausibilidade e fertilidade das novas concepções (POSNER et al., 1982).

Quando um conceito já existente na estrutura cognitiva do estudante se torna incapaz de dar significado a uma nova informação recebida, pode ocorrer a insatisfação, levando-o a abandonar o conceito já existente em busca de encontrar um outro conceito que possa explicar o problema apresentado a ele.

Por sua vez, para que uma concepção seja considerada inteligível é necessário que ela faça sentido, podendo ser representada de maneira coerente, clara e ser plausível, ou seja, fazer com que o aluno acredite que esse conceito possa resolver os problemas estabelecidos e sanar sua insatisfação. E, por fim, esta nova informação precisa representar um potencial explicativo que possibilite a compreensão e solução

de outros problemas e situações novas ou mesmo já existentes na sua estrutura cognitiva.

No intuito de ofertar condições para que a aprendizagem por acomodação possa acontecer, o presente trabalho utiliza técnicas alternadas entre si, variando entre análise de situações-problemas, atividades experimentais demonstrativas investigativas e simulações computacionais, realizadas em pequenos grupos.

Além disso, a cada aula são propostos questionamentos que permitem uma previsão do que irá ocorrer no desenvolvimento das atividades, remetendo aos conceitos físicos que serão abordados, fazendo um paralelo entre os conhecimentos prévios e o conhecimento adquirido por meio da intervenção pedagógica adotada. Estas atividades compõem as aulas que serão apresentadas e discutidas nos próximos capítulos. A proposta é introduzir uma prática pedagógica na perspectiva Ausubeliana, que favoreça e contribua para a efetivação da aprendizagem significativa.

3 ELETRODINÂMICA

O conhecimento das propriedades elétricas dos materiais é muito importante na compreensão de medidas simples de segurança que podem ser tomadas a fim de diminuir os riscos e evitar acidentes ao manipular a rede elétrica. Acidentes com energia elétrica podem provocar vários tipos de danos ao organismo humano, tais como: queimadura, coagulação do sangue, lesões nos nervos, contrações musculares, reação de estremeamento (sensação de choque).

Na manutenção de sistemas elétricos, por exemplo, é indispensável o uso de luvas de borracha, o que evita o choque elétrico. Os cabos condutores são todos revestidos de material isolante. Além disso, ações simples como não puxar a tomada pelo cabo, não tocar os pinos da tomada, desligar sempre o interruptor antes de fazer manutenções na rede elétrica da casa, manter fios condutores encapados, entre outras, devem ser adotadas para proteção tanto humana quanto dos sistemas elétricos.

3.1 CONDUTORES E ISOLANTES

Os condutores são materiais nos quais as cargas elétricas se movem com facilidade, como por exemplo os metais, o corpo humano e a água de torneira. A própria energia térmica à temperatura ambiente, é suficiente para gerar uma grande quantidade de elétrons livres em alguns materiais. Esta grande quantidade de elétrons livres disposta nos materiais condutores pode movimentar-se com pouca resistência, conduzindo eletricidade.

Os isolantes, também chamados de dielétricos, são materiais nos quais os elétrons encontram-se, de maneira geral, fortemente ligados aos núcleos atômicos, não permitindo o movimento dos elétrons de forma livre. Como exemplos podemos citar a borracha, os plásticos, o vidro e a água destilada (TIPLER; MOSCA, 2009).

Segundo Ramalho, os elétrons livres estão em movimento desordenado, com velocidades em todas as direções, porém sem saírem do condutor, não produzindo, portanto, efeito externo e todos os pontos do condutor metálico em equilíbrio têm o mesmo potencial elétrico. A corrente elétrica acontece quando o efeito oposto dos condutores em equilíbrio eletrostático é alcançado, ou seja, o movimento dos elétrons livres é coordenado a uma velocidade média, com mesmo sentido e direção, sendo

que, ao sair do condutor, há geração de efeitos externos (como choque elétrico) e os pontos do condutor tem potenciais diferentes, havendo, portanto, uma diferença de potencial (RAMALHO, 2007).

3.2 CORRENTE ELÉTRICA E DIFERENÇA DE POTENCIAL

O conceito de corrente elétrica é enunciado nos livros didáticos como “Fluxo de carga elétrica através da secção transversal de um condutor”. Mas embora a corrente seja um movimento de partículas carregadas, nem todas as partículas carregadas que se movem constituem uma corrente elétrica. Para que exista uma corrente elétrica através de uma da superfície, é preciso que haja um fluxo líquido de cargas (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2016).

No interior de um fio metálico condutor há elétrons livres (elétrons de condução), que movem-se em direções aleatórias com uma velocidade média na ordem de 10^6 m/s. Elétrons livres passam por uma área de seção reta do fio de cobre, nos dois sentidos, bilhões de vezes por segundo, não havendo fluxo líquido de cargas, ou seja, não têm-se a formação de uma corrente elétrica. Porém, se as extremidades do fio forem conectadas a uma bateria, haverá o aumento do número de cargas que atravessam esse plano em um dos sentidos, fazendo surgir então um fluxo líquido de cargas e, portanto, uma corrente elétrica.

Se o campo elétrico no interior do condutor é nulo, uma vez que os vetores velocidade dos elétrons estão aleatoriamente orientados, a velocidade média é nula. Quando o condutor está sujeito a um campo elétrico, este exerce uma força sobre cada um dos elétrons livres, produzindo uma variação de velocidade média no sentido oposto ao campo, chamada de “velocidade de migração” (TIPLER; MOSCA, 2009).

O fluxo de cargas no interior do condutor, provocado pela diferença de potencial produzida pelo campo elétrico, pode ser interpretada analogamente à forma com que a diferença de pressão no desnível de uma caixa d'água com o solo provoca o escoamento da água nos canos condutores.

A corrente elétrica pode então ser representada como a quantidade de carga (ΔQ) que flui através da área de secção transversal, no intervalo de tempo (Δt), expressa pela equação 1:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1)$$

Devido ao princípio de conservação da carga elétrica, a quantidade de carga que entra no fio deve ser igual a quantidade de carga que sai dele. O que pode ocorrer, porém, é uma mudança na densidade de corrente (J) no material, quando sua área é alterada, sendo maior em regiões do condutor mais estreitas e menor no condutor mais largo.

$$J = \frac{i}{A} \quad (2)$$

A densidade de corrente pode ser representada por linhas de corrente. Quanto mais espaçadas estiverem as linhas, menor será a densidade da corrente e vice-versa.

A corrente elétrica pode ser classificada em dois tipos: corrente contínua, em que há um fluxo ordenado de elétrons num único sentido mediante a presença de uma diferença de potencial (por exemplo pilhas e baterias) e corrente alternada, em que o sentido do movimento dos elétrons varia no tempo (como nas usinas hidrelétricas).

A diferença de potencial (DDP), também denominada tensão elétrica representa a diferença entre a energia potencial elétrica por unidade de carga que existe entre dois pontos de um sistema qualquer. Nos livros didáticos geralmente é representada por ΔV ou U . Pode-se dizer que a tensão está relacionada com a força responsável pela movimentação dos elétrons num condutor, sendo que quanto maior for a diferença de potencial em relação a oposição apresentada pelo material (resistência elétrica), maior será a corrente estabelecida no sistema.

3.3 RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA

As cargas elétricas em movimento, que constituem a corrente elétrica, movidas por uma diferença de potencial, realizam colisões contra os átomos ou moléculas do condutor, ocorrendo a transformação de energia elétrica em energia térmica (efeito Joule) (YOUNG; FREEDMAN, 2010). Essa característica do condutor é denominada como a resistência elétrica (R).

Podemos determinar de uma forma indireta a resistência entre dois pontos de um condutor aplicando a ele uma diferença de potencial e medindo a corrente resultante, conforme a equação:

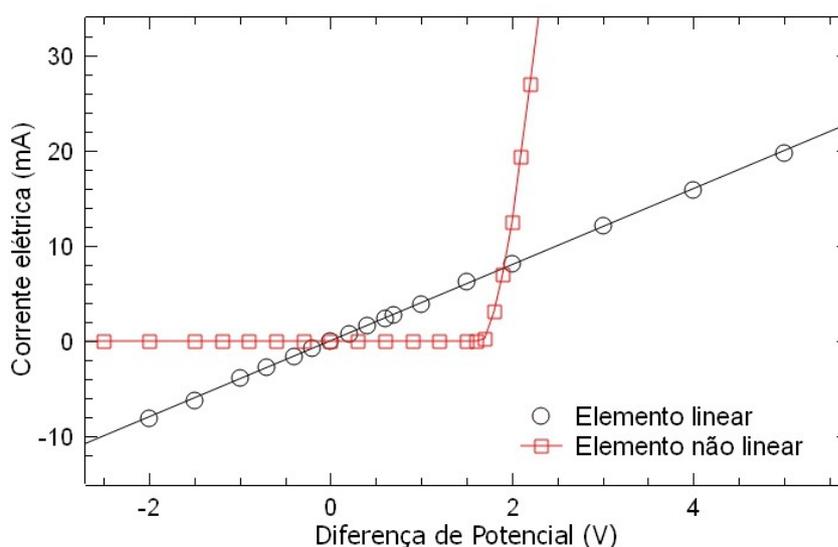
$$R = \frac{V}{i} \quad (3)$$

É frequente ouvir a afirmação de que a equação (3) é uma expressão matemática da Lei de Ohm. Isso não é verdade! Essa equação é usada para definir o conceito de resistência e se aplica a todos os dispositivos que conduzem corrente elétrica, mesmo que não obedeçam a Lei de Ohm (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2016).

A Lei de Ohm é a afirmação de que a corrente que atravessa um dispositivo é sempre diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada ao dispositivo. Essa definição não costuma ficar explícita nos materiais didáticos, o que faz com que haja uma confusão conceitual a respeito da famosa Lei de Ohm.

Podemos afirmar então, que um elemento resistivo linear ou ôhmico é aquele para o qual a razão entre a ddp aplicada e a intensidade de corrente que o atravessa é constante. A sua curva característica é linear, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Curva característica de elemento resistivo linear e não linear.



Fonte: A Autora.

A microeletrônica moderna, e, portanto, boa parte de nossa tecnologia atual, depende quase totalmente de dispositivos que não obedecem à Lei de Ohm. Uma calculadora de bolso, por exemplo, contém vários desses dispositivos.

Elemento resistivo não linear é aquele para o qual a razão entre a ddp aplicada e a intensidade da corrente que o atravessa não é constante. Isto significa que a curva característica desses elementos não é uma reta (Figura 1), o que implica em uma variação da resistência do elemento. Em cada ponto define-se então uma resistência aparente que é a razão entre a ddp e a corrente elétrica.

Este comportamento, a não linearidade da curva característica, pode depender de fatores tais como: temperatura, iluminação, tensão nos terminais do elemento, entre outros fatores.

Assim, para a maior parte dos condutores, uma elevação da temperatura significa um aumento da resistência, conseqüentemente, a temperaturas muito baixas, a resistência de fato deixa de existir para alguns materiais, os quais recebem a denominação distintiva de supercondutores (HEWITT, 2015).

A forma mais adequada que podemos associar à Lei de Ohm é, portanto, a que utiliza incógnitas relacionadas ao material e não ao dispositivo, conforme a equação:

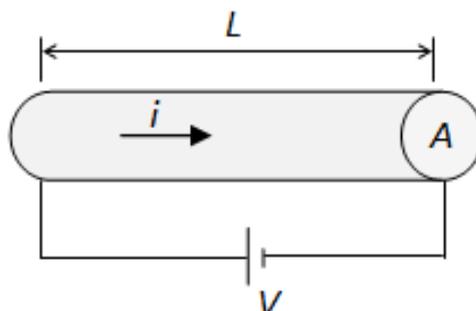
$$\vec{E} = \rho \vec{J} \quad (4)$$

Em que a constante de proporcionalidade que relaciona as duas grandezas, campo elétrico (\vec{E}) e densidade de corrente (\vec{J}) é denominada resistividade elétrica (ρ). Isto implica que um material obedece à Lei de Ohm se a resistividade dele não depender do módulo nem da direção do campo elétrico aplicado (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2016).

A resistividade elétrica é uma característica intrínseca de um material e possui unidade ohm vezes metro ($\Omega \cdot m$) no Sistema Internacional (SI). Um condutor perfeito deveria ter resistência igual a zero, e um isolante perfeito deveria ter resistência infinita. Os metais e ligas metálicas são materiais com menor resistividade, ou seja, melhores condutores. A resistividade de um isolante é cerca de 10^{22} vezes mais elevada do que a resistividade de um condutor.

Suponha um fio condutor de comprimento L e seção reta uniforme de área A , como indicado na figura 2. Seja V a ddp entre as extremidades e i a corrente elétrica ao longo do fio. A medida que a corrente elétrica flui no fio, ocorre perda de energia potencial elétrica: essa energia é transferida aos átomos do material condutor durante as colisões.

Figura 2 – Condutor com seção reta uniforme de área A e comprimento L .



Fonte: A Autora.

A relação entre a resistência elétrica (R), a resistividade elétrica (ρ), o comprimento do fio (L) e a área da seção reta do fio (A), é dada por:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (5)$$

Pode-se observar pela equação (5) que a resistência de um condutor com seção reta uniforme é diretamente proporcional ao comprimento do fio e inversamente proporcional à área de sua seção reta. Ela também é proporcional a resistividade do material com o qual o condutor é feito.

De maneira geral, para níveis de compreensão do aluno, podemos afirmar que a resistência elétrica pode ser definida como a oposição a passagem de corrente elétrica que o condutor oferece, ou seja, é uma propriedade do dispositivo. Já a resistividade elétrica como uma propriedade do material, que define o quanto este pode se opor a passagem dessa corrente, de forma que, quanto maior for a resistividade elétrica, mais difícil será a passagem da corrente elétrica, e quanto menor, mais ele permitirá sua passagem.

3.4 RESISTORES E CÓDIGO DE CORES

Resistores são dispositivos eletrônicos que convertem energia elétrica em energia térmica. Os resistores oferecem uma oposição à passagem de corrente elétrica. A essa oposição damos o nome de resistência elétrica que possui como unidade o ohm (Ω) (TIPLER; MOSCA, 2009). Os múltiplos mais usados são o quilo-ohm ($1\text{ K}\Omega = 10^3\ \Omega$) e o megaohm ($1\text{ M}\Omega = 10^6\ \Omega$).

Os resistores podem ser classificados em dois tipos: fixos e variáveis. Os resistores fixos são aqueles cujo valor da resistência não pode ser alterado. Os resistores variáveis têm a sua resistência modificada, dentro de uma faixa, por meio de um cursor móvel.

Os resistores fixos são comumente especificados por três parâmetros: o valor nominal da resistência elétrica, a tolerância (máxima variação em porcentagem do valor nominal) e a máxima potência dissipada. Para a leitura do valor nominal e tolerância é utilizado o código de cores que pode ser observado na Tabela 1. A ausência da faixa de tolerância indica que esta é de $\pm 20\%$.

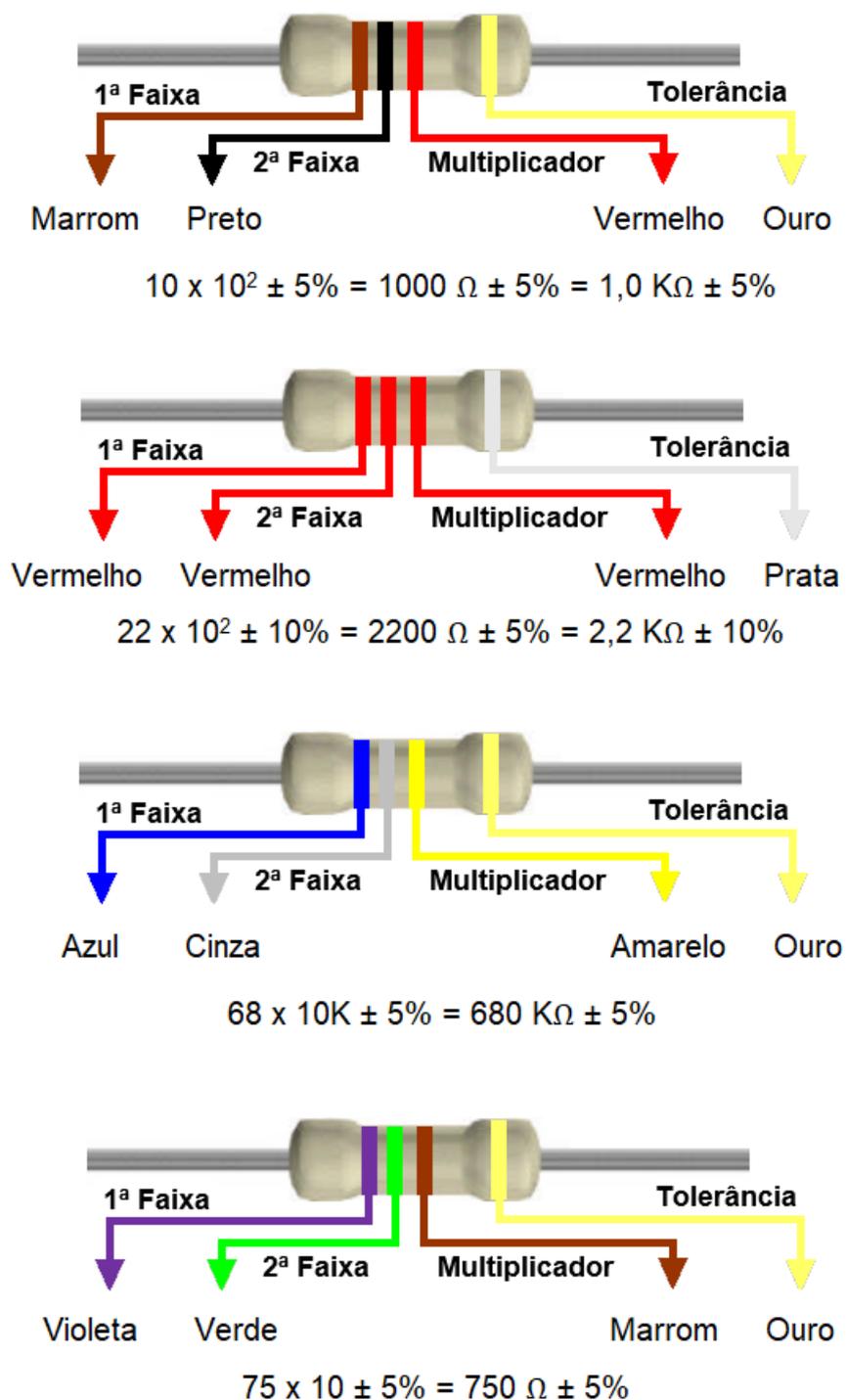
Tabela 1 – Código de cores de um resistor.

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	Fator Multiplicador		Tolerância
Preto	0	0	1	1	
Marrom	1	1	10	10	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	100	100	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	1K	1.000	
Amarelo	4	4	10K	10.000	
Verde	5	5	100K	100.000	
Azul	6	6	1M	1.000.000	
Violeta	7	7	10M	10.000.000	
Cinza	8	8	100M	100.000.000	
Branco	9	9	1G	1.000.000.000	
Ouro				0,1	$\pm 5\%$
Prata				0,01	$\pm 10\%$
Branco					$\pm 20\%$

Fonte: A Autora.

Na Figura 3 estão dispostos alguns exemplos de leitura da resistência nominal utilizando o código de cores.

Figura 3 – Exemplos de leitura do código de cores.



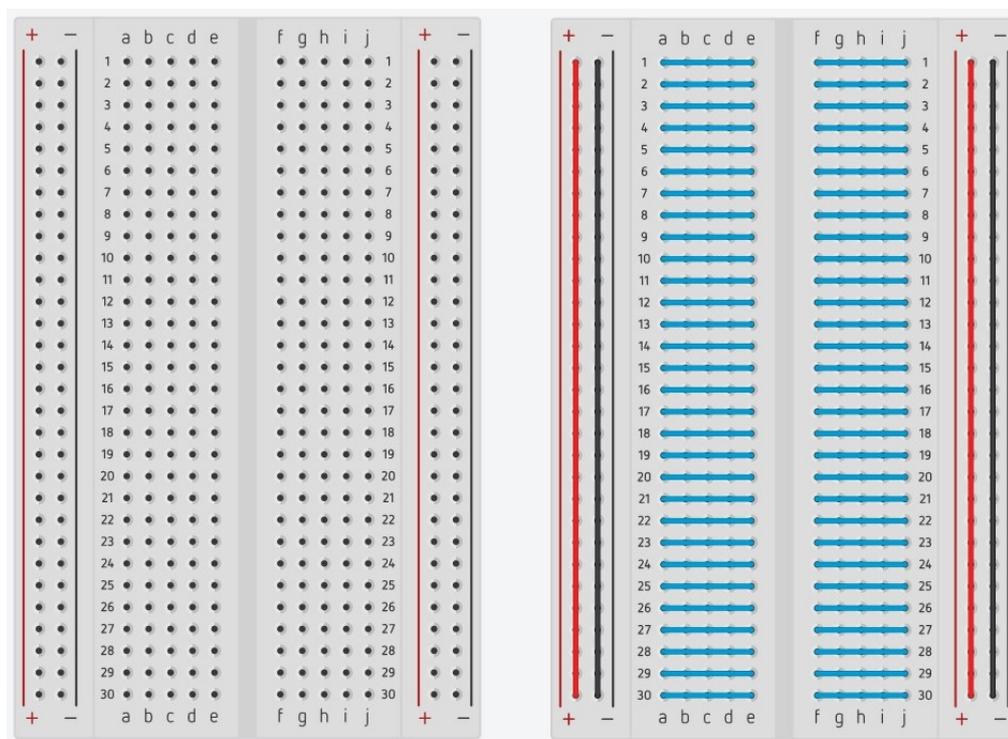
Fonte: A Autora.

Uma placa de ensaio (ou *protoboard*) é uma placa com orifícios e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos experimentais. Esta placa permite a montagem de circuitos elétricos sem a necessidade de soldar os componentes eletrônicos. Desta forma, é muito utilizada no desenvolvimento de protótipos. Na Figura 4 pode ser observado um exemplo de placa de ensaio e a representação das conexões internas.

Observe que os orifícios são dispostos em linhas e colunas. As colunas encontram-se nas extremidades da placa e as linhas ao centro. Os orifícios das colunas estão conectados entre si (em uma mesma coluna) e eletricamente independentes, isto é, não há conexão elétrica entre os furos de uma coluna e de outra. Geralmente são destinadas à alimentação elétrica.

As linhas são formadas por cinco furos cada uma e é destinada para montagem dos componentes eletrônicos. Os cinco furos de uma mesma linha estão conectados internamente por um condutor. Os orifícios de uma linha não possuem conexões internas com os de outras linhas. Verifique que a placa de ensaio possui um grupo de linhas dispostas a esquerda da cavidade central e outro grupo a direita. Esta parte central é utilizada para montagem de circuito integrado.

Figura 4 – Conexões internas da placa de ensaio.

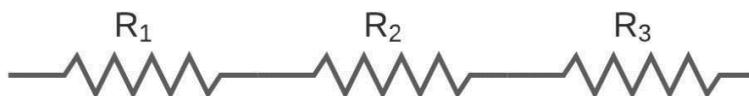


Fonte: A Autora.

3.5 ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

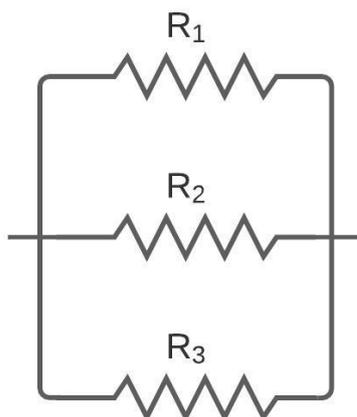
Associar resistores significa formar um circuito utilizando dois ou mais elementos de resistência elétrica ligados entre si, podendo esta ligação ser em série (Figura 5), paralelo (Figura 6) ou ainda, uma associação mista (Figura 7), na qual ocorre os dois tipos de ligação num mesmo circuito.

Figura 5 – Associação de resistores em série.



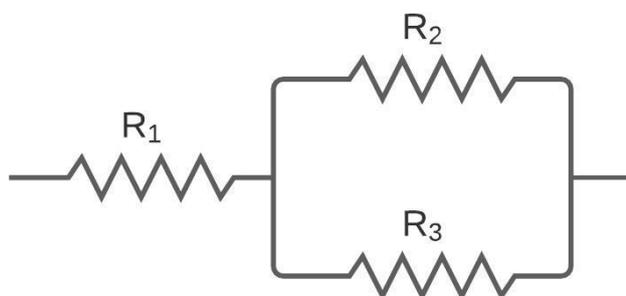
Fonte: A Autora.

Figura 6 – Associação de resistores em paralelo.



Fonte: A Autora.

Figura 7 – Associação de resistores mista.



Fonte: A Autora.

Resistências ligadas em série podem ser substituídas por uma resistência equivalente (R_{eq}) percorrida pela mesma corrente (i) e com a mesma diferença de potencial total (V) que as resistências originais (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Em uma ligação em paralelo os resistores são ligados de maneira que todos estão submetidos à mesma tensão, ou seja, as extremidades dos componentes estão em um mesmo potencial. (TIPLER; MOSCA, 2009).

Nesta associação existem dois ou mais caminhos para a corrente elétrica, sendo assim os resistores são percorridos por correntes diferentes. A corrente que percorre o resistor dependerá de sua resistência, sendo que, quanto maior a resistência, menor será a intensidade da corrente que atravessa o resistor.

Em uma associação de resistores mista, para definir o valor da resistência equivalente dos circuitos mistos deve-se associar cada conjunto de resistores, seja ele série ou paralelo, simplificando por partes de conexão, até obter um único resistor que substituirá todo o circuito (OLIVEIRA *et al*, 2013).

A resistência total ou equivalente (R_{eq}) tem as seguintes características para cada associação:

1) *Associação em série:*

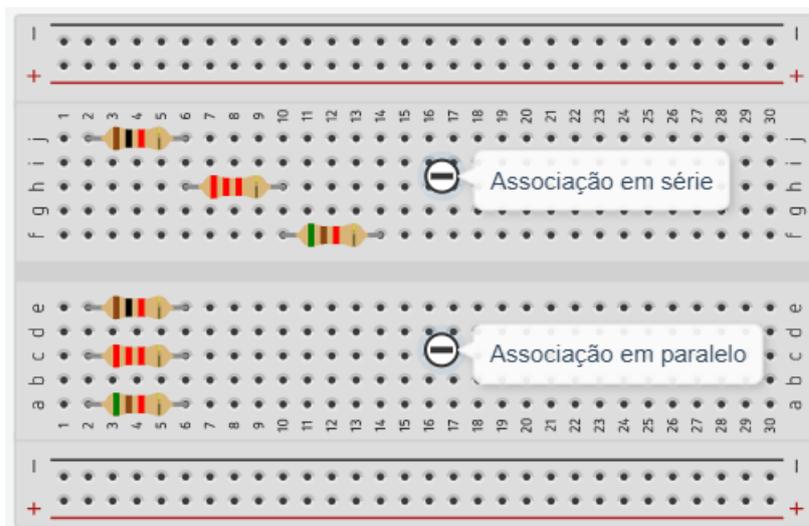
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (6)$$

2) *Associação em paralelo:*

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (7)$$

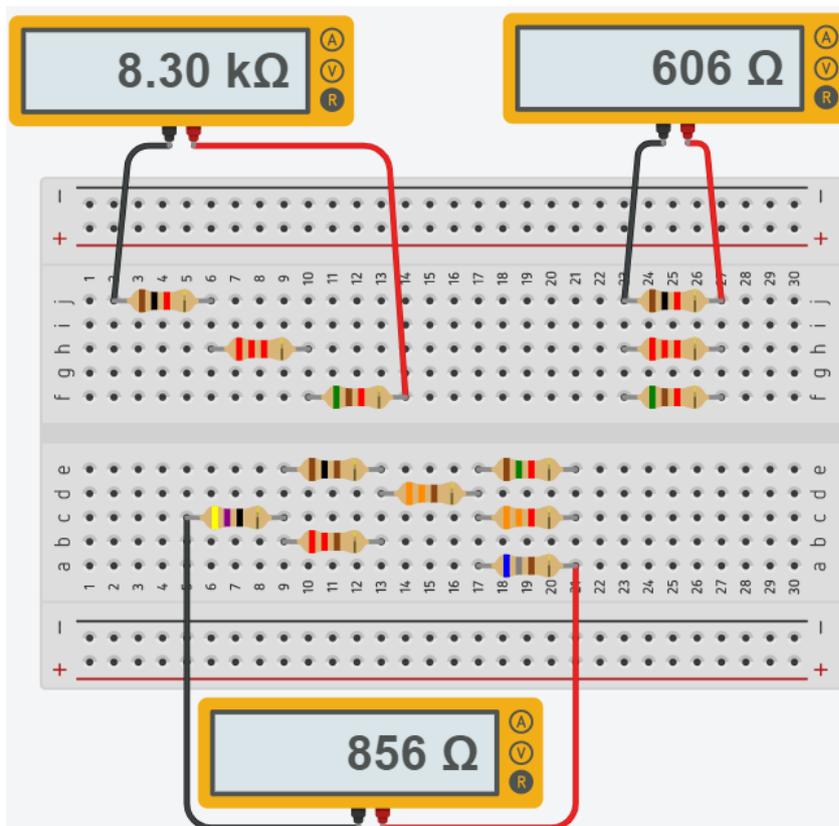
Na Figura 8 é possível observar a associação de três resistores em série e em paralelo em uma placa de ensaio. Na Figura 9 pode ser observado a conexão para medida da resistência elétrica de uma associação em série, em paralelo e mista.

Figura 8 – Resistores conectados em série e em paralelo em uma placa de ensaio.



Fonte: A Autora.

Figura 9 – Medida da resistência elétrica de resistores conectados em série, paralelo e série-paralelo.



Fonte: A Autora.

3.6 INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS

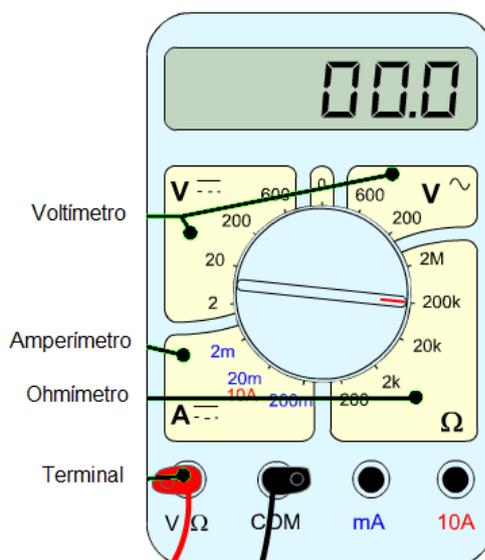
Quando se fala em atividades experimentais de Eletricidade, necessariamente estas envolvem medidas das grandezas corrente, diferença de potencial (tensão) e resistência elétrica. Assim, ao primeiro contato com o Laboratório, o estudante deve familiarizar-se com os instrumentos de medida dessas grandezas e entender o funcionamento de cada um deles.

Três são os instrumentos básicos:

1. Ohmímetro: Utilizado para medir a resistência elétrica.
2. Voltímetro: Utilizado para medir a diferença de potencial (tensão) entre dois pontos de um circuito elétrico.
3. Amperímetro: Utilizado para medir a intensidade da corrente elétrica em um trecho do circuito.

Todas estas medidas citadas podem ser feitas por meio de um único aparelho, que congrega todos esses instrumentos, chamado Multímetro, ilustrado por meio da Figura 10.

Figura 10 – Multímetro.

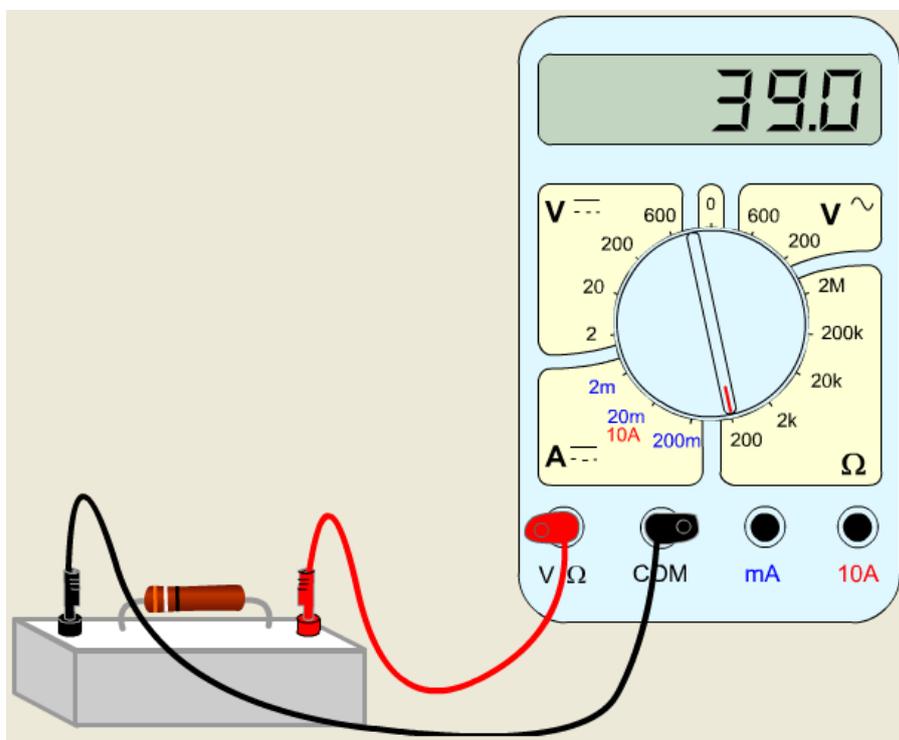


Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*.

Para realizar medida de resistência, por exemplo, o multímetro deve ser ligado na função ohmímetro, regulado na maior escala de medida e ligado diretamente aos terminais do resistor. O circuito não deve estar energizado. A escala deve ser

reduzida, conforme a necessidade, até atingir a maior precisão, conforme podemos observar na Figura 11.

Figura 11 – Medida de resistência elétrica.

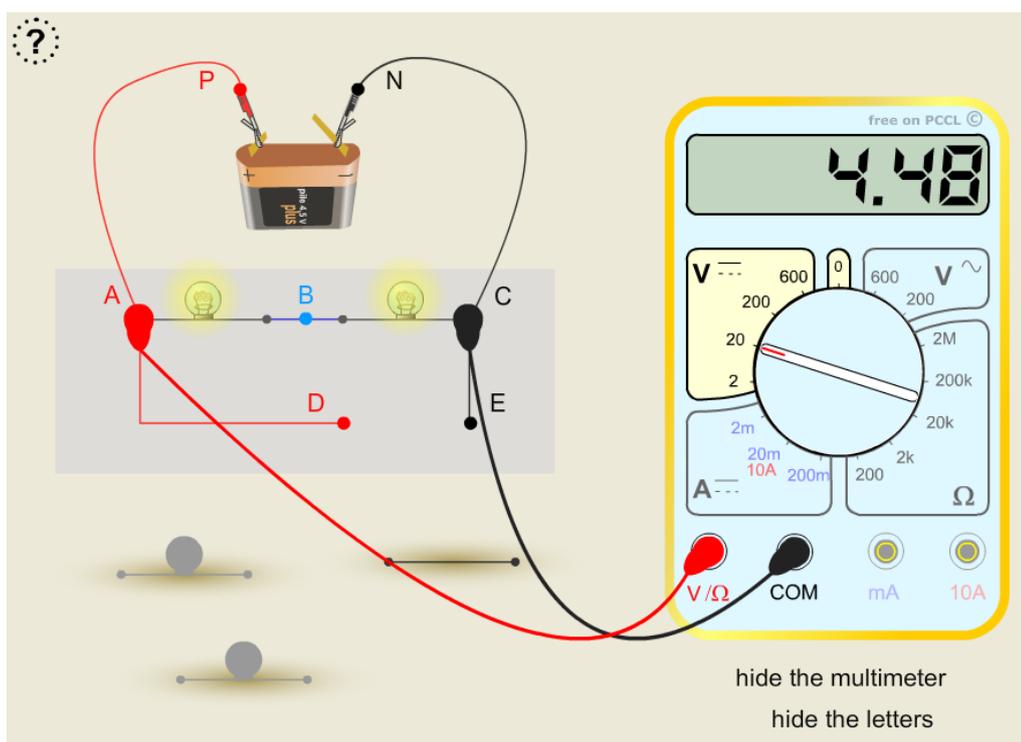


Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*.

Para realizar medida de tensão, o multímetro deve ser ligado na função voltímetro, regulado na maior escala de medida (observando se é tensão contínua ou alternada) e conectado aos dois pontos do circuito que se deseja conhecer a diferença de potencial, sem desligar nem cortar nenhum fio do circuito (paralelo).

A conexão do voltímetro em paralelo ao circuito pode ser realizada pois a resistência interna do voltímetro é muito maior que a resistência dos elementos do circuito entre os pontos de ligação (em um caso ideal a resistência interna do voltímetro seria infinita). A escala deve ser reduzida até atingir a maior precisão, conforme podemos observar na Figura 12.

Figura 12 – Medida de tensão.

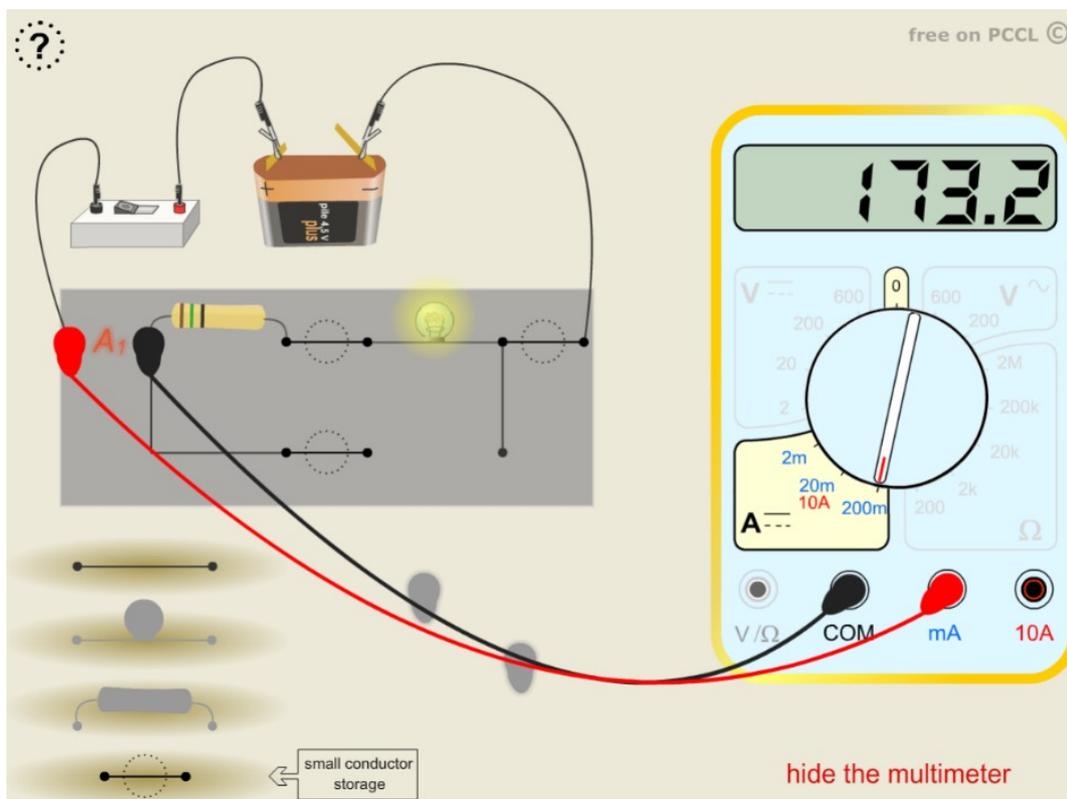


Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*.

Ao conectar o multímetro na função amperímetro é realizado a medida de corrente elétrica em um ramo do circuito. Para realizar a medição é necessário interromper o fio e introduzir o amperímetro no circuito em série, para que a corrente elétrica passe pelo aparelho, conforme Figura 13.

A resistência interna do amperímetro deve ser muito menor que todas as outras resistências do circuito (idealmente zero), para que o valor da corrente elétrica medida não seja alterado pelo instrumento de medida. Devido a pequena resistência interna do amperímetro, deve-se tomar muito cuidado ao realizar as medidas, para não colocar o circuito elétrico em curto.

Figura 13 – Medida de corrente elétrica.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*.

Uma forma de fazer com que o aluno se familiarize com estas medidas, sem provocar danos aos materiais e instrumentos é por meio dos simuladores computacionais, que serão sugeridos no corpo do produto educacional.

4 ORGANIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DIDÁTICA

Os conceitos básicos de Eletricidade são utilizados diariamente na nossa rotina, sendo fundamental que haja uma compreensão mínima do que significa corrente elétrica, quais as condições para sua existência e quais os efeitos provocados pela sua passagem através dos meios materiais, para que possamos utilizar os circuitos elétricos de maneira segura e eficaz.

A partir de questionamentos simples, como por exemplo, quais materiais são condutores e quais são isolantes elétricos, que esta proposta de ensino foi elaborada, visando suprir a necessidade do conhecimento básico sobre o assunto Eletricidade. As aulas foram organizadas contemplando atividades interativas e articuladas, buscando associar os conhecimentos prévios dos alunos aos novos conhecimentos, no intuito de possibilitar que o processo de aprendizagem significativo pudesse acontecer.

O tema Eletricidade, de forma específica os conceitos de corrente, diferença de potencial e resistência elétrica foram selecionados para este trabalho por constituírem a base de todo o estudo dos circuitos elétricos.

No decorrer da prática docente, percebe-se constantemente uma diferença significativa no aprendizado quando os conceitos são apresentados de forma contextualizada, relacionados a atividades práticas que possibilitam a visualização e interação com o objeto de estudo. A falta destes elementos é um dos motivos pelo qual constantemente se percebe desinteresse e resistência dos alunos no estudo da disciplina de Física.

A proposta foi aplicada de forma integrada aos conteúdos contemplados na última série do Ensino Médio. Algumas das atividades que compõe a sequência didática (SD) foram aplicadas em duas turmas de 3º ano do Ensino Médio, em 2018, em caráter de teste para verificar a validade e eficiência das mesmas. No ano seguinte, em 2019, após a elaboração completa da SD, foi aplicada em duas turmas de 3º ano do Ensino Médio, porém de diferentes escolas da rede Estadual do Paraná, uma localizada no município de Planalto, com 36 alunos e a outra no município de Capanema, com 27 alunos, descritas aqui com turma 1 e turma 2, respectivamente, totalizando 17 horas/aulas o tempo de aplicação.

Por meio da atividade de pré-teste foi possível perceber que os alunos apresentavam algum conhecimento sobre os conceitos explorados no produto

educacional, ou seja, não eram totalmente leigos no assunto, porém possuíam algumas concepções errôneas, que ao longo da aplicação da sequência didática puderam ser corrigidas e reestruturadas.

A coleta de dados foi feita com o auxílio do aplicativo de celular *Plickers*, observação direta e anotações feitas durante a aplicação das atividades, relatórios experimentais descritivos e questionário de opinião, com o intuito de apresentar os resultados de forma qualitativa. Todos os dados coletados foram de extrema importância para verificação da aplicabilidade das práticas utilizadas para a efetivação de uma aprendizagem significativa.

Em cada uma das aulas que compõe a sequência didática é apresentado algum recurso didático que possa despertar a curiosidade e o interesse dos alunos sobre o conceito a ser abordado, formando um ciclo de complementação entre as atividades, porém não uma dependência, podendo cada uma das aulas serem aplicadas de forma individual.

As técnicas utilizadas nas atividades propiciam o trabalho em equipe, nas quais os alunos se reúnem para discutir os temas, tentar encontrar respostas para as situações propostas e realizarem as práticas experimentais. O intuito é promover por meio do diálogo a socialização e a troca de experiências, levando em consideração que cada ser possui seu próprio entendimento sobre aquilo que lhe é apresentado, dependendo das suas experiências anteriores e conhecimento adquirido durante o seu desenvolvimento cognitivo.

Os dados foram coletados durante a aplicação da sequência didática (SD), composta por teste de conhecimentos prévios por meio da elaboração de mapas mentais, atividades interativas fazendo uso de simuladores educacionais e experimentos, com questionários e roteiros para cada atividade, análise e resolução de situações-problemas e teste dos conhecimentos adquiridos ao final da aplicação da SD, com a reelaboração dos mapas mentais. Para finalizar, os alunos responderam a um questionário de opinião para se obter um *feedback* dos alunos sobre as atividades desenvolvidas.

Segundo Fenner, o Mapa Mental é uma ferramenta poderosa de organização de informações que ocorrem de uma forma não linear, sendo elaborada em forma de teia, onde a ideia principal é colocada no centro de uma folha de papel para maior visibilidade e as ideias, descritas apenas com palavras-chave e ilustradas com imagens, ícones e muitas cores (FENNER, 2017).

Para a construção de um mapa mental, deve-se adotar alguns critérios específicos, contemplando como característica principal a hierarquia dos conceitos, suas relações significativas e a abrangência dos assuntos abordados. Segundo Ausubel, a hierarquia a ser seguida se refere a organização dos conceitos, partindo do mais geral até o mais específico, fazendo as relações entre eles, na medida que vai se acrescentando tópicos no esquema. Por meio desta construção e a verificação da integração das ideias e conceitos pode-se verificar se está ocorrendo a diferenciação progressiva ou a reconciliação integradora (AUSUBEL, 2003).

A análise dos dados foi realizada de maneira qualitativa, desenvolvida durante toda a investigação, por meio de teorizações progressivas, num processo de interação com foco voltado para a observação e ajuste constante. Para isso foram levadas em consideração as respostas dos questionários, as discussões realizadas em pequenos grupos ou mesmo no grande grupo, os processos de montagem e realização dos experimentos.

Para Gil, o uso dessa abordagem propicia o aprofundamento da investigação das questões relacionadas ao fenômeno em estudo e das suas relações, mediante a máxima valorização do contato direto com a situação estudada, buscando-se o que era comum, mas permanecendo, entretanto, aberta para perceber a individualidade e os significados múltiplos (GIL, 1999).

De acordo com Bogdan e Biken, o conceito de pesquisa qualitativa envolve cinco características básicas que configuram este tipo de estudo: ambiente natural, dados descritivos, preocupação com o processo, preocupação com o significado e processo de análise indutivo (BOGDAN E BIKEN, 2003).

A escolha deste tipo de abordagem para análise da pesquisa foi motivada pelo fato de que a proposta apresenta uma flexibilidade na interpretação dos dados, permitindo liberdade por parte do professor na elaboração de seu trabalho, podendo usar sua experiência e criatividade na busca dos resultados esperados.

Cabe enfatizar que a organização e o planejamento são os aspectos principais que devem ser levados em consideração na elaboração da pesquisa.

Segundo Ludke e Andre:

Para que se torne um instrumento válido e fidedigno de investigação científica, a observação precisa ser antes de tudo controlada e sistemática. Isso implica a existência de um planejamento cuidadoso do trabalho e uma preparação rigorosa do observador (LÜDKE E ANDRÉ, 1986, p. 25).

4.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O Produto Educacional apresentado é composto por uma sequência didática elaborada para o ensino da Eletrodinâmica, abordando os conceitos de corrente, diferença de potencial e resistência elétrica.

As aulas são baseadas em práticas experimentais e uso de simuladores, que contemplam o conteúdo de uma forma bem estruturada e dinâmica, distribuídas e organizadas para serem aplicadas em 10 aulas, porém apresenta um formato no qual o professor pode optar por aplicar qualquer aula da sequência de forma individualizada em seu planejamento.

Além disso são utilizadas algumas estratégias diferenciadas, que fazem parte das metodologias ativas de ensino. Dentre elas está o método chamado *Hands-on-tec*, que é baseado em uma problematização inicial, com levantamento de hipóteses partindo de uma experimentação, associado a pesquisa na internet, uso de simuladores educacionais e elaboração de relatório individual. Outra estratégia é a da Instrução pelos colegas (IpC), que visa a interação e a troca de experiência entre os alunos para chegar a um consenso sobre a resposta para questões de múltipla escolha, após uma coleta de dados inicial feita de forma individual.

Toda a proposta é composta por atividades experimentais simplificadas, organizadas de maneira que, por meio das ilustrações e os passo-a-passo das aulas o professor tem a possibilidade de reproduzir os experimentos sem a necessidade de um roteiro e também dispensam o uso de um laboratório, visto que a maioria das escolas públicas não possui esse espaço.

4.2 SÍNTESE DAS AULAS

A seguir é apresentada uma síntese da organização da sequência didática, com a distribuição das atividades propostas, objetivos, quantidade de aulas e tempo necessários para a aplicação.

Aula 1: Investigação dos conhecimentos prévios sobre Eletrodinâmica.

Tempo estimado: 1 hora-aula (45 minutos).

Objetivo: Formular mapas mentais sobre os conceitos de Eletrodinâmica: corrente, diferença de potencial e resistência elétrica. Demonstrar os conhecimentos prévios apresentados sobre o tema.

Atividade 1: Elaboração de um mapa mental para os conceitos de Eletrodinâmica.

Aula 2: Condutores versus isolantes.

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Realizar atividade experimental para indicar materiais condutores e isolantes elétricos. Identificar a função dos elementos que compõe um circuito elétrico. Reconhecer os riscos elétricos e cuidados que devem ser adotados com a eletricidade. Correlacionar os conceitos abordados utilizando simulador educacional.

Atividade 2: Desenvolvimento de uma atividade interativa baseada nos métodos ativos de ensino *Hands-on-tec* e Instrução pelos Colegas (IpC), em que é aplicada a Atividade Experimental 1: Circuito elétrico simples - condutores versus isolantes, Simulador Educacional 1: Condutores elétricos versus isolantes e questionário virtual no aplicativo *Plickers*.

Aula 3: Corrente elétrica e diferença de potencial.

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Definir o conceito geral de corrente elétrica e diferença de potencial, utilizando vídeos e simulador. Diferenciar corrente contínua de corrente alternada. Entender a relação entre tensão e corrente elétrica, por meio de um comparativo entre o fluxo de cargas em um condutor e o fluxo de água na tubulação de um sistema hidráulico.

Atividade 3: Aula expositiva sobre corrente elétrica utilizando os vídeos: 1 – As fontes da corrente, 2 – Entre o mais e o menos e 3 – Corrente alternada.

Atividade 4: Atividade interativa fazendo uso do Simulador Educacional 2: Analogia hidráulica – Tensão versus corrente.

Aula 4: Multímetro.

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Entender como deve ser utilizado o multímetro para as medidas de tensão, corrente e resistência elétrica fazendo uso de simuladores educacionais.

Montar circuitos elétricos de forma virtual e realizar medidas de tensão e corrente elétrica.

Atividade 5: Aula demonstrativa/interativa sobre o funcionamento dos instrumentos de medidas utilizados nos experimentos de eletricidade. Uso do Simulador Educacional 3: Multímetro – Medição de tensão, corrente e resistência, Simulador Educacional 4: Lei das tensões de Kirchhoff – 2 lâmpadas e Simulador Educacional 5: Lei da corrente de Kirchhoff – 1 lâmpada e 1 resistor.

Aula 5: Analogia da resistência elétrica e sistema mecânico.

Tempo estimado: 1 hora-aula (45 minutos).

Objetivo: Identificar e definir o conceito de resistência elétrica fazendo a analogia de um sistema mecânico representativo. Desenvolver a capacidade de interpretação e o senso de análise contextual.

Atividade 6: Apresentar o conteúdo resistência elétrica utilizando a Atividade Experimental 2: modelo mecânico do resistor.

Aula 6: Resistência e resistividade elétrica.

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Determinar de forma experimental a relação entre resistência elétrica, o comprimento (L) e a área da seção reta (A) do fio condutor homogêneo. Obter o valor da resistividade elétrica de um fio constituído por uma liga metálica. Representar graficamente a resistência do material.

Atividade 7: Realizar medidas de resistência e resistividade elétrica utilizando a Atividade Experimental 3: Resistência e resistividade elétrica e visualizar a relação de proporcionalidade entre as grandezas envolvidas por meio do Simulador Educacional 6: resistência de um fio condutor.

Aula 7: Resistores e código de cores.

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Utilizar a placa de ensaio e o multímetro para medida de resistência elétrica. Realizar a leitura da resistência nominal de diferentes resistores, fazendo uso do quadro com o código de cores. Familiarizar-se com as escalas de medidas do multímetro.

Atividade 8: Apresentar diversos resistores e realizar leitura do código de cores e medida da sua resistência elétrica com o multímetro - Atividade Experimental 4: Resistores, leitura do código de cores e ohmímetro.

Aula 8: Elementos resistivos lineares e não lineares.

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Distinguir elementos resistivos lineares e não lineares, por meio da determinação experimental de suas curvas características. Manusear adequadamente o multímetro como ohmímetro, voltímetro e amperímetro. Obter a Lei de Ohm de forma experimental.

Atividade 9: Distinguir elementos resistivos lineares e não lineares, por meio da determinação experimental de suas curvas características - Atividade Experimental 5: Elementos resistivos lineares e não lineares.

Aula 9: Associação de resistores.

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Identificar em um circuito as associações em série, paralelo e série-paralelo. Determinar a resistência equivalente de diferentes associações. Utilizar o ohmímetro para medidas de resistência elétrica. Distinguir as escalas do instrumento.

Atividade 10: Determinar a resistência equivalente de resistores associados em série, paralelo e série-paralelo - Atividade Experimental 6 (Associação de resistores).

Aula 10: Avaliação final e questionário de opinião.

Tempo estimado: 1 hora-aula (45 minutos).

Objetivo: Demonstrar os conhecimentos adquiridos pelos durante a aplicação da série de atividades sobre os conceitos de Eletrodinâmica.

Atividade 11: Elaboração de um Mapa Mental para avaliar os conhecimentos adquiridos sobre Eletrodinâmica e questionário de opinião.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos por meio da aplicação da sequência didática. Para cada aula é realizada a descrição da atividade realizada, pontuando a participação dos alunos, o desempenho na realização das atividades, as dificuldades e facilidades encontradas.

A análise é baseada na observação direta do professor, na narrativa dos discursos dos alunos, nas interações ocorridas durante o desenvolvimento das atividades e na verificação das respostas dos questionários, com base em situações-problemas e relatórios de coleta de dados para as atividades experimentais.

5.1 ATIVIDADE 1: ELABORAÇÃO DE UM MAPA MENTAL

Esta atividade consistiu na elaboração de mapas mentais sobre os conceitos de Eletrodinâmica para análise dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema.

Para dar início ao desenvolvimento do trabalho, no primeiro momento foi feita a apresentação da proposta de ensino para os alunos, explicitando a eles que os conteúdos a serem abordados fazem parte dos componentes curriculares da série, constituindo a próprio currículo escolar, porém neste momento apresentados de uma forma um pouco diferente da tradicional.

Em forma de diálogo os alunos foram questionados quanto a seus conhecimentos sobre o que é um mapa mental. Alguns falaram já terem visto modelos, porém a maioria não sabia exatamente o que era. Então, com o auxílio de aparelho multimídia, foi exposta a definição de um mapa mental e apresentada a eles imagens de alguns mapas mentais coletados da internet.

Em seguida foi realizada a exposição no quadro do tema de estudos escolhido para esta sequência didática: Eletrodinâmica – Corrente, Diferença de Potencial e Resistência Elétrica. Cada aluno recebeu uma folha em branco na qual deveria expor suas ideias ou conhecimentos sobre cada um destes conceitos, procurando fazer relações com seu cotidiano, não se preocupando com acertos ou erros, apenas expressando o que viesse na sua cabeça.

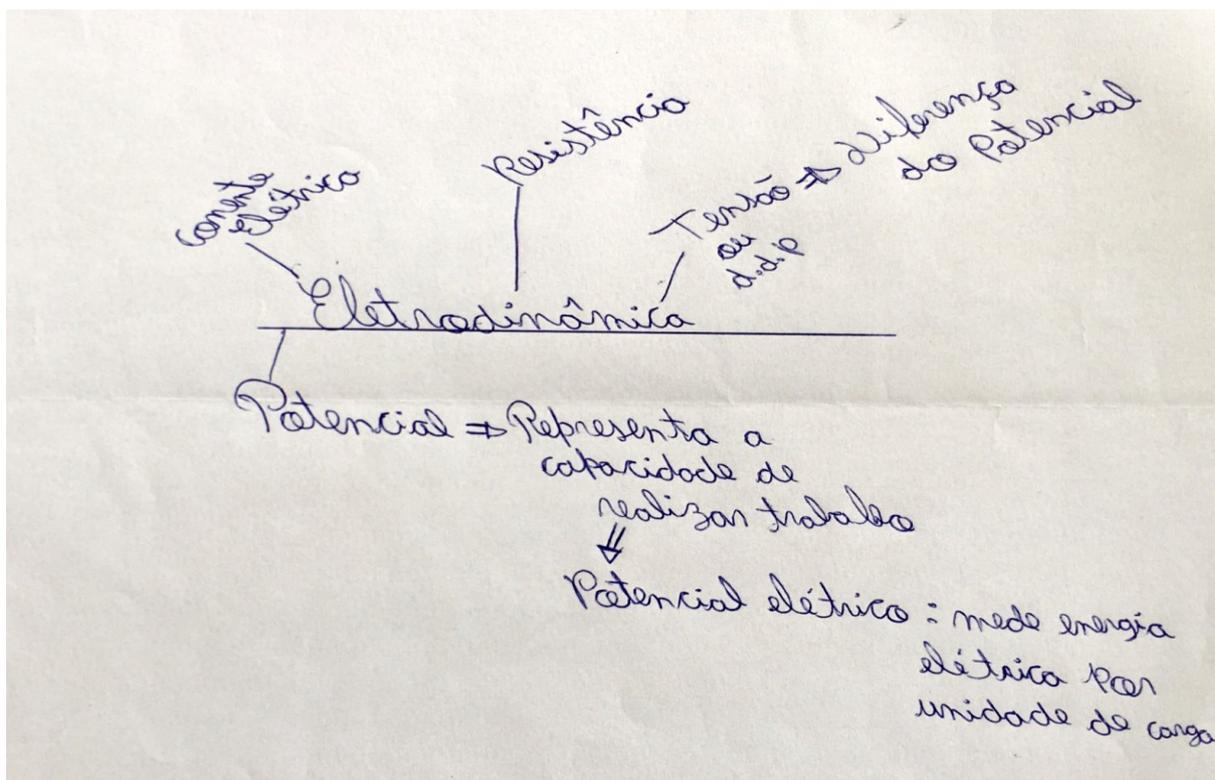
Muitos alunos se mostraram apreensivos por relatarem nunca terem estudado esses conteúdos. Foi enfatizado a eles que o intuito desta atividade era apenas de que pudessem expressar aquilo que tinham em mente que poderia representar ou

significar cada uma daquelas palavras, motivando-os a deixarem suas mentes trabalharem de forma livre.

Alguns alunos conseguiram facilmente desenvolver a atividade, porém a maioria teve dificuldades, inclusive alguns acabaram entregando a folha de papel em branco. Não foi autorizada aqui a pesquisa em material impresso ou internet, pois o intuito era verificar o que eles conseguiriam expressar sobre o tema, partindo de seus conhecimentos prévios apenas, aqueles adquiridos por suas vivências.

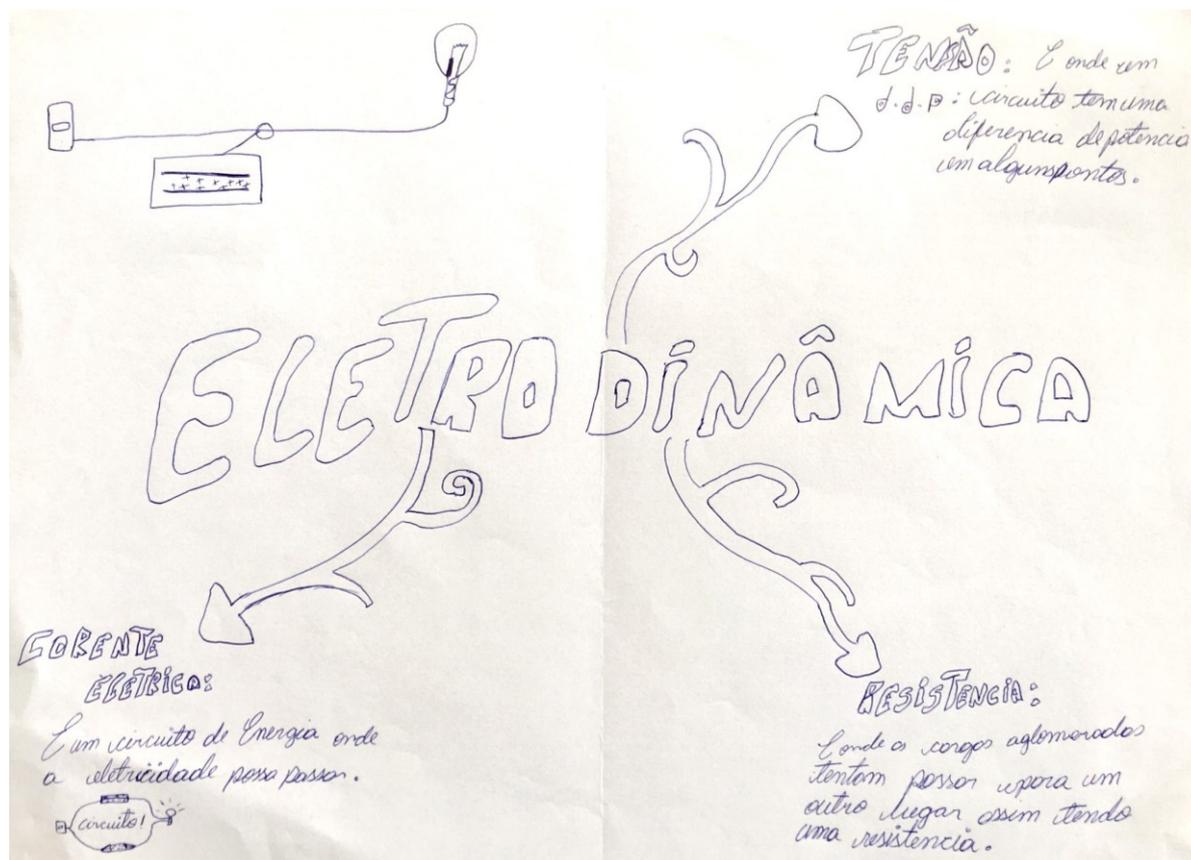
Em relação ao número total de alunos da turma 1, com 27 alunos, 5 deles entregaram a folha de papel apenas com as palavras chaves anotadas, ou seja, sem desenvolver o mapa. Já na turma 2, com 36 alunos, foram 7 alunos que não conseguiram fazer nada. Logo abaixo, estão disponibilizadas duas imagens (Figuras 14 e 15) selecionadas como uma amostra dos mapas entregues pelos alunos.

Figura 14 – Mapa Mental aluno - turma 1.



Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Figura 15 – Mapa Mental aluno - turma 2.



Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

De maneira geral foi possível observar por meio dos mapas que os alunos apresentavam algumas noções sobre os conceitos, porém apresentando associações inadequadas e vários erros conceituais. Percebeu-se que muitos deles não sabiam a definição dos termos e acabaram por deixar em branco ou relacionando com ideias aleatórias.

Segundo Ausubel et al (1980),

Se quiséssemos reduzir a psicologia educacional em um único princípio este seria: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que sabe e baseie nisso seus ensinamentos (AUSUBEL et al, 1980, p.137).

Ao coletar dados de análise de conhecimentos prévios, o professor consegue traçar estratégias e organizar sua ação pedagógica, buscando desenvolver atividades que proporcionem experiências que provoquem a curiosidade e o interesse dos alunos em aprender, lembrando que um fator fundamental para o aprendizado é de que o aluno esteja disposto a isso.

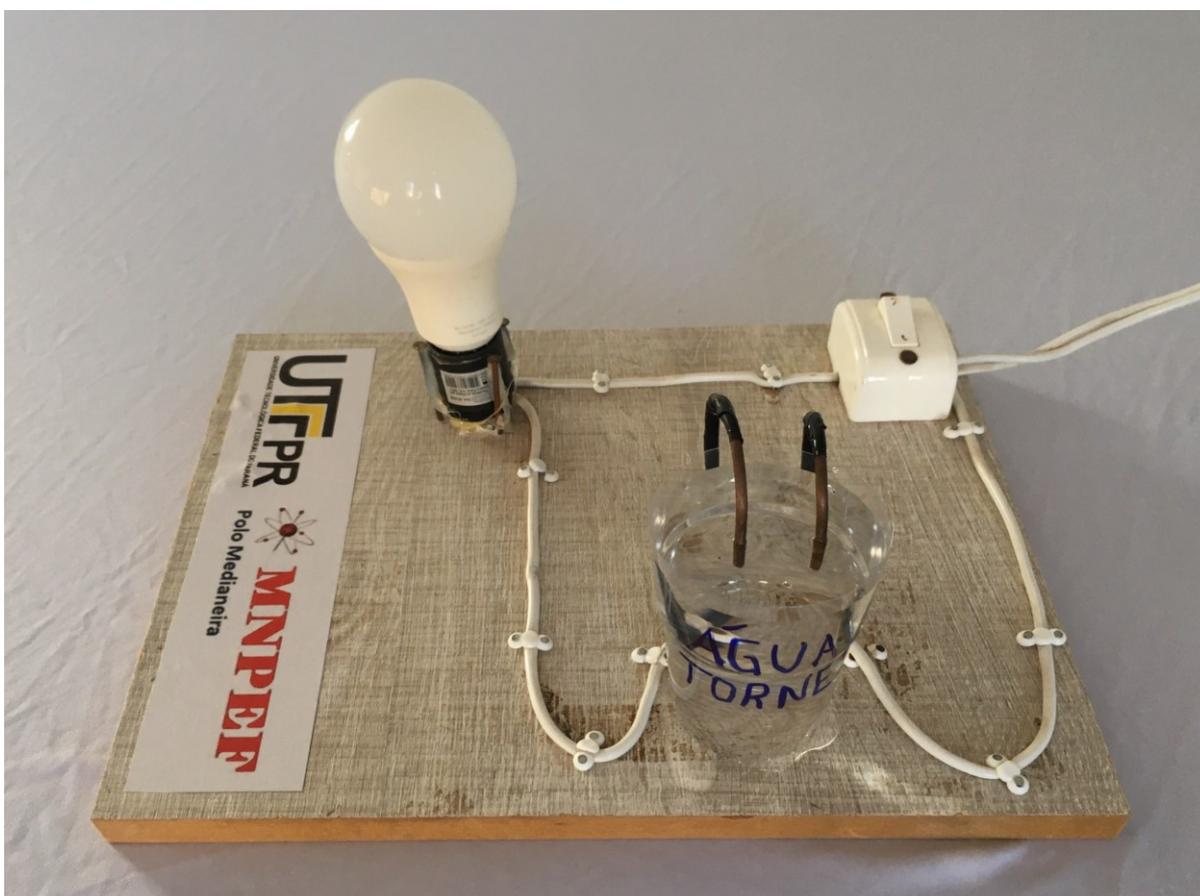
5.2 ATIVIDADE 2: *HANDS-ON-TEC* E INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS

A Atividade 2 consistiu no desenvolvimento de uma atividade interativa baseada nos métodos ativos de ensino *Hands-on-tec* e Instrução pelos Colegas (IpC), em que foi aplicada a Atividade Experimental 1: Circuito elétrico simples - condutores versus isolantes, Simulador Educacional 1: Condutores elétricos versus isolantes e questionário virtual no aplicativo *Plickers*.

Esta atividade foi elaborada com base em uma situação-problema norteadora, partindo da observação e interação com o experimento utilizado. A situação-problema coloca o discente em ação de forma interativa com a realidade, que desestabiliza e reestabiliza em função das intervenções promovidas pelo docente e é nesta interação que se constrói, muitas vezes irracionalmente, a racionalidade (MEIRIEU, 1999).

Na Figura 16 é apresentado o aparato experimental para verificação de materiais condutores e isolantes elétricos construído pela professora.

Figura 16 – Aparato Experimental 1: Condutores versus Isolantes.



Fonte: A autora.

Primeiramente os alunos foram organizados em grupos com 3 a 4 alunos. Na sequência foi apresentado a eles o experimento denominado: Condutores versus isolantes e anotada no quadro branco a situação-problema que compõe a fase 1 da *hands-on-tec*, descrita abaixo:

- Observe o experimento apresentado e utilizando as substâncias disponíveis nos copos plásticos, responda:

1. É possível fazer a lâmpada acender com alguma destas substâncias?
2. Todos os materiais fazem a lâmpada acender com a mesma intensidade?
3. Que relação pode-se fazer entre os materiais utilizados e o funcionamento do circuito?
4. Quais os cuidados necessários ao manipular um circuito elétrico?

Após o tempo necessário para cada grupo realizar a atividade e elaborar as respostas, foi realizada uma roda de conversa na qual cada grupo expôs oralmente as suas conclusões (fase 2). Neste diálogo pôde-se observar que os alunos de maneira geral tinham consciência de que os materiais utilizados eram compostos de grupos diferentes de substâncias, inclusive alguns conseguiram nomear como condutores e isolantes.

Sobre o acionamento ou não do circuito, foi unânime a resposta de que nem todas as substâncias utilizadas faziam a lâmpada acender, pois este fato ficou evidente ao realizar a atividade. Alguns alunos argumentaram que imaginavam que o açúcar era condutor e o experimento provou-se o contrário. Outra discussão interessante foi a respeito da diferença de resultado entre a água da torneira e a água destilada.

Quanto ao brilho da lâmpada, no geral as respostas foram baseadas na ideia de que um material é mais condutor e outro menos condutor. Alguns alunos utilizaram o termo “mais forte” e “mais fraca” para qualificar as que geram mais brilho ou menos brilho.

Sobre os cuidados na manipulação dos circuitos, os alunos se mostraram conhecedores de que a rede elétrica apresenta muitos riscos. Que é importante tomar cuidado ao plugar a tomada na rede, que não se deve tocar em um condutor energizado e que um choque elétrico pode oferecer danos graves a saúde.

Estes resultados apresentados indicaram que as concepções que os alunos tinham internalizadas não estavam equivocadas, portanto ofertavam ancoradouros para os novos conhecimentos que seriam abordados posteriormente, possibilitando a

assimilação dos conteúdos e tornando a aprendizagem significativa (MOREIRA; CABALLERO; RODRIGUEZ, 1997).

Continuando em grupos, para a aplicação da fase 3 da *hands-on-tec*, foi utilizado um simulador educacional que possibilitava aos alunos testar em um circuito elétrico simples quais materiais eram condutores ou isolantes. O intuito era fazer um paralelo entre o experimento apresentado e o simulador, para que ficasse bem esclarecida a ideia apresentada.

O simulador educacional utilizado está disposto no Website do PCCL (*Physics-chemistry-interactive-flasch-animation*), site francês que ainda não possui tradução para o Português. Portanto, foi necessária uma explicação inicial de como os alunos deveriam proceder para acessar os simuladores e dada uma explicação geral de como eles funcionavam. Os alunos tiveram facilidade de manipulação do mesmo, até porque a disposição do simulador propicia que as atividades sejam realizadas de maneira intuitiva. Os termos utilizados eram de simples compreensão, mas mesmo assim foi apresentada a eles uma tabela com a tradução de todos, para facilitar o desenvolvimento da atividade.

Por fim, foi solicitado que os alunos realizassem em casa uma pesquisa na internet sobre condutores e isolantes e também sobre riscos elétricos, para apresentar na próxima aula em seus cadernos.

Na aula seguinte, foi aplicado um questionário interativo de múltipla escolha sobre o tema abordado, utilizando o aplicativo *Plickers*. As questões foram projetadas com auxílio do aparelho multimídia e as respostas coletadas por códigos *QRcodes* distribuídos aos alunos. As respostas foram coletadas pelo próprio aplicativo, que gerou automaticamente os percentuais de acertos.

Logo após foi realizada a exposição dos resultados iniciais, com a visualização dos percentuais totais de acertos para cada questão, no qual não é possível identificar quem acertou ou errou. Em seguida os alunos foram convidados a reunirem-se em pares para discutir suas respostas e tentar chegar a um consenso de quais eram as corretas. Finalizada esta discussão, foi repetido o procedimento de coleta de respostas, a fim de gerar dados para comparativo dos resultados pré e pós interação.

Pôde-se perceber que houve um aumento do número de acertos das questões, demonstrando que as interações entre os colegas são válidas e construtivas. Que o processo de troca de ideias e experiências pode representar também uma forma de aprendizado, validando o uso deste tipo de atividades no processo de ensino.

A partir desta atividade percebeu-se que os alunos apresentavam a necessidade de aprender os conceitos científicos, internalizá-los para interagirem com os conhecimentos já existentes a fim de provocar um avanço cognitivo significativo.

5.3 ATIVIDADE 3: CORRENTE ELÉTRICA UTILIZANDO VÍDEOS

Na atividade 3 os alunos foram convidados a assistir três vídeos da série francesa *Voyage em Electricite*, para apresentação do conceito de corrente elétrica. Em seguida, reunidos em grupos com 3 a 4 alunos, responderam as 5 questões descritas abaixo:

1. Quais as condições para o surgimento da corrente elétrica?
2. De onde vem a energia que se transforma em elétrica? Quais as fontes da corrente?
3. Você consegue explicar de que forma a luz é produzida em uma lâmpada?
4. O que significa corrente contínua e corrente alternada?
5. Para que serve um alternador de usina de geração de energia elétrica?

Após esta primeira etapa, foi organizada uma roda de conversa para a exposição das respostas e a discussão no grande grupo. Destaco aqui algumas das falas dos alunos: “A corrente elétrica nada mais é do que os elétrons em movimento em um fio”; “Para surgir a luz na lâmpada, os elétrons da corrente precisam saltar de um lado para o outro e isso só acontece se tiver uma diferença de potencial”; “Entendi que para existir corrente elétrica precisa ter movimento dos elétrons”; “Nas usinas a energia de outras formas é transformada em elétrica e para ser transmitida precisa estar em alta tensão”.

Dos aspectos observados por meio da verbalização, ficou evidente que houve uma boa compreensão do significado de corrente elétrica. Pôde-se perceber que os alunos conseguiram identificar sua origem, que provém de um tipo de energia transformada e que se movimenta por meio de condutores. Também conseguiram entender que há diferentes formas de obtê-la e que apresenta duas condições básica de existência: haver um percurso entre dois pontos, para que as cargas possam se mover e uma diferença de potencial. O mais interessante é que o conceito de diferença de potencial já está intrínseco na abordagem dos vídeos, propiciando uma conexão com a próxima atividade.

Neste sentido, os vídeos utilizados como recurso didático servem de ferramentas de comunicação audiovisual que possibilitam ao aluno a experiência sensorial ao mesmo tempo que dinamizam o processo de interação com os conteúdos a serem estudados. Na interação das práticas pedagógicas com o uso do vídeo ocorre a aprendizagem significativa, pois o conhecimento sofre um processo de contínua elaboração e reelaboração de significados (MOREIRA, 2006).

5.4 ATIVIDADE 4: ANALOGIA HIDRÁULICA – TENSÃO VERSUS CORRENTE

O objetivo desta atividade interativa foi fazer uso do simulador educacional 2, para traçar um paralelo entre um sistema hidráulico e um circuito elétrico de forma comparativa, visando a compreensão dos conceitos de diferença de potencial e intensidade de corrente elétrica. Para dar início a abordagem foi apresentado aos alunos, por meio de projeção, a imagem de um sistema composto por 3 caixas d'água, disposto em níveis diferentes de altura para observação e análise.

Em seguida os alunos foram convidados a refletir sobre as seguintes questões:

1. Por que as caixas d'água são instaladas nos pontos mais altos de uma edificação?
2. De que forma ocorre o fluxo de água pela tubulação hidráulica?
3. O que acontece com o fluxo de água se a tubulação sofrer variações de espessura, de mais “grossa” para mais “fina” por exemplo?
4. Qual relação pode haver entre o fluxo de água nos canos e o fluxo de cargas em um condutor de eletricidade?

Após um breve diálogo sobre as possibilidades de respostas, foi utilizado o simulador educacional 2, para ilustrar de forma comparativa dois circuitos: um hidráulico e o outro elétrico. Este simulador apresenta uma sequência que compara cada parte dos sistemas entre si, começando pela que define a diferença de potencial elétrico e finalizando por demonstrar o que representa intensidade de corrente elétrica.

Para finalizar a aula, foi retomado o diálogo inicial sobre as questões propostas, debatendo sobre as contribuições que o uso do simulador proporcionou para a compreensão do assunto. Os argumentos dos alunos foram de que a partir da visualização ficou claro o que significa cada um dos conceitos, oferecendo evidências de que o procedimento adotado provocou um movimento de internalização destes conceitos apresentados.

Segundo Zabala, as condições de uma aprendizagem de conceitos ou princípios é composta por atividades que promovam uma forte atividade mental que favoreçam que os novos conteúdos de aprendizagem se relacionem substantivamente com os conhecimentos prévios, a fim de utilizá-lo para a interpretação ou a construção de outras ideias (ZABALA, 1998, pg. 43).

5.5 ATIVIDADE 5: SIMULADORES EDUCACIONAIS DO MULTÍMETRO

Esta aula foi composta por uma atividade demonstrativa/interativa sobre o funcionamento dos instrumentos de medidas utilizados nos experimentos de eletricidade.

A proposta era apresentar aos alunos os instrumentos de medida elétrica e ensinar como devem ser utilizados nos circuitos para aferirem as medidas de corrente, tensão e resistência elétrica. A aula foi realizada no laboratório de informática, onde os alunos, organizados em pequenos grupos, puderam manipular os aparelhos. O fato de poderem girar os botões e observarem o instrumento já aguçou suas curiosidades.

Para dar sequência, foram utilizados os simuladores do PCCL (*Physics and Chemistry by Clear Learning*) selecionados previamente para a atividade. Começamos pelo simulador 3: Multímetro – Medição de tensão, corrente e resistência. Na primeira tela os alunos puderam visualizar o que significa cada escala e para que medidas de grandezas podem ser utilizadas. Em seguida foi realizada pela professora a demonstração de como obter cada uma das medidas utilizando os recursos do próprio simulador. Depois eles puderam interagir alternando as posições entre as escalas e aferir a medida de resistência elétrica de um resistor, reforçando a explicação realizada anteriormente pela professora.

Continuando a atividade, os alunos acessaram o simulador 4: Lei das tensões de Kirchhoff – 2 lâmpadas. Neste, foi solicitado que tentassem realizar a tarefa apresentada sem o auxílio da professora, apenas interagindo entre os colegas do grupo. Alguns grupos conseguiram facilmente montar o circuito e realizar a medida. Outros ficaram inseguros, preocupando-se com a possibilidade do erro.

É importante ressaltar que o papel do professor como mediador é de estar presente em todo o processo e facilitar que a aprendizagem aconteça. Para estes grupos foi necessária a intervenção no intuito de orientá-los, incentivando-os a tentar sem medo de errar, pois a ideia é justamente que percebam o que pode ser feito e o

que não pode quando se trata da montagem de circuitos e medidas de grandezas elétricas na prática.

Finalizando a aula, foi proposto o uso do simulador 5: Lei da corrente de Kirchhoff – 1 lâmpada e 1 resistor, como forma de verificar o funcionamento do amperímetro. Nesta atividade, os alunos deveriam interagir com o simulador e seguir o roteiro instrucional, montando os circuitos apresentados virtualmente, realizando as medidas de corrente elétrica solicitadas e comparando seus resultados para diferentes conexões.

Pela observação direta nos grupos durante o andamento da atividade, pôde-se perceber que muitos estavam com dificuldades de fazer as conexões dos cabos no circuito. Mesmo assim, houve o incentivo que fossem montando e testando as possibilidades, pois a ideia era que aprendessem por tentativa e erro. Para mediar foi emitido o seguinte comentário pela professora:

“O simulador serve justamente para vocês testarem e aprenderem, pois na prática fazer conexões erradas pode provocar danos nos equipamentos. Prestem muita atenção a tudo o que estão fazendo aqui para não termos problemas nas atividades seguintes” (Fonte: A Autora – turma 1).

Ao final todos os grupos conseguiram realizar a atividade, sendo que a maioria apresentou como conclusão que as medidas de tensão variam de um circuito para o outro e isso se deve a diferença da disposição das lâmpadas entre si (ligadas em série ou em paralelo). Quando associadas em paralelo as lâmpadas brilham mais do que em série e a medida de tensão elétrica é o dobro da medida quando ligados em série.

Quanto a corrente elétrica, a conclusão foi que ao observar a ligação apenas da lâmpada no circuito, seu brilho ficava mais intenso e seu valor dobrava em relação ao valor medido quando a lâmpada estava ligada em série com o resistor, situação na qual seu brilho caía pela metade.

Esta atividade além de incentivar os alunos a testarem as formas de conexão e medidas de corrente e tensão nos circuitos elétricos apresenta ainda outras possibilidades, que no caso aqui não foram exploradas de forma direta, que é a associação de resistores. Mesmo assim, ao desenvolverem as atividades, os alunos questionaram quanto ao que era ligação em série e paralelo. Foi necessária então uma explicação breve do que seria cada uma delas e comentado que posteriormente iriam estudar as associações de forma direta, em outra aula da sequência.

Analisando aquilo que foi observado durante o andamento da aula e as respostas emitidas pelos alunos, percebe-se claramente o quanto este tipo de atividade é enriquecedora, pois faz um paralelo entre os conceitos teóricos e sua aplicação prática. O ambiente virtual oferece a possibilidade de visualização direta da forma de ligação entre os instrumentos elétricos e sua disposição para que um circuito possa funcionar. Tudo isso sem correr riscos de danos materiais nem físicos.

Cabe ressaltar ainda que as atividades que fazem uso de simuladores podem ser classificadas com lúdicas, pois possibilitam que o aluno seja o sujeito de seu próprio aprendizado, podendo agir, sentir e pensar. Nesse processo, o educador deve orientar as aulas para que todos os alunos se sintam valorizados e interessados em aprender.

Segundo Baquero (2000),

No processo de educação, cabe ao professor um papel ativo, buscando mecanismos variados para obtenção dos objetivos propostos, assim o processo educativo já se torna trilateralmente ativo: é ativo o aluno, é ativo o mestre, é ativo o meio criado entre eles (BAQUERO, 2000. p.27).

5.6 ATIVIDADE 6: MODELO MECÂNICO DO RESISTOR

Para a definição de resistência elétrica foi utilizado o experimento demonstrativo: modelo mecânico do resistor, conforme protótipo apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Aparato do Resistor Mecânico.



Fonte: A autora.

Este aparato foi levado para a sala de aula e colocado sobre a mesa. Os alunos ficaram curiosos em descobrir para que servia tal mecanismo e como funcionava.

O modelo é composto por uma rampa com pregos na qual bolinhas metálicas são colocadas na parte mais alta e então soltas, descendo por entre eles até chegarem à base. Foi realizada a demonstração e solicitado que os alunos observassem com riqueza de detalhes o que acontecia com as bolinhas durante a descida. Após repetir por várias vezes o procedimento foram propostos aos alunos os seguintes questionamentos:

1. Faça um comparativo entre o movimento das bolinhas durante a descida pela rampa e o movimento dos elétrons no interior de um condutor metálico. Você consegue estabelecer alguma semelhança entre as duas situações?

2. Qual grandeza física está representada pela inclinação da rampa?

3. De que maneira você poderia proceder para fazer com que as bolinhas cheguem mais rápido ou mais lentamente até a base.

4. Todas as bolinhas soltas na parte superior chegam até o final do percurso? Por que isso ocorre?

Aqui, o papel do professor foi de estimular os alunos a exercitar sua capacidade de interpretação, buscando estabelecer relações entre a ideia apresentada e os conceitos físicos internalizados por eles. Esse exercício é muito rico no sentido que favorece um movimento mental, provocando o conflito cognitivo necessário para que o novo aprendizado se estabeleça. Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa, por definição, envolve aquisição/construção de significados. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico dos materiais de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o aprendiz (AUSUBEL, 1963, p. 58).

Foi disponibilizado um tempo para a elaboração das respostas, inclusive os alunos foram convidados a manipular o material, repetindo as ações realizadas pela professora, no intuito de tentar encontrar as respostas para as questões propostas. Finalizada esta etapa, os alunos foram convidados para uma roda de conversa, na qual puderam expor suas respostas e dialogar sobre os conceitos e ideias apontadas.

No que se refere a questão 1, destaco aqui algumas de suas respostas: “As bolinhas descem batendo nos pregos, que fazem uma barreira contra elas, que é o mesmo que os elétrons enfrentam quando tentam se mover dentro dos fios”; “O movimento das bolinhas é igual ao dos elétrons, os pregos são os átomos do condutor de energia”; “Quando as bolinhas começam a descer elas vão batendo nos pregos e

perdendo velocidade, comparando com os elétrons dá pra pensar que os elétrons também vão sofrer esses choques com o material”.

Quanto a questão 2, os alunos tiveram dificuldades de nomear a grandeza física, sendo que poucos alunos responderam corretamente que representa a diferença de potencial. Outras grandezas citadas como resposta por eles foram a gravidade, corrente elétrica e teve também aqueles que alegaram não saber.

A respeito da questão 3, a maioria dos alunos argumentaram que bastava inclinar mais a rampa para que a velocidade aumentasse, porém alguns não conseguiram responder.

Na questão 4 os alunos responderam corretamente que nem todas as bolinhas chegaram até o final do percurso, visto que ficou evidente a resposta por meio da observação direta do processo, até porque foi repetido várias vezes o procedimento.

Usando o argumento das respostas foi explicado então para os alunos que a ideia de trabalhar com esta atividade era que eles pudessem perceber, mesmo antes de estudar de forma direta, o que significa a resistência elétrica dos materiais, representada no experimento pelos pregos dispostos ao longo da rampa. Cabe aqui ressaltar que este é um modelo simbólico, meramente ilustrativo.

Na sequência, para finalizar a explicação, foi utilizado o seguinte exemplo: Imagine que você está em meio a uma multidão num show de rock, super animado porque conseguiu ficar bem próximo do palco, quando de repente recebe uma ligação dizendo que precisa estar urgente em sua casa. Logicamente sairá correndo em meio a todo esse povo, tropeçando, se batendo com cada corpo que estiver pelo caminho. Você provavelmente conseguirá chegar ao seu destino, porém irá gastar muita energia no trajeto, consequência direta da dificuldade ou resistência que irá enfrentar no seu deslocamento. Isso é o que ocorre com os elétrons movendo-se em um condutor.

Fazendo um paralelo entre esse exemplo e a atividade experimental de forma verbal, os alunos alegaram que ficou claro para eles o que significa a resistência elétrica dos materiais, verificando assim que o objetivo principal desta atividade foi alcançado.

Cabe ressaltar que, segundo Ausubel, é necessário expor experiências concretas que se relacionam com o meio dos alunos, transpondo os conceitos que estariam em nível abstrato em conteúdos compreensíveis, criando estratégias que

facilitam esta compreensão, estruturando novos conceitos a partir dos conhecimentos já existentes (AUSUBEL, 2003).

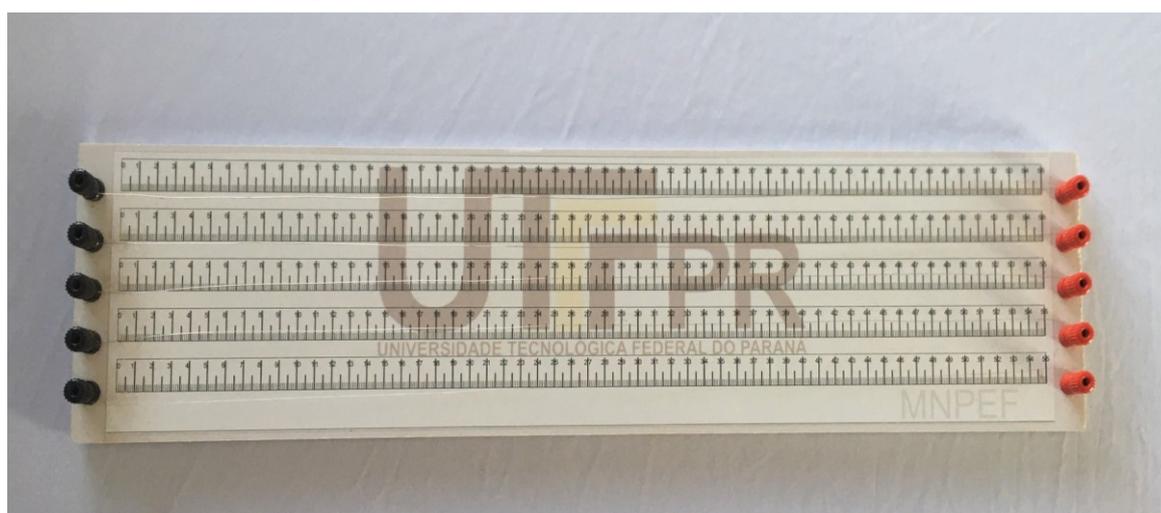
5.7 ATIVIDADE 7: EXPERIMENTO – RESISTIVIDADE E RESISTÊNCIA

Nesta aula, o objetivo era ensinar aos alunos por meio da atividade experimental como medir resistência elétrica (conceito trabalhado na aula anterior) de fios condutores, estabelecendo a relação existente entre o comprimento e a área do condutor e a partir destas medidas obter a resistividade elétrica do material.

Cabe enfatizar aqui que “É fundamental que o professor compreenda o papel dos experimentos na ciência, no processo de construção do conhecimento científico. Um experimento deve ser planejado após uma análise teórica. A ideia ingênua de que devemos ir para o laboratório com a “mente vazia” ou que “os experimentos falam por si” é um velho mito científico” (DCE, 2008, p. 71).

O experimento utilizado consiste numa placa de MDF, com plugues tipo banana fixados em seus extremos, dando sustentação a 5 fios resistivos de uma liga metálica (níquel cromo 80/20), todos de mesmo comprimento, mas espessuras diferentes, que foram montados previamente, conforme Figura 18.

Figura 18 – Aparato da atividade experimental 3.



Fonte: A autora.

Os alunos foram divididos em grupos com 3 a 4 alunos. Cada grupo recebeu uma placa, um multímetro digital com cabos jacarés e uma cópia impressa do roteiro,

contendo o passo a passo dos procedimentos a serem realizados para coleta dos dados. A orientação geral de como aferir as medidas foi dada de forma oral, com posterior acompanhamento do andamento das atividades nos grupos.

A coleta de dados foi realizada medindo a resistência elétrica de cada fio para comprimentos diferentes (0, 10, 20, 30, 40 e 50 centímetros) e anotados os valores na tabela. Na sequência, os alunos responderam as questões propostas.

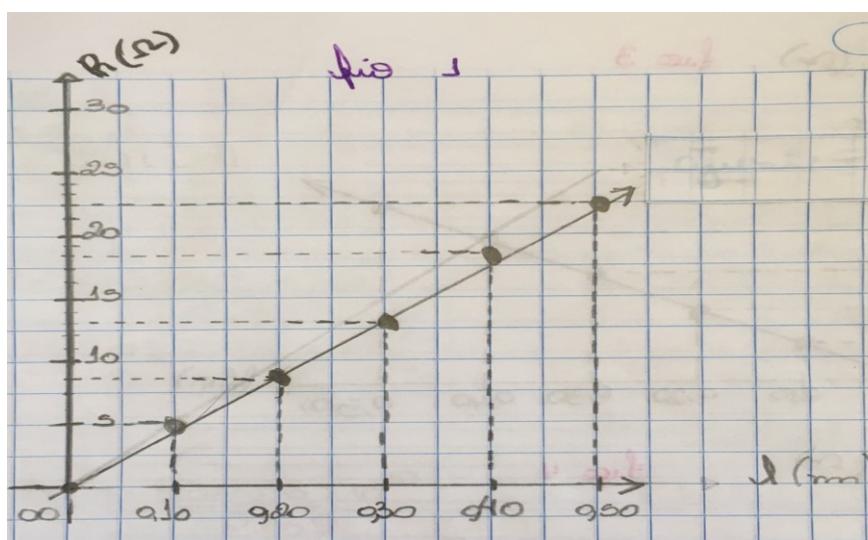
Na questão 1, partindo dos dados coletados, foi calculada a área da seção transversal de cada fio e também o valor do inverso da área ($1/A$) e anotados na tabela.

A questão 2 solicitava a elaboração dos gráficos da resistência elétrica medida em relação ao comprimento do fio. Para que entendessem melhor como dispor os dados, foi feito um modelo no quadro para demonstração. Cabe destacar que os alunos apresentavam um nível de conhecimentos matemáticos mediano, com algumas limitações que tiveram que ser transpostas durante a atividade por meio da mediação constante da professora.

Cabe ressaltar que foi optado por construir os gráficos de maneira manual, na própria folha de caderno, visto que pôde-se aproveitar a atividade para fazer uma interdisciplinaridade com a disciplina de Matemática, fazendo com que os alunos colocassem em prática as técnicas apreendidas na disciplina.

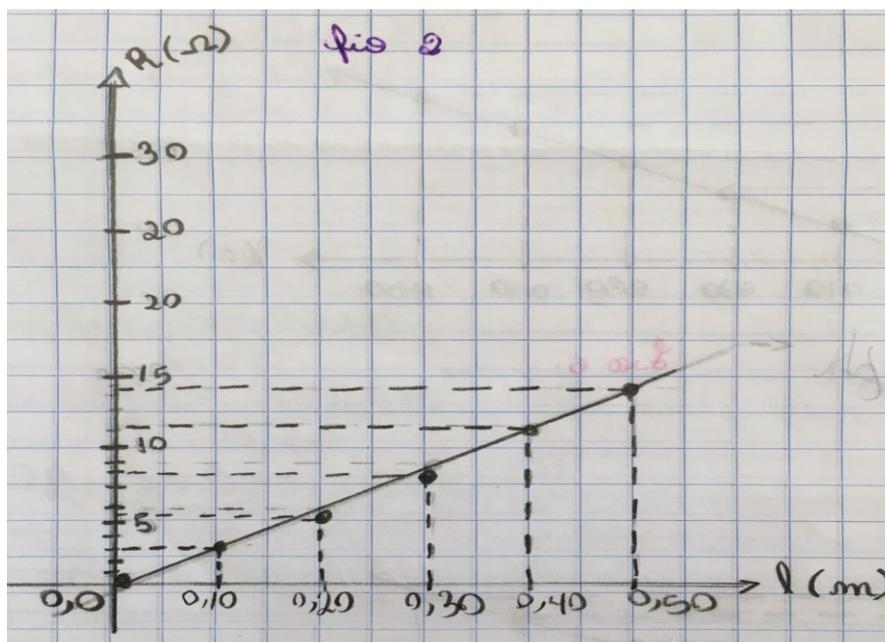
A seguir está disponibilizada uma amostra dos gráficos elaborados pelos alunos no desenvolvimento da atividade, expressos pelas figuras 19, 20, 21, 22 e 23.

Figura 19 – Gráfico da resistência x comprimento – fio 1.



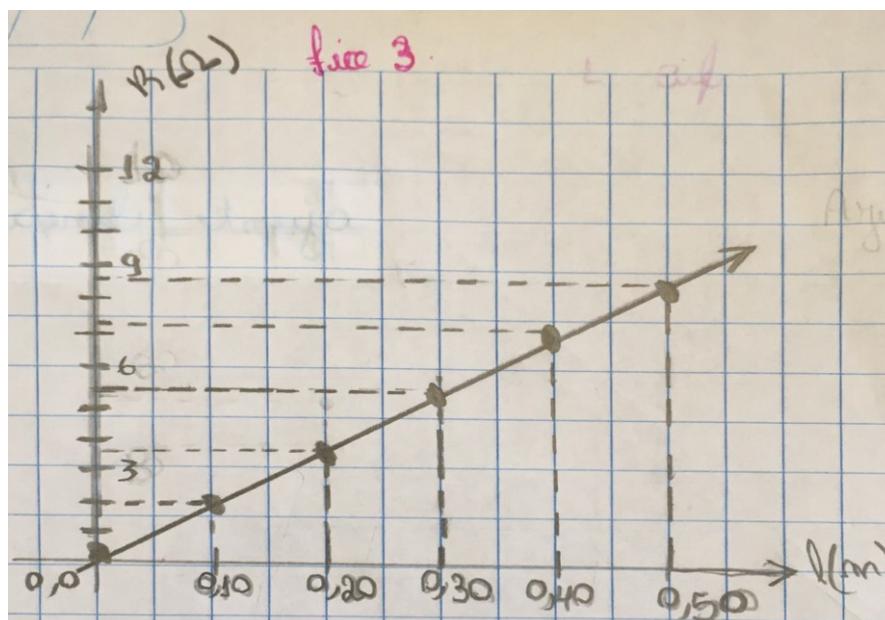
Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Figura 20 – Gráfico da resistência x comprimento – fio 2.



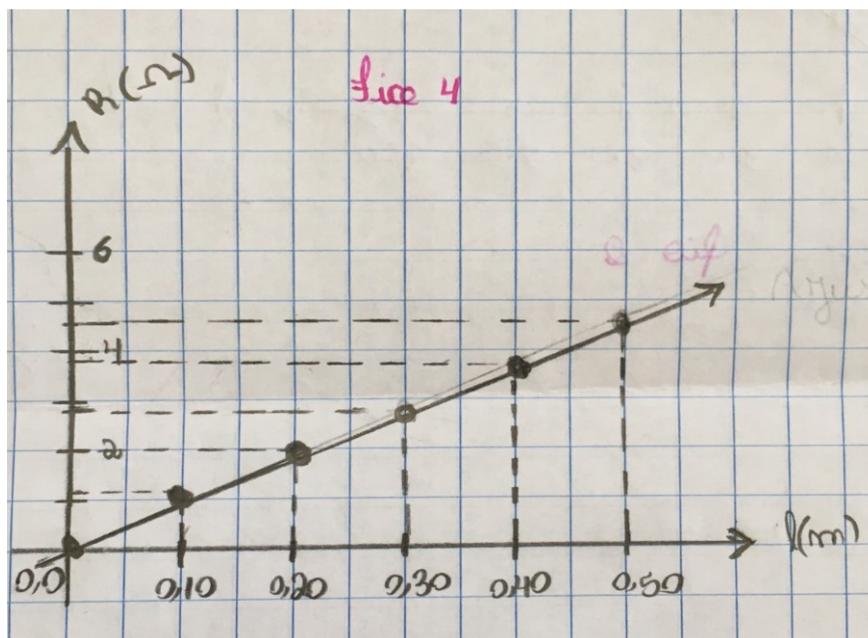
Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Figura 21 – Gráfico da resistência x comprimento – fio 3.



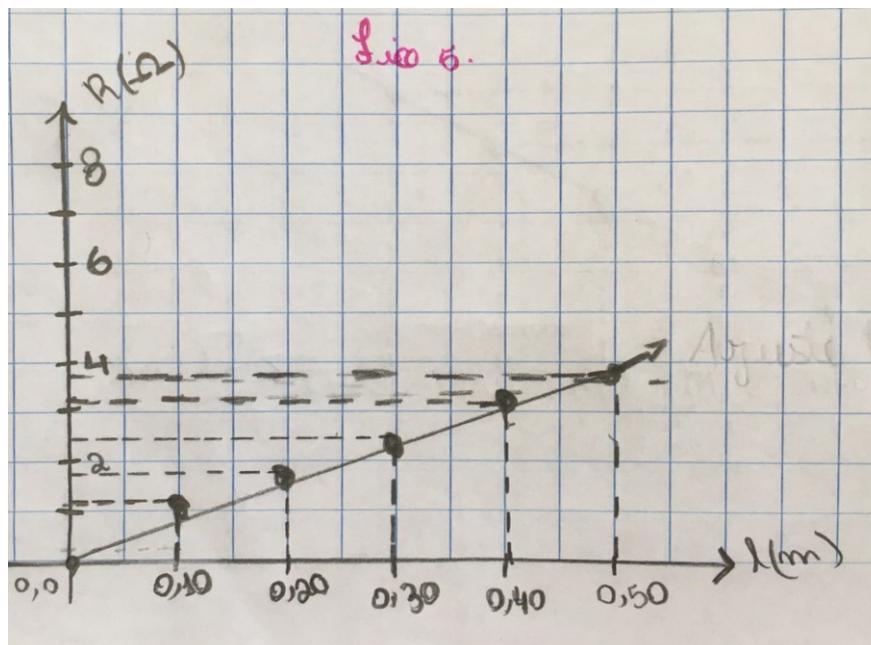
Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Figura 22 – Gráfico da resistência x comprimento – fio 4.



Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Figura 23 – Gráfico da resistência x comprimento – fio 5.



Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

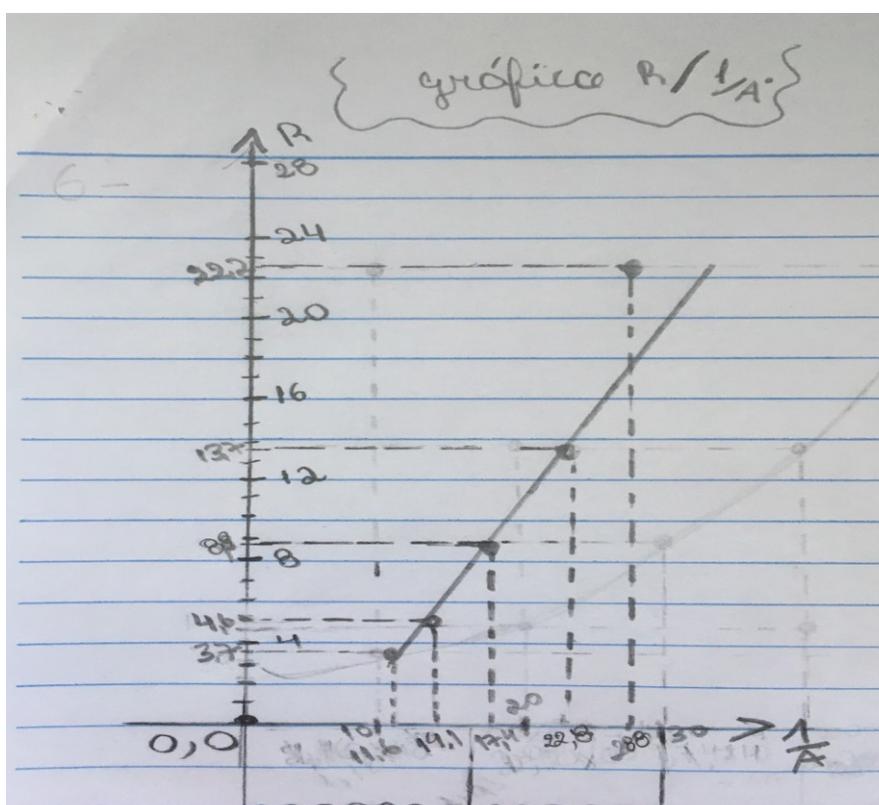
A questão 3 se referia a forma das curvas encontradas nos gráficos e solicitava uma análise comparativa entre a resistência elétrica e o comprimento do fio condutor. Foi unânime a resposta de que ao traçarem a linha para unir os pontos no gráfico, verificava-se a formação de uma reta. Também puderam perceber por meio dos valores de medida coletados que a resistência elétrica ia aumentando na medida que

aumentava o comprimento do fio, indicando a relação de proporcionalidade entre as duas grandezas.

Para a questão 4, os alunos construíram o gráfico da resistência elétrica pelo inverso da área. Durante a construção gráfica, muitos alunos já foram percebendo que o gráfico formado seria semelhante aos gráficos da atividade anterior, inclusive perguntando se era correto acontecer isso.

A Figura 24 apresenta uma mostra dos gráficos elaborados pelos alunos como resposta a questão 3.

Figura 24 – Gráfico da resistência x inverso da área.



Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Na pergunta 5 deveria ser indicada a forma da curva encontrada no gráfico da questão 4, estabelecendo a relação entre as grandezas. Sobre a análise dos gráficos da resistência pelo inverso da área, as respostas indicaram que formava-se também uma reta. Para tanto, foi necessária a mediação da professora, enfatizando que eles deveriam pensar bem ao responderem. Ao final a maioria deles conseguiu compreender que na medida que a área do condutor aumenta, para um mesmo

comprimento, a resistência elétrica diminui, demonstrando assim a relação inversa entre as duas grandezas.

A questão 6 solicitava o cálculo da resistividade elétrica. Para responder esta questão, primeiramente foi utilizado o quadro para explicar como a equação necessária para o cálculo surgia das relações estabelecidas nas questões anteriores, expondo a expressão matemática que relaciona as grandezas resistência, comprimento e área. Posteriormente, foi orientado que alunos calculassem a resistividade elétrica de cada um dos fios. Como todos os fios eram constituídos do mesmo material, os resultados obtidos para a resistividade foram muito próximos. Dessa forma, é calculado a média e desvio padrão para obter a resistividade elétrica do material que constitui o fio. Nesta questão, os alunos conseguiram realizar os cálculos, porém demoraram mais do que imaginado para concluírem.

Como a atividade demandou mais tempo do que o esperado, os alunos finalizaram os relatórios em casa e os entregaram na aula seguinte. Analisando as respostas apresentadas pelos grupos e por meio de uma conversa para avaliar a atividade, pôde-se perceber de maneira geral que houve compreensão das relações de proporcionalidades entre as grandezas estudadas. Em suas falas, os alunos demonstraram ter compreendido que ao aumentar o comprimento do fio, a resistência elétrica também aumenta e que se aumentar a espessura do fio, para o mesmo comprimento a resistência elétrica diminui.

O processo de ensino aprendizagem desta aula foi baseado no princípio da diferenciação progressiva na qual ideias e conceitos mais gerais e inclusivos devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade (AUSUBEL, 1978, p. 190).

5.8 ATIVIDADE 8: EXPERIMENTO – RESISTORES E CÓDIGO DE CORES

O propósito desta aula foi apresentar para os alunos os resistores elétricos: o que são, qual sua função em um circuito, como pode ser realizada a leitura de sua resistência nominal por meio da tabela do código de cores e o valor da resistência medida com um multímetro.

Primeiramente foi realizada uma abordagem geral do conteúdo de forma expositiva, aproveitando para fazer uma retomada de como são realizadas as medidas de resistência elétrica com o multímetro. Em seguida, os alunos foram organizados

em grupos com 3 a 4 integrantes e distribuído o material da aula: conjunto de 10 resistores com resistências distintas, placas de ensaio, multímetro e o roteiro instrucional impresso do passo a passo da atividade.

Por meio do aparelho multimídia, foi projetada a tabela do código de cores e explicado para os alunos como realizar a leitura da resistência elétrica nominal, mostrando alguns exemplos ilustrativos. De posse dos materiais, os alunos passaram a fazer a leitura nominal dos valores das resistências e também a medição da resistência com o multímetro. O intuito era identificar e diferenciar os resistores entre si, bem como perceber que os valores da resistência para um mesmo resistor podem divergir entre si (valor nominal e medido), dentro da faixa de tolerância, tanto para mais, quanto para menos.

Um dos pontos importantes a destacar na atividade é de que os alunos puderam se familiarizar mais com uso do aparelho multímetro, na função ohmímetro e com a placa de ensaio (*proto-board*), usado como base de fixação para os resistores.

O primeiro passo foi realizar as medidas e anotar os valores da sequência de cores e a tolerância na tabela. Durante esse processo, percebeu-se que alguns grupos estavam com dificuldades, pois haviam invertido o código. Neste momento foi necessária a mediação da professora, orientando-os que observassem os exemplos no roteiro e percebessem que a faixa mais separada das demais representava o fator de tolerância e que esta deveria ficar posicionada sempre a direita na hora de fazer a leitura.

Em seguida, os alunos passaram a utilizar o ohmímetro para realizar as medidas de cada resistor, seguindo a mesma ordem anterior e anotando os valores na tabela. Este procedimento é relativamente simples, porém foi necessário lembrá-los quanto a forma de posicionar a chave seletora, iniciando sempre pela maior escala e diminuindo conforme a necessidade, até encontrar o valor de maior precisão.

Na figura 25 podemos observar uma amostra dos dados coletados na atividade da leitura do código de cores.

Figura 25 – Leitura da resistência utilizando o código de cores e o ohmímetro.

Resistor	Sequência de cores				Valor nominal e tolerância V_n	Valor medido (V_m) V_m	Posição da escala V_n	$\Delta R\%$
	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4				
R ₁	Azul	laranja	marrom	de ouro	$68 \times 10 = 680 \Omega$	673Ω	2000	1,02%
R ₂	amarelo	verde	de ouro	de ouro	$46 \times 0,1 = 4,6 \Omega$	$5,5 \Omega$	200	1,75%
R ₃	vermelho	vermelho	laranja	de ouro	$22 \times 10^2 = 22 k\Omega$	$22,4 k\Omega$	200 K	0,2%
R ₄	marrom	prateado	amarelo	de ouro	$10 \times 10^3 = 100 k\Omega$	$98,5 k\Omega$	100 K	1,5%
R ₅	marrom	prateado	vermelho	de ouro	$10 \times 10^2 = 1000 \Omega$	1003Ω	1000 K	0,3%
R ₆	marrom	verde	de ouro	de ouro	$15,0 \times 1 = 15 \Omega$	$02,2 \Omega$	200	46,6%
R ₇	vermelho	vermelho	marrom	de ouro	$22 \times 10 = 220 \Omega$	230Ω	2000	5%
R ₈	marrom	prateado	verde	de ouro	$10 \times 10^3 = 1000 k\Omega$	$1057 k\Omega$	2000 K	5,3%
R ₉	marrom	prateado	prateado	de ouro	$10 \times 1 = 10 \Omega$	$11,3 \Omega$	200	13%
R ₁₀	laranja	laranja	amarelo	de ouro	$33 \times 10^3 = 330 k\Omega$	$340 k\Omega$	2000	3%

Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Após a coleta de dados os alunos responderam duas questões. A questão 1 solicitava que fizessem um comparativo entre os valores nominais e medidos, calculando o desvio percentual entre eles. A questão 2 solicitava um comparativo entre o desvio percentual e o fator de tolerância para cada resistor emitindo suas conclusões a respeito. Na maioria dos grupos os valores estavam dentro dos parâmetros de erro, para mais ou para menos, porém em 2 grupos da turma 1 e 1 grupo da turma 2 surgiram valores fora dos parâmetros. Para estes grupos foi orientado que repetissem as medidas, pois poderia haver erro na coleta dos dados.

Para finalizar a atividade foi perguntado aos alunos qual sua opinião sobre a prática realizada. Os alunos afirmaram que a aula foi interessante e motivadora. Que a prática era de simples compreensão e que ao final puderam entender o assunto com clareza. Cabe ainda ressaltar que boa parte deles fizeram menção ao conceito de resistência elétrica estudado na aula anterior. Isso demonstra que a aprendizagem foi significativa, pois havia nos alunos a intenção de aprender e também foi estabelecida uma conexão dos novos conceitos com seus subsunçores.

Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa é dita subordinada quando os novos conhecimentos potencialmente significativos adquirem significados, para o sujeito que aprende, por um processo de ancoragem cognitiva, interativa, em conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos já existentes na sua estrutura cognitiva (AUSUBEL, 2003).

5.9 ATIVIDADE 9: EXPERIMENTO – ELEMENTOS RESISTIVOS

Nesta aula, foi realizada uma prática experimental para obter a Lei de Ohm, fazendo uso de resistores e LEDs, a fim de compreender quais elementos apresentam resistência constante e quais apresentam resistência dependente da DDP aplicada.

Para o experimento foram utilizadas placas de ensaio (*protoboards*), multímetros, uma fonte regulável, resistores e LEDs de duas cores diferentes. Os alunos foram novamente organizados em grupos, com 3 a 4 pessoas, e cada um recebeu o material previamente selecionado e organizado pela professora. Além disso, receberam uma cópia do roteiro impresso, com o passo a passo dos procedimentos a serem realizados e as questões para responderem com base na coleta de dados.

É importante salientar que as atividades desta sequência didática foram desenvolvidas em sua maioria em grupos, visto que, segundo Moreira, as atividades colaborativas, presenciais ou virtuais, em pequenos grupos têm grande potencial para facilitar a aprendizagem significativa porque viabilizam o intercâmbio, a negociação de significados, e colocam o professor na posição de mediador (MOREIRA, 2010).

O primeiro passo da atividade consistia em medir o valor da resistência elétrica de dois resistores e anotar nas tabelas. Esse procedimento foi muito simples de realizar, visto que os alunos já estavam familiarizados com a técnica de aferição da leitura, trabalhada de forma específica nas aulas anteriores. Em seguida, precisavam montar o circuito indicado pela figura do roteiro. Para isso foram utilizados dois multímetros (um na função voltímetro e o outro na função amperímetro), condição explicada tanto no roteiro impresso quanto na oralidade para os alunos, enfatizando que o amperímetro deveria ser colocado em série com o resistor e o voltímetro em paralelo. Para esta etapa houve a necessidade do auxílio individual nos grupos, verificando se a montagem estava sendo feita corretamente.

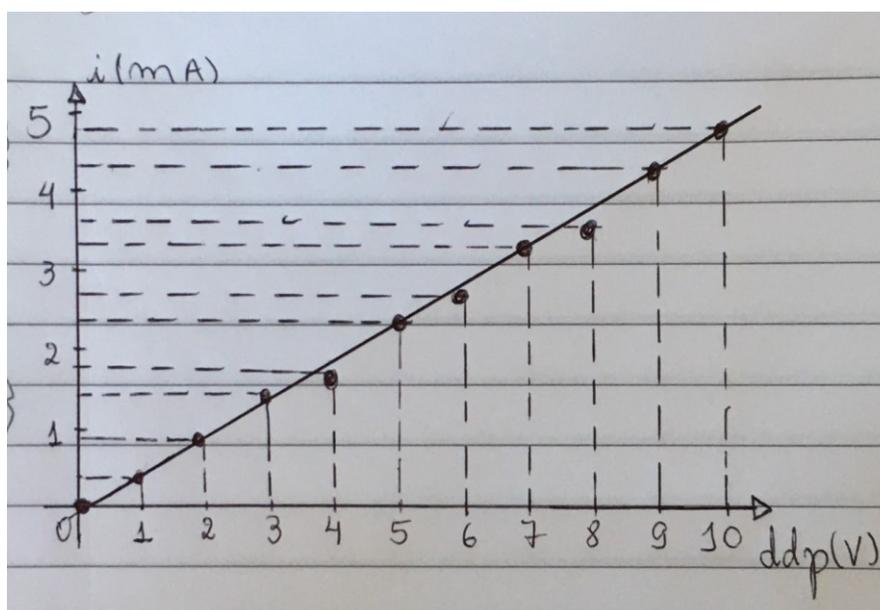
Dando sequência, os alunos realizaram as medidas da corrente estabelecida no circuito para cada um volt de tensão aplicada no resistor, alterada por meio da fonte regulável. Depois de terminada a coleta para os resistores, o circuito foi remontado, incrementando os LEDs e repetindo os mesmos passos realizados na primeira etapa, fazendo as medidas de corrente para cada um dos LEDs (que possuem cores distintas). Para que os alunos não cometessem erros na montagem e consequentemente queimassem os LEDs, foi orientado que a haste maior

representava o polo positivo e a menor o polo negativo. Após a coleta de dados cada grupo respondeu ao questionário do roteiro.

A questão 1 solicitava a construção dos gráficos de corrente por tensão elétrica para os resistores. Durante a atividade, os alunos já foram percebendo qual seria o resultado. Destaco aqui alguns comentários deles: “cada vez que aumenta a tensão, a corrente também aumenta”; “os aumentos foram iguais, o gráfico vai formar uma linha”; “vai formar uma reta, porque cada vez que aumenta a tensão a corrente também aumenta de forma igual”.

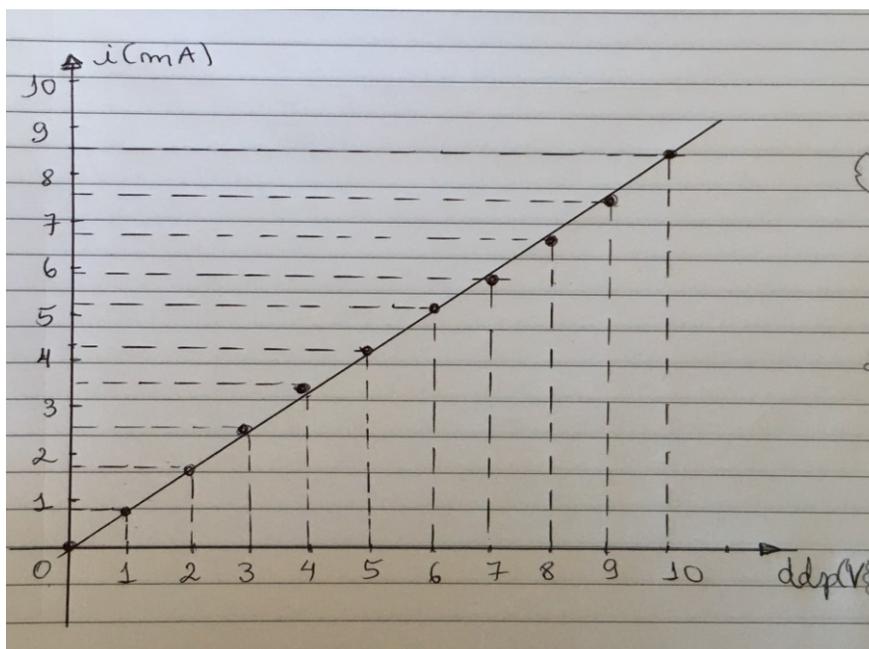
Nas figuras 26 e 27 podemos ver uma mostra dos gráficos construídos pelos alunos contendo as curvas característica dos resistores.

Figura 26 – Gráfico da corrente em função da diferença de potencial (resistor 1).



Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Figura 27 – Gráfico da corrente em função da diferença de potencial – resistor 2.



Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Na questão 2 os alunos deveriam indicar a forma das curvas encontradas nos gráficos e suas conclusões a respeito da corrente e tensão para os resistores. Nas verbalizações da questão anterior os alunos já demonstraram que haviam compreendido essa relação de proporcionalidade, o que se confirmou por meio das respostas desta questão. Quanto a forma da curva, todos responderam que formava uma reta, evidência apresentada pela própria construção gráfica.

A questão 3 solicitava os cálculos da resistência elétrica medida para os resistores, utilizando a relação matemática formada pela razão entre a tensão e a corrente elétrica, que é a expressão que representa a Lei de Ohm. É interessante citar que muitos alunos se sentiram incomodados pelo fato dos valores serem sempre os mesmos, questionando se isso estava correto ou mesmo argumentando qual seria o sentido de fazer esses cálculos se já era óbvio que os resultados seriam sempre o mesmo. A professora verbalizou que esses questionamentos eram muito ricos e que logo estas constatações fariam sentido, orientando que continuassem a responder o questionário.

A questão 4 solicitava um comparativo entre os valores da resistência elétrica de cada resistor obtida pelo instrumento ohmímetro e a obtida por meio do gráfico, calculando o desvio percentual. Os alunos puderam perceber que a diferença nos

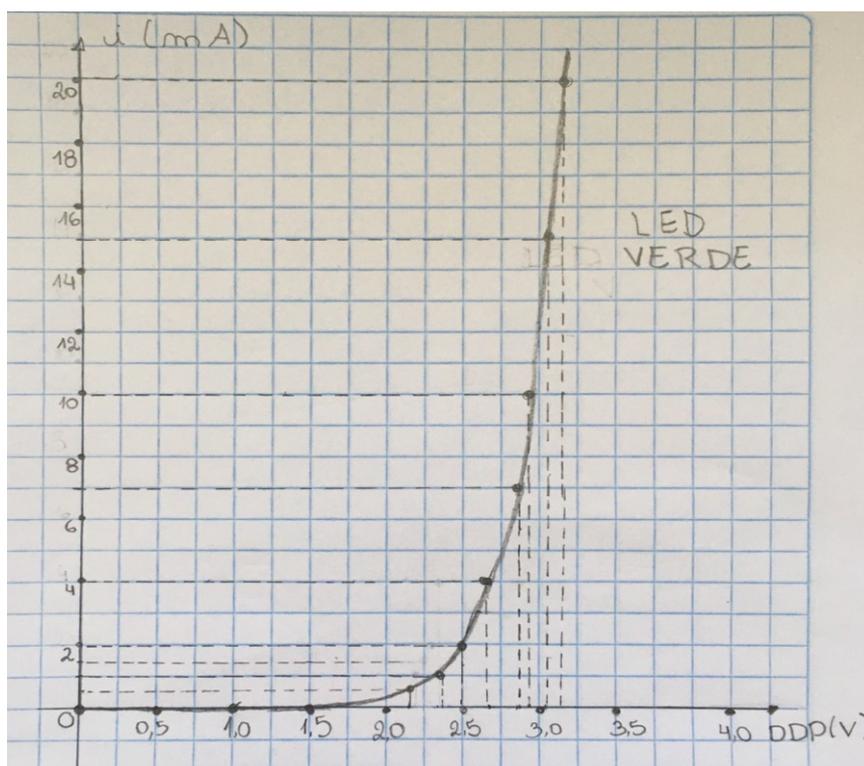
valores foi mínima, demonstrando que houve uma precisão efetiva nas medidas realizadas.

Seguindo para a questão 5, novamente foi solicitada a construção dos gráficos de corrente por tensão elétrica, porém agora para os LEDs. Essa fase da atividade demandou um pouco mais de cuidado, pois os valores de tensão coletados eram muito próximos um do outro, o que dificultou a transferência para o gráfico, visto que foram feitos no papel.

Ao finalizar a marcação dos pontos surgiram dúvidas sobre como uni-los. Os alunos imaginavam que deveria formar uma linha reta, igual a obtida pelas medidas dos resistores e não foi o que aconteceu. Ao unir os pontos, formou-se uma curva.

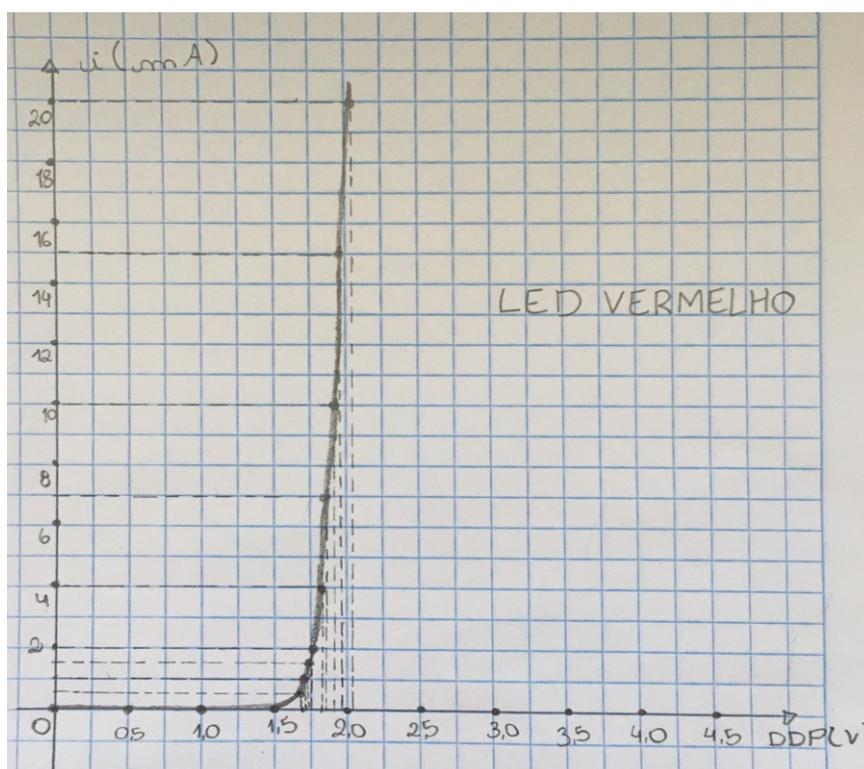
Uma amostra dos gráficos construídos para os LEDs está disposta abaixo, apresentada nas figuras 28 e 29.

Figura 28 – Gráfico da corrente em função da diferença de potencial (LED verde).



Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Figura 29 – Gráfico da corrente em função da diferença de potencial (LED Vermelho).



Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Partindo da observação dos gráficos dos resistores e dos LEDs, de forma comparativa, os alunos responderam a questão 6, que perguntava qual dos dispositivos era ôhmico e o que justificava esta resposta. Para responder essa questão foi necessária uma explicação sobre quais as características de um dispositivo ôhmico e um não ôhmico. De maneira geral os alunos responderam que apenas os resistores eram ôhmicos, com exceção de 1 grupo da turma 1 que respondeu que ambos eram ôhmicos.

Para finalizar a atividade, a questão 7 perguntava se a equação de resistência elétrica poderia ser utilizada para o cálculo dos parâmetros de um resistor não ôhmico, justificando-a. Aqui a maioria das respostas foi que não poderia ser utilizada e a justificativa foi de que na coleta de dados, os valores da corrente nos LEDs não mudavam de forma proporcional. Teve 1 grupo da turma 1 que respondeu apenas sim e não justificou porquê e 1 grupo da turma 2 que acabou deixando a resposta em branco. Neste momento foi necessário esclarecer para os alunos que a equação $R=V/i$ pode ser utilizada em ambos os casos por ser a própria definição de resistência elétrica. No entanto, a resistência elétrica não iria depender da DDP apenas para os resistores ôhmicos.

Eis que nesta atividade eles puderam perceber o significado da expressão da Lei de Ohm. Cada dispositivo apresentou resultados diferentes: nos resistores, a resistência permaneceu constante, pois cada aumento na tensão resultava num aumento proporcional da corrente elétrica. Já no caso dos LEDs essa proporcionalidade não se manteve, apresentando valores diferentes para a resistência elétrica, a cada novo valor de tensão aplicada. Na medida que a tensão e a corrente eram aumentadas, os valores da resistência iam diminuindo, demonstrando assim um comportamento não linear.

Os materiais educacionais apresentados nesta atividade foram elaborados de maneira que pudessem ser relacionados na estrutura cognitiva por meio da diferenciação programática. Segundo Ausubel, “parece lógico organizar deliberadamente o ensino análogo a esta diferenciação programática, procurando a exploração das relações entre conceitos e exaltando as semelhanças e diferenças, potencializando a reconciliação integradora” (AUSUBEL, 1978).

Em diálogo com os alunos foi possível perceber que houve uma boa compreensão dos conceitos abordados na atividade, apesar das dificuldades de interpretação dos resultados, que é considerado dentro da normalidade para o nível de ensino que encontram-se. Fica evidente que o papel do professor como mediador é fundamental durante todo o processo de ensino e que as atividades experimentais são enriquecedoras, propiciando a aprendizagem significativa, pois são ferramentas que fazem a ponte de ligação entre o abstrato e o concreto, dando significado aos conceitos físicos apresentados a eles.

5.10 ATIVIDADE 10: EXPERIMENTO – ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Nesta aula, o objetivo era enfatizar a função dos resistores em um circuito elétrico, apresentar diferentes formas de associação de resistores e ensinar por meio da atividade experimental, de maneira prática, como os elementos são conectados entre si em cada uma das associações.

A aula foi iniciada com a exposição de slides, utilizando o projetor multimídia, para explicar os conceitos e mostrar alguns exemplos de associação de resistores, para dar embasamento ao desenvolvimento da atividade.

Os alunos trabalharam nos mesmos grupos da atividade anterior. Cada um recebeu o material previamente selecionado e organizado pela professora, incluindo

a cópia do roteiro impresso, com o passo a passo dos procedimentos a serem realizados e as questões para responderem com base na coleta de dados.

De posse dos materiais, o primeiro procedimento realizado foi a medida dos valores das resistências de cada resistor utilizando o ohmímetro e anotando na tabela. Em seguida, foram montados os circuitos solicitados um a um na placa de ensaio e coletadas as medidas das resistências equivalentes. Depois foram calculados os valores da resistência equivalente e o desvio percentual entre as resistências equivalentes medidas e as calculadas. Finalizada essa parte do procedimento, o roteiro apresentava 2 questões para a análise dos dados.

A questão 1 pedia para identificar a principal característica da resistência equivalente para circuitos em série e a questão 2 pedia o mesmo, porém para o circuito em paralelo. Para fazer essa análise foi necessário que o professor fizesse a mediação destacando a importância de olharem para os resultados apresentados nas tabelas da atividade e comparassem os valores de resistência individuais com os da associação. Ficou explícito nas respostas que os alunos conseguiram entender que associar resistências em série, faz com que a resistência total do circuito aumente, visto que os valores vão se somando. Ao contrário, como a resistência equivalente usa a soma do inverso da resistência, o valor total sempre será menor do que cada valor individual dos resistores.

Para finalizar a atividade foi realizado um diálogo com os alunos sobre as facilidades e dificuldades encontradas no seu desenvolvimento. Alguns alunos citaram que o mais difícil foi montar o circuito misto, pois precisavam prestar muita atenção nas conexões para que a medida da resistência fosse obtida corretamente. Outro comentário importante é de que as imagens dos esquemas de montagem fornecidos em cada questão facilitaram muito o desenvolvimento da atividade.

Após este diálogo, foi explicado para os alunos que essa atividade estava relacionada aquela que eles haviam feito na aula sobre o multímetro, nos simuladores 4 e 5 e portanto, eram complementares uma a outra. Segundo Ausubel, a essência do processo de aprendizagem significativa consiste no fato de que novas ideias expressas de forma simbólica se relacionam àquilo que o aprendiz já sabe (AUSUBEL, 2003, p. 72).

5.11 ATIVIDADE 11: AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Esta atividade foi desenvolvida como avaliação final após a aplicação da sequência didática, no intuito de verificar se os conceitos apresentados representaram aprendizagem significativa, sendo internalizados pelos alunos e passando a fazer parte da sua estrutura cognitiva, como novos conhecimentos adquiridos.

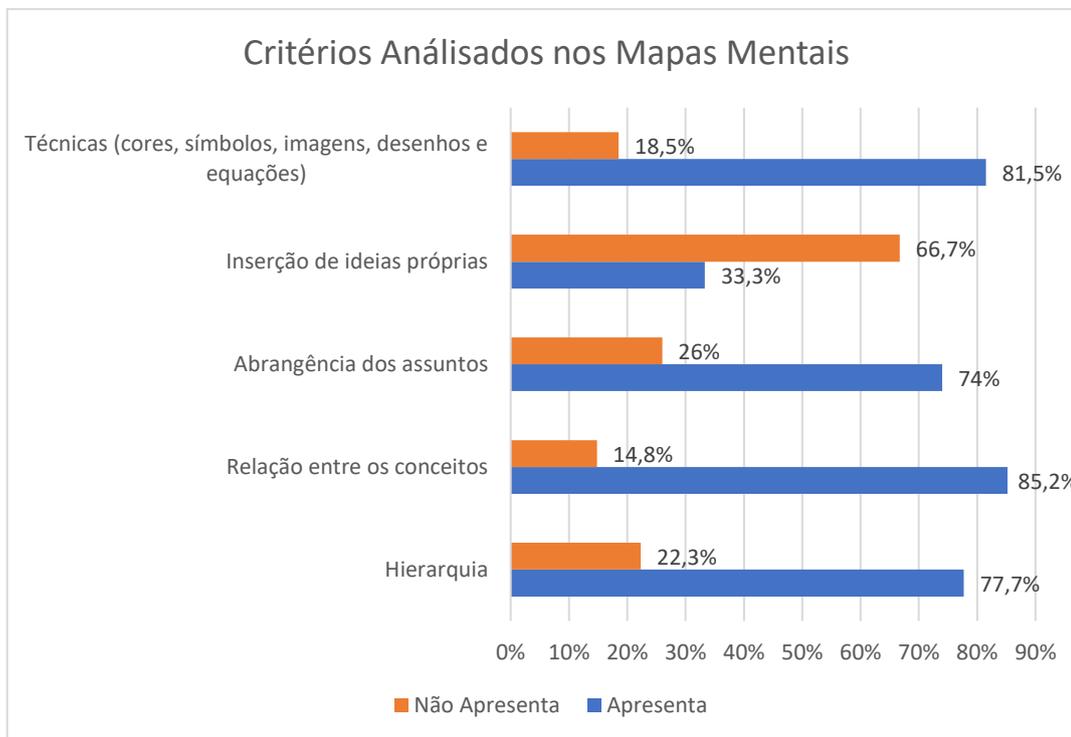
A proposta foi de elaboração de um novo mapa mental, visto que na primeira aula eles haviam feito um, porém sem abordagem nenhuma do conteúdo, apenas para verificar se possuíam alguma ideia ou conhecimento sobre os assuntos que seriam trabalhados. Agora, após o desenvolvimento de todas as atividades aplicadas nas aulas, as explicações, interações e discussões, refazer o mapa significou expressar aquilo que foi aprendido, para que fosse analisado se a estrutura das aulas aplicadas e a forma de abordagem dos conteúdos representaram avanços significativos na aprendizagem dos alunos.

Para a elaboração dos mapas, foi distribuído o material e disponibilizado o tempo necessário para seu desenvolvimento. Terminada esta etapa, foram recolhidos para a análise e comparação com os mapas iniciais.

Na análise dos mapas mentais deste trabalho, além da observação da hierarquia e da relação válida entre os conceitos, foram adotados os critérios citados por Buzan (2009), que são: abrangência os assuntos tratados, a inserção de ideias próprias e a utilização de técnicas (cores, símbolos, imagens, desenhos, equações) que facilitam o aprendizado.

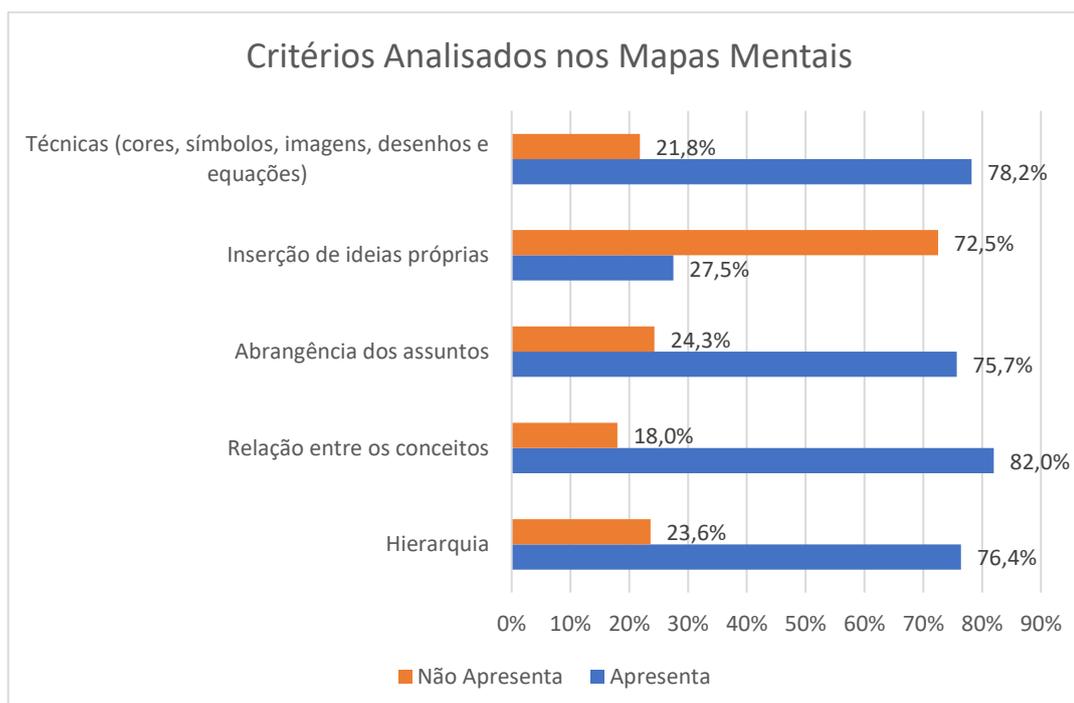
A seguir, as Figuras 30 e 31 apresentam os gráficos dos resultados para as turmas 1 e 2.

Figura 30 – Gráfico demonstrativo da incidência dos critérios analisados nos mapas mentais – Turma 1 (27 alunos).



Fonte: A autora.

Figura 31 – Gráfico demonstrativo da incidência dos critérios analisados nos mapas mentais – Turma 2 (36 alunos).



Fonte: A autora.

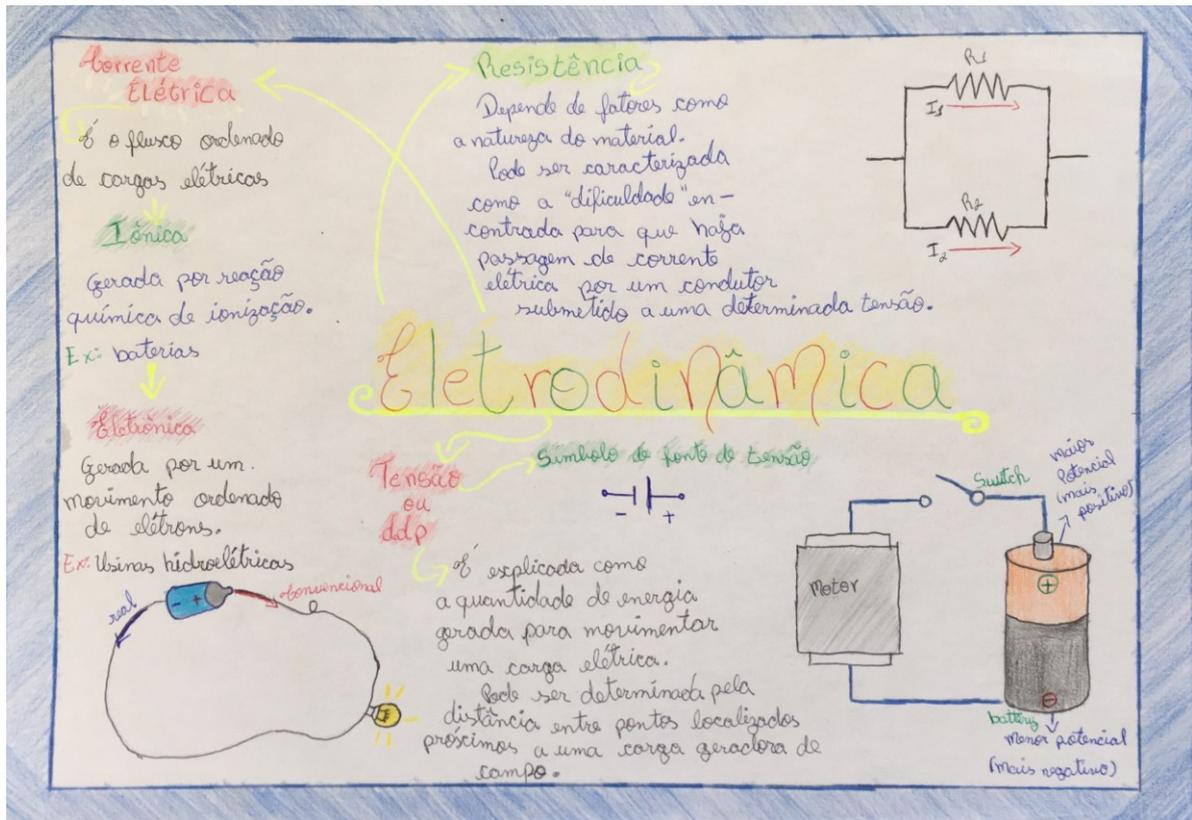
Na análise dos mapas mentais entregues pelos alunos da turma 1, pôde-se verificar que, seguindo os critérios estabelecidos, 77,7% dos alunos seguiram uma hierarquia na organização dos conteúdos, 85,2% dos alunos conseguiram estabelecer a relação entre os conceitos e 74% dos alunos conseguiram estabelecer uma abrangência dos assuntos expressos no mapa. Já na turma 2, foram 76,4% dos alunos que seguiram uma hierarquia na organização dos conteúdos, 82% dos alunos conseguiram estabelecer a relação entre os conceitos e 75,7% dos alunos conseguiram estabelecer uma abrangência dos assuntos. Esta amostra deixa evidente que a maioria dos alunos conseguiram estabelecer em suas mentes uma organização para os novos conceitos apreendidos e construir relações de dependência entre eles.

Quanto a inserção de ideias próprias, houve uma dificuldade acentuada, tanto na turma 1, com 66,7% dos alunos, como na turma 2, com 72,5%. Essa dificuldade pode ser fruto da dependência criada no processo de ensino mecânico ao qual eles foram submetidos ao longo dos anos de estudos escolares. Esses dados indicam que, mesmo o professor oferecendo aulas planejadas no intuito de promover a autonomia e o protagonismo estudantil, esse processo de mudança pode ser lento, em virtude de necessitar um movimento mental de reconstrução e reorganização da sua estrutura cognitiva.

Em relação ao uso de técnicas, pôde-se observar que, 81,5% dos alunos da turma 1 e 78,2% dos alunos da turma 2 conseguiram utilizá-las na elaboração de seus mapas. É importante ressaltar que houve um incentivo grande por parte da professora para que os alunos deixassem sua criatividade fluir e expressassem suas ideias de maneira variada, tentando abranger as diversas formas de expressarem cada conceito e suas relações. A utilização de cores, figura, símbolos, equações, setas caracteriza a organização dinâmica dos conceitos facilitando o processo de memorização e a efetivação da aprendizagem.

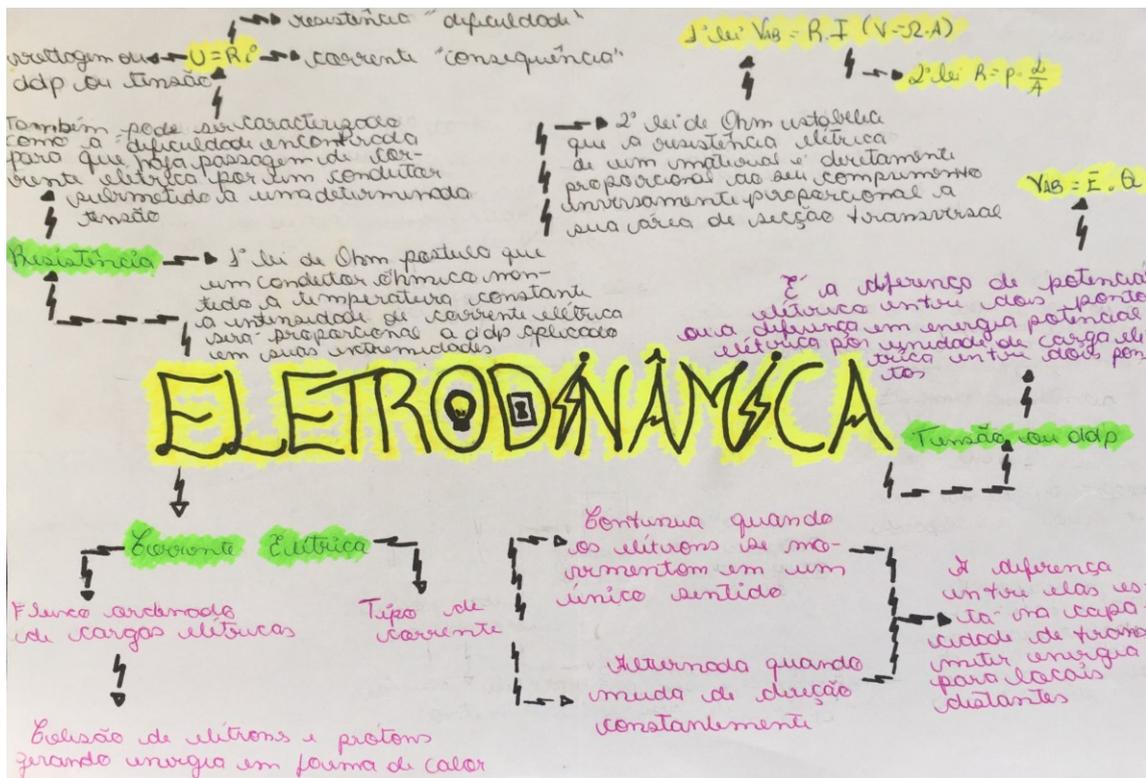
A seguir são apresentados nas Figuras 32, 33, 34 e 35 alguns mapas que abrangem a maioria dos critérios estabelecidos para esta análise e que puderam ser verificados na sua produção.

Figura 32 – Mapa Mental 1 produzido por aluno da turma 1.



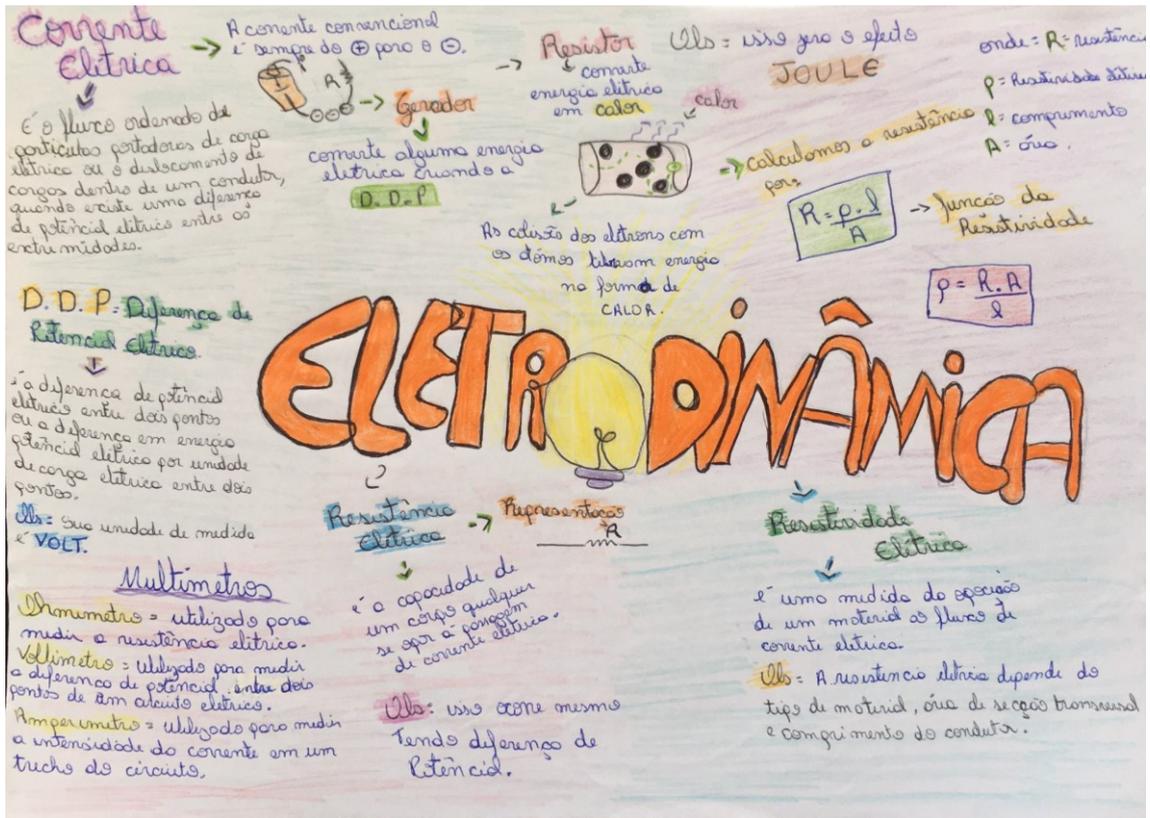
Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Figura 33 – Mapa Mental 2 produzido por aluno da turma 1.



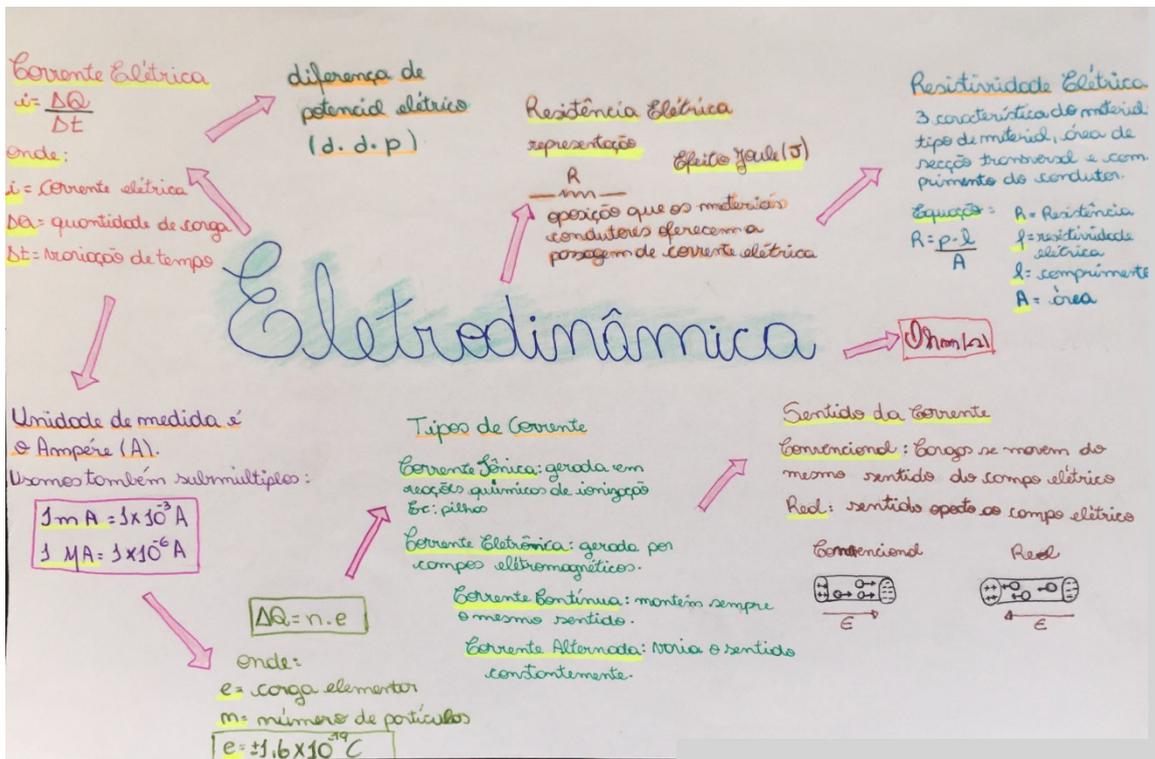
Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Figura 34 – Mapa Mental 1 produzido por aluno da turma 2.



Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Figura 35 – Mapa Mental 2 produzido por aluno da turma 2.



Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

De maneira geral, pôde-se observar por meio do comparativo entre os mapas produzidos inicialmente e os produzidos ao final da série de aplicação dos conteúdos, que fica evidente o avanço na expressão dos conceitos, visto que inicialmente os alunos elaboraram mapas apenas usando seus conhecimentos prévios e agora se basearam nos conceitos assimilados e as relações estabelecidas entre eles, no decorrer da aplicação da sequência didática.

Nesta perspectiva o processo de avaliação da aprendizagem foi pautado na busca de evidências da sua ocorrência, na qual os mapas mentais propiciaram essa verificação, baseada na diferenciação progressiva e na reconciliação integrativa dos conteúdos estudados.

Segundo Moreira:

A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são dois processos, simultâneos, da dinâmica da estrutura cognitiva. Através desses processos o aprendiz vai organizando, hierarquicamente, sua estrutura cognitiva em determinado campo de conhecimentos. Hierarquicamente significa que alguns subsunçores são mais gerais, mais inclusivos do que outros, mas essa hierarquia não é permanente, à medida que ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa a estrutura cognitiva vai mudando (MOREIRA, 2012).

Mediante os resultados apresentados na análise de cada aula, fica evidente que houve êxito na assimilação e apropriação dos conteúdos trabalhados, caracterizando a ancoragem dos novos conceitos aqueles já existentes na estrutura cognitiva, por meio da utilização de atividades, situações problemas e questionamentos que pudessem remeter os alunos a refletirem e associarem as situações propostas as vivenciadas no seu próprio cotidiano.

Cabe destacar que foi possível observar que os alunos se mostraram interessados durante o desenvolvimento das atividades da sequência didática, o que veio de encontro a um dos princípios citados por Ausubel, que é de que o aprendiz precisa ter vontade de aprender de modo significativo. Essa vontade não é algo controlável pelo professor, porém ao apresentar materiais que estimulem os alunos, organizados de maneira dinâmica, esse processo é favorecido.

Para finalizar esta atividade, os alunos foram convidados a responder um questionário de opinião, podendo identificar-se ou não, com perguntas descritivas/discursivas, sobre as aulas ministradas com base nesta sequência didática, no intuito de coletar impressões, informações, ideias e opiniões dos alunos a respeito das atividades realizadas.

Nos quadros 1 a 6 estão dispostas as perguntas feitas no questionário e apresentadas a transcrição literal das respostas de 8 alunos, 4 da turma 1 e 4 da turma 2.

1 – Quais os pontos positivos apresentados na sequência de atividades desenvolvidas? E os negativos?

Quadro 1 – Respostas da questão 1 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.

Aluno	Resposta
1	Positivos: Experimentos, aulas diferenciadas e interessantes. Negativos: Falta de recursos de tecnologia na escola.
2	Ponto positivo: facilidade de aprendizado devido as atividades práticas. Ponto negativo: alguns relatórios mais extensos.
3	Como ponto positivo: entendemos melhor com as experiências e como ponto negativo: a falta de aparelhos multímetros (tem poucos na escola).
4	Aprendemos na prática a resistência elétrica, usar multímetros e as fontes de energia. Os pontos negativos foram que alguns aparelhos não estavam funcionando.
5	Por serem práticas, facilitam a compreensão do conteúdo. A dificuldade de acesso aos materiais por ter pouco na escola foi o ponto negativo
6	Positivos: sair da rotina, aprender de forma descontraída, ex: simuladores. Não vejo pontos negativos, pois as atividades vieram só agregar.
7	Conseguimos melhor entendimento, pois houve envolvimento dos alunos. Os pontos negativos são a falta de tempo para praticar.
8	Mais fácil compreensão, mais interessante de participar, aprende mais rápido e fácil. Ponto negativo: pouco tempo para fazer as atividades.

Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

2 – Qual das atividades realizadas você mais gostou? E a que menos gostou?

Quadro 2 – Respostas da questão 2 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.

Aluno	Resposta
1	Gostei mais da atividade de medida de resistência elétrica e uso do multímetro. A que menos gostei foi a de leitura das cores.

2	Gostei de todas as atividades pois eram práticas.
3	Gostei de todas as experiências propostas, pois tornou a aula diferenciada.
4	O uso os multímetros para medir corrente, tensão e resistência na prática. O que menos gostei foi os simuladores porque achei mais difícil de entender.
5	Atividade de testar corrente elétrica, utilizando várias substâncias pra acender a lâmpada. A que menos gostei foi a dos leds porque precisamos esperar os colegas fazer primeiro (faltava fontes).
6	Mais gostei dos simuladores: dava pra aprender e ao mesmo tempo dava pra se descontraír. A atividade era uma coisa nova e muito interessante.
7	Leitura do código de cores. Gostei de todas por aplicar de forma diferentes os conteúdos e construir gráficos.
8	Mapa mental, porque não era difícil de entender. A que menos gostei foi dos elementos resistivos porque achei difícil de entender.

Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

3 – Você considera que as atividades experimentais realizadas facilitam a compreensão e aprendizagem dos conteúdos? Justifique:

Quadro 3 – Respostas da questão 3 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.

Aluno	Resposta
1	Sim, é divertido e diferenciado.
2	Sim, com a explicação e demonstração nas atividades experimentais fica mais fácil compreender do que só conceitos.
3	Sim, pois observando adquirimos entendimento e compreensão melhor de como acontece e de forma ocorre os processos elétricos, como medida de resistência, corrente elétrica, etc.
4	Sim, porque fazendo na prática fica mais fácil de entender do que só na teoria.
5	Sim, tiram a ideia do aluno do âmbito teórico e mostra suas aplicações.
6	Sim, pois é feita sempre novas descobertas e aprendizagem.
7	Sim, pois tem envolvimento dos alunos. São mais atraentes para aprender o conteúdo.
8	Sim, a prática auxilia na compreensão e todo mundo presta atenção.

Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

4 – Você considera que foi possível compreender o conteúdo teórico e relacionar o mesmo a situações práticas do cotidiano? Exemplifique:

Quadro 4 – Respostas da questão 4 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.

Aluno	Resposta
1	Sim, a utilização de aparelhos eletrônicos, cuidados que devemos ter para não estragar.
2	Sim, pois aprendi como funciona o processo de energia elétrica que usamos em nossa casa, trabalho, etc.
3	Sim, porque podemos observar como medir a resistência e como funcionam os circuitos elétricos que usamos.
4	Sim, por exemplo o funcionamento de uma lâmpada, de um circuito elétrico na nossa casa.
5	Sim, pois o assunto está presente em objetos e lugares que frequentamos diariamente.
6	Sim, pois as dúvidas eram tiradas e compreendidas com a ajuda da professora.
7	Sim, foi bem explicado o conteúdo em sala, ficando mais fácil quando fomos para a prática.
8	Sim, pois você imaginar como as coisas funcionam de uma forma mais complexa, por exemplo, eu ligo a luz e lembro da fala da professora explicando corrente elétrica.

Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

5 – O uso de simuladores educacionais foi importante na compreensão dos conceitos e no uso dos instrumentos de medida? Por quê?

Quadro 5 – Respostas da questão 5 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.

Aluno	Resposta
1	Sim, bem melhor vendo imagens e explicação do que estar apenas lendo.
2	Com os simuladores conseguimos aprender como deveriam ser colocados os cabos e também em qual local obteríamos a medida, portanto, sim, os simuladores nos ajudaram a compreender o conteúdo.

3	Sim, pois trouxe uma prática virtual para compreender os conteúdos propostos.
4	Sim, porque mostrou na prática.
5	Sim, pois eram auto explicativos e relacionavam a teoria e a prática.
6	Sim, pois nós alunos pudemos vivenciar na prática os conteúdos.
7	Foi, mostrou como iria funcionar na prática.
8	Sim, mostrou uma visão diferente da teoria e da prática.

Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

6 – Deixe sua sugestão para melhorar a sequência didática.

Quadro 6 – Respostas da questão 6 da aplicação de questionário de opinião sobre as atividades desenvolvida como produto educacional.

Aluno	Resposta
1	Continuar assim.
2	As atividades são legais, porém daria para adaptar alguns relatórios para ser menos extenso.
3	Ter mais disponibilidade de equipamentos e tempo para realizar as atividades.
4	Sem sugestões, pra mim tá bom assim.
5	Em um contexto geral está bom, porém procurara meios para adquirir ainda mais ferramentas para realizar os experimentos, melhoraria mais ainda.
6	Mais experimentos com montagem e uso de aparelhos.
7	Eu gosto dos trabalhos de pesquisa e apresentações, práticas de trabalhos ou conteúdos experimentais, aula diferenciadas. Tá ótimo assim.
8	A única coisa que atrapalhou foi a turma, mas isso não tem como mudar.

Fonte: Dados da pesquisa organizada pela autora.

Esta é apenas uma amostra escolhida de forma aleatória para expressar a opinião e a avaliação dos alunos sobre a sequência didática apresentada. O parecer é que de maneira geral os alunos gostaram muito das aulas, principalmente por envolverem a realização de atividades práticas experimentais e utilizar os simuladores. Foi possível perceber que este tipo de atividade desperta a curiosidade dos alunos, envolve-os no desenvolvimento delas e motivando-os a participar.

Cabe registrar um ponto importante salientado pelos alunos que é o da necessidade das escolas terem a disposição mais materiais para a realização das atividades práticas, como fontes reguláveis e multímetros.

Ainda foi possível perceber que houve compreensão por parte deles de quais são as aplicações práticas destes conceitos em seu cotidiano e de que maneira estes conhecimentos vêm a contribuir para sua vida além da escola.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os alunos durante o Ensino Médio geralmente encontram-se numa fase de desenvolvimento na qual seus interesses principais começam a ganhar outros rumos que não o da escola. Dessa forma, o professor deve pautar seu planejamento em estratégias didáticas e metodologias que possam envolvê-los por meio das atividades propostas em cada aula.

A sequência didática apresentada foi elaborada no intuito de ofertar para os alunos aulas diferenciadas, interativas e dinâmicas, que venham de encontro a sua curiosidade e que possam despertar neles o instinto de querer aprender os conhecimentos científicos. Além disso, representa para o professor um plano de ensino completo para os conteúdos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica pronto para ser usado, de maneira organizada para que cada aula possa ser aplicada de forma individual, mas que ao mesmo tempo componham uma sequência lógica, pautada na organização dos conteúdos da grade curricular.

Os conceitos de Eletrodinâmica abordados neste trabalho se relacionam a várias situações vivenciadas todos os dias pelos alunos no seu cotidiano. Mas muitas vezes os conhecimentos do senso comum não são coerentes com o conhecimento científico. Os estudos aqui apresentados podem oferecer aos alunos a compreensão correta para cada conteúdo, ressignificando algumas ideias ou conceitos pré-estabelecidos na sua estrutura cognitiva, provocando a ancoragem dos novos conhecimentos aqueles já existentes.

A elaboração das aulas foi pautada com o objetivo de abordar os conteúdos buscando sempre a participação dos alunos de maneira interativa e articulada, a fim de construir novos significados aquilo que já conhecem e apresentar os novos conteúdos de forma diferente da tradicional, visando estabelecer relações que possam tornar a aprendizagem significativa.

Das atividades apresentadas, cabe destacar as experimentais e os simuladores como ponto chave da proposta. A interação entre os alunos ao realizar as atividades em pequenos grupos, discutindo suas ideias, buscando soluções para situações-problemas, elaborando gráficos e emitindo pareceres sobre suas observações, possibilitou que o aprendizado fosse sendo construído aula após aula.

Ao final, pôde-se observar evidências de que as atividades desenvolvidas e aplicadas no decorrer das aulas representam uma oferta válida de material

instrucional, visto o resultado positivo alcançado por meio do desenvolvimento dos mapas mentais e a análise do questionário de opinião.

A construção desta proposta foi pensada passo a passo a fim de contribuir com o ensino de Física nas escolas públicas, buscando organizar atividades que não demandem de grandes investimentos financeiros ou mesmo materiais mais elaborados. Todas utilizam dispositivos básicos para medida e montagem de circuitos elétricos, aqueles fornecidos pelo governo estadual para as escolas ou então o laboratório de informática, que também faz parte de sua estrutura.

Por fim, cabe ressaltar que a aplicação deste produto educacional, por meio da sequência didática elaborada é viável e pode contribuir para o ensino de Física, favorecendo que o processo de aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados aconteça, colaborando para a formação de sujeitos com pensamento crítico, capazes de interagir com o meio onde vivem, realizar mudanças de concepções e interpretar os fenômenos físicos que ocorrem a sua volta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1.^a edição. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. and HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2nd. ed. New York: Holt Rinehart and Winston, 1978.

BAQUERO, R. **Vygotsky e a aprendizagem escolar**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. 12.ed. Porto: Porto, 2003.

BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3: p. 291-313, 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM)**. Brasília, 1998. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb03_98.pdf. Acesso em: 16 de jul. 2019.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Ensino Médio. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/>. Acesso em 12 de set. 2019.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2019.

BUZAN, T. **Mapas Mentais**. Tradução de Paulo Polzonoff Jr. Rio de Janeiro: Ed. Sextante, 2009.

CARVALHO, A. M. P. (Org). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa com a Prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

DORNELES, P. F. T., ARAUJO, I. S. e VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 487 - 496, 2006.

FENNER, G. **Mapas Mentais: potencializando ideias**. 1^a. ed. São Paulo: Brasport, 2017.

GAMEZ, L. **Ergonomia Escolar e as Novas Tecnologias no Ensino: Enfoque na Avaliação de Software Educacional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Humana). Braga, Portugal, Universidade do Minho, 1998.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOUVEIA, A. A. **Dificuldades de aprendizagem conceitual em circuitos elétricos reveladas por meio de desenhos**. Dissertação (Mestrado em Educação). Londrina, Paraná, Universidade Estadual, 136p., 2007.

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de licenciatura em Física da Unesp-Bauru. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 251-256, 2004.

GRAVINA M. H., BUCHWEITZ B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 16, p. 1-4, 1994.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 10. Ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2016.

HARGREAVES, A. O ensino como profissão paradoxal. **Pátio: revista pedagógica**, Porto Alegre, ano 4, n. 16, p. 13-18, fev./abr., 2011.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 790. p., 2015.

LIMA, I. P.; LIMA, L.; MARTINS, D. G.; RIBEIRO, J. W.; SANTOS, M. J. C.; VALENTE, J. A.; VASCONCELOS, F. H. L. **Aspectos pedagógicos da aprendizagem significativa e TIC na formação de professores de ciências**. Fortaleza: InfoBrasil, 2010. Disponível em: <http://www.infobrasil.inf.br/userfiles/27-05-S1-1-67875-Aspectos%20Pedagogicos.pdf>. Acesso em: 02 de dez. 2018.

LUDKE, M. e ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária -EPU, 1986.

MARINELLI, F.; PACCA, J. L. A. Uma interpretação para as dificuldades enfrentadas pelos estudantes no laboratório didático de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 497-505, 2006.

MATUI, J. **Construtivismo: teoria construtivista sócio-histórica aplicada ao ensino**. São Paulo: Moderna, 1995.

MEIRIEU, P. **Aprender... Sim, mas como?** 7. ed. Porto Alegre: ArtMed, 1999.

MENCK, C. F. M.; VENTURA, A. M. Manipulando genes em busca de cura: o futuro da terapia gênica. **Revista USP**, São Paulo, n. 75, p. 50-61, setembro/novembro, 2007.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula**. Brasília: Editora da UnB. 185p. 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2010.

MOREIRA, M. A. **O Que é Afinal Aprendizagem Significativa?** Porto Alegre. Instituto de Física UFRGS, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em 08 de ago. 2019.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2. Ed. São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, M. A., CABALLERO, M. C. y RODRÍGUEZ, M. L. **Aprendizagem Significativa**: um conceito subjacente. Tradução de Maria Luz Rodríguez Palmero. Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Burgos: España, 1997.

NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação**. Tradução de M.A. Moreira. São Paulo: Pioneira, 1981.

NOVAK, J. D; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v.5, n.1, p 9-29, jan.-jun. 2010. Disponível em: <http://www.periodicos.uepg.br>. Acesso em 24 de mai. 2019.

OLIVEIRA, M. P. P.; POGIBIN, A.; OLIVEIRA, R. C. de A; ROMERO, T. R. L. **Conceitos e Contextos**: pessoal, social, histórica, eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria. São Paulo: Ftd, 2013. 2 v.

OLIVEIRA, N. **Uma proposta de avaliação de Softwares educacionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/30362580>. Acesso em: 27 de jul. 2019.

PIAGET, J. **Problemas de psicologia genética**. Petrópolis: Vozes, 1972.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. **Science Education**, Nova York, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

RAMALHO, J.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. Os fundamentos da Física – Eletricidade – 3º ano. 9. ed. São Paulo: Moderna, vol. 3, 2007.

TAVARES, R.. Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 18, n. 02, p. 04, 2010. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/1205>. Acesso em: 03 out. 2019.

TIPLER, P.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6º Edição. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2009.

VALADARES, J. e MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa**: sua fundamentação e implementação. Coimbra: Edições Almedina, 2009.

VALENTE, J. A. **A Espiral da aprendizagem e as tecnologias das informação e comunicação**: repensando conceitos. *In*: JOLY, M. C. A Tecnologia do Ensino: implicações para a aprendizagem. São Paulo: Casa do Psicólogo Editora, pp. 15-37, 2002.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.2, p. 87-96, jun. 2002.

YOUNG, H. D; FREEDMAN, R. A. **Física III**: Eletromagnetismo. 10. Ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2003.

ZABALA, A. **A Prática Educativa**: Como Ensinar. Porto Alegre: Ed Artmed, 1998.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

KARIN ALINE GALVAN VIACELLI

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ELETRICIDADE COM O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E
SIMULADORES EDUCACIONAIS**

MEDIANEIRA

2020



PRODUTO EDUCACIONAL

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE COM O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E SIMULADORES EDUCACIONAIS

A didactic sequence proposal for teaching electricity using experimental activities and interactive simulations

Karin Aline Galvan Viacelli

Produto Educacional vinculado à Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo V. B. Lukasiewicz

MEDIANEIRA
2020



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

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura de formação do mapa mental.	9
Figura 2 – Aparato Experimental 1: Condutores versus Isolantes.....	12
Figura 3 – Imagem do Simulador Educacional 1: Condutores versus isolantes.....	13
Figura 4 – Sistema de caixas d'aguas.....	18
Figura 5 – Imagem do simulador educacional 2: Analogia hidráulica – Tensão versus corrente.	20
Figura 6 – Imagem do simulador educacional 3: Multímetro.	23
Figura 7 – Imagem do simulador educacional 3: Medida de resistência elétrica.....	24
Figura 8 – Imagem do simulador educacional 4: Medida de tensão.	25
Figura 9 – Imagem da tela do simulador educacional 5.	25
Figura 10 – Imagem da tela do simulador educacional 5.	26
Figura 11 – Imagem do simulador educacional 5: Medida de corrente elétrica.	27
Figura 12 – Imagem da atividade Lei dos Nós: Medida de corrente elétrica.....	28
Figura 13 – Condutor com seção reta uniforme de área A e comprimento L.	29
Figura 14 – Aparato experimental 2: Resistor Mecânico.....	30
Figura 15 – Aparato experimental 3.....	32
Figura 16 – Imagem do simulador educacional 6: Resistência de um fio condutor. ...	36
Figura 17 – Exemplos de leitura do código de cores.....	38
Figura 18 – Conexões internas da placa de ensaio.	39
Figura 19 – Curva característica de elemento resistivo linear e não linear.	43
Figura 20 – Amperímetro conectado em série e voltímetro em paralelo ao resistor.	44
Figura 21 – Amperímetro conectado em série e voltímetro em paralelo ao LED.	46
Figura 22 – Associação de resistores em série.....	48
Figura 23 – Associação de resistores em paralelo.....	48

Figura 24 – Resistores conectados em série e em paralelo em uma placa de ensaio.	49
Figura 25 – Medida da resistência elétrica de resistores conectados em série, paralelo e série-paralelo.....	50
Figura 26 – Circuito com associação de 3 resistores em série.	51
Figura 27 - Circuito com associação de 3 resistores em paralelo.	52
Figura 28 - Circuito com associação de 3 resistores em série-paralelo.	52
Figura 29 - Circuito com associação de 4 resistores em série-paralelo.	53
Figura 30 - Circuito com associação de 5 resistores em série-paralelo.	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese das aulas: atividades propostas e horas-aula necessárias para a aplicação.	6
Quadro 2 - Resistência elétrica para diferentes comprimentos dos fios.....	34
Quadro 3 – Resistência e área da seção reta dos fios resistivos.	34
Quadro 4 – Código de cores de um resistor.....	37
Quadro 5 – Leitura da resistência utilizando o código de cores e o ohmímetro.	41
Quadro 6 – Quadro $V \times i$, resistor 1.....	45
Quadro 7 – Quadro $V \times i$, resistor 2.....	45
Quadro 8 – Quadro $V \times i$, LED 1.....	46
Quadro 9 – Quadro $V \times i$, LED 2.....	46
Quadro 10 – Valores das resistências medidas.	51

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	5
2 SÍNTESE DAS AULAS	6
3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA	8
3.1 AULA 1: INVESTIGAÇÃO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS SOBRE ELETRODINÂMICA	8
3.2 AULA 2: CONDUTORES VS ISOLANTES	10
3.3 AULA 3: CORRENTE ELÉTRICA E DIFERENÇA DE POTENCIAL	16
3.4 AULA 4: MULTÍMETRO	22
3.5 AULA 5: ANALOGIA DA RESISTÊNCIA ELÉTRICA E SISTEMA MECÂNICO ..	29
3.6 AULA 6: RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA	32
3.7 AULA 7: RESISTORES E CÓDIGO DE CORES	37
3.8 AULA 8: ELEMENTOS RESISTIVOS LINEARES E NÃO LINEARES	42
3.9 AULA 9: ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES	48
3.10 AULA 10: AVALIAÇÃO FINAL E QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO	55
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
APÊNDICE A – ATIVIDADE: ELABORAÇÃO DE UM MAPA MENTAL PARA OS CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA.....	59
APÊNDICE B – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: CONDUTORES VERSUS ISOLANTES.....	60
APÊNDICE C – HANDS-ON-TEC E INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (IPC) PARA O ESTUDO DA ELETRODINÂMICA.....	62
APÊNDICE D – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA	67
APÊNDICE E – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: RESISTORES E LEITURA DE CÓDIGO DE CORES	71
APÊNDICE F – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: ELEMENTOS RESISTIVOS LINEARES E NÃO LINEARES.....	73
APÊNDICE G – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES.....	77

1 APRESENTAÇÃO

Estimado(a) professor(a):

O estudo da eletricidade constitui a base dos conceitos estudados no terceiro ano do Ensino Médio. Portanto, a compreensão dos conteúdos fundamentais relacionados ao funcionamento de circuitos elétricos é imprescindível.

Desta forma, a proposta de ensino apresentada aqui como produto educacional consiste em uma sequência didática para o ensino da eletricidade, abordando de forma específica os conceitos de corrente, diferença de potencial e resistência elétrica. A sequência didática é composta de atividades experimentais e simuladores educacionais, visando proporcionar uma aprendizagem efetiva e significativa para os estudantes.

As atividades experimentais sugerem o uso de materiais de baixo custo e fácil obtenção. Além disso apresentam roteiros ilustrados e explicativos que facilitam sua reprodução para uso em sala de aula, sem necessariamente precisar de um laboratório para aplicação.

O intuito da proposta é ofertar ao professor aulas compostas por elementos simples, de fácil organização e desenvolvimento, propiciando a integração professor-alunos, que possam tornar as aulas instigantes, com maior participação e envolvimento da turma no processo de ensino aprendizagem. Em cada aula, são apresentados elementos diferentes, que partem do conhecimento prévio dos alunos, no qual o professor atua como mediador, favorecendo o protagonismo estudantil.

Essa sequência é uma oferta de material previamente elaborado e organizado visando facilitar a aplicação dos conteúdos relativos à Eletrodinâmica. Para aqueles que tenham o interesse em reforçar seus conhecimentos sobre os temas, sugiro que façam a leitura da dissertação que embasa esse produto educacional.

2 SÍNTESE DAS AULAS

No Quadro 1 é apresentada uma síntese da organização da sequência didática, com a distribuição das atividades propostas, a quantidade de aulas e o tempo necessários para sua aplicação. É importante ressaltar que é possível utilizar as aulas de forma avulsa, conforme encaixar-se na necessidade e planejamento de cada professor.

Quadro 1 – Síntese das aulas: atividades propostas e horas-aula necessárias para a aplicação.

Aula	Atividade	Hora-aula (45 min)
Aula 01	Elaboração de um Mapa Mental para os conceitos de Eletrodinâmica (Avaliação dos conhecimentos prévios)	1
Aula 02	Atividade interativa baseada nos métodos ativos de ensino Hands-on-tec e Instrução pelos Colegas (IpC). Atividade Experimental 1: Circuito elétrico simples - condutores versus isolantes. Simulador Educacional 1: Condutores elétricos versus isolantes. Atividade Interativa: Questionário virtual no aplicativo <i>Plickers</i> .	2
Aula 03	Vídeos: 1 – As fontes da corrente; 2 – Entre o mais e o menos; 3 – Corrente alternada. Simulador Educacional 2: Analogia hidráulica – Tensão versus corrente.	2
Aula 04	Simulador Educacional 3: Multímetro – Medição de tensão, corrente e resistência. Simulador Educacional 4: Lei das tensões de Kirchhoff – 2 lâmpadas.	2

	Simulador Educacional 5: Lei da corrente de Kirchhoff – 1 lâmpada e 1 resistor.	
Aula 05	Atividade Experimental 2: Modelo mecânico do resistor.	1
Aula 06	Atividade Experimental 3: Resistência e resistividade elétrica. Simulador Educacional 6: Resistência de um fio condutor.	2
Aula 07	Atividade Experimental 4: Resistores, leitura do código de cores e ohmímetro.	2
Aula 08	Atividade Experimental 5: Elementos resistivos lineares e não lineares.	2
Aula 09	Atividade Experimental 6: Associação de resistores.	2
Aula 10	Elaboração de um Mapa Mental de Eletrodinâmica (avaliação dos conhecimentos adquiridos) e questionário de opinião.	1
	Total	17

Fonte: A Autora.

3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo serão descritas com detalhes as aulas que compõem a sequência didática.

3.1 AULA 1: INVESTIGAÇÃO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS SOBRE ELETRODINÂMICA

Tempo estimado: 1 hora-aula (45 minutos).

Objetivo: Formular mapas mentais sobre os conceitos de Eletrodinâmica: corrente, diferença de potencial e resistência elétrica. Demonstrar os conhecimentos prévios apresentados sobre o tema.

Introdução:

Mapa Mental é um tipo de diagrama, proposto pelo escritor inglês Tony Buzan na década de 1960, que serve para demonstrar visualmente a forma com que o indivíduo estrutura e organiza seu pensamento a respeito de um tema proposto.

Na elaboração de um mapa mental, deve-se tentar representar ou ilustrar ideias e conceitos sobre um determinado tema, com o máximo de detalhes possíveis. É um tipo de ferramenta usada para traçar os relacionamentos de causa, efeito, simetria e/ou similaridade que existem entre elas e torná-las mais palpáveis e mensuráveis.

Segundo Buzan, “o Mapa Mental começa com um conceito central e se expande de dentro para fora, englobando os detalhes. Representa a ideia principal com mais nitidez, especifica cada ideia com clareza, possibilita o reconhecimento da palavra principal de imediato no centro do Mapa e as ligações entre os conceitos são identificadas com facilidade” (BUZAN, 2009, p.20).

Na elaboração de um Mapa Mental você deve seguir alguns passos importantes citados a seguir: destacar uma imagem ou palavra central, cuidando sempre a dimensão espacial, as cores e tamanho das letras utilizadas; associar as ideias por meio de seta, cores ou códigos; deixar evidente o que é principal do que é secundário, fazendo a conexão entre as ideias secundárias e a principal.

Atividade 1: Elaboração de um Mapa Mental para os conceitos de Eletrodinâmica.

Materiais necessários:

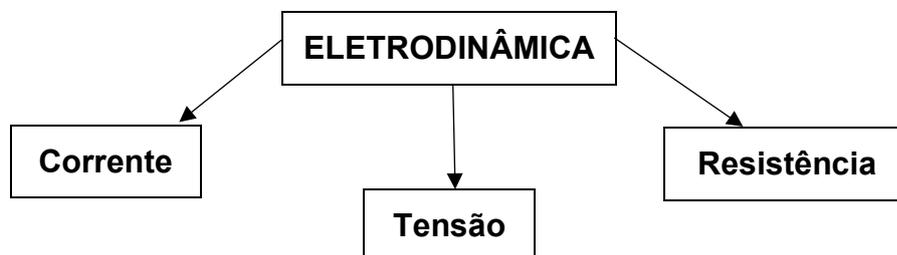
- Folhas de papel sulfite, 1 para cada aluno;
- Canetas coloridas, canetinhas, lápis de cor.

Procedimento:

Para iniciar esta atividade, o professor deverá apresentar aos alunos o tema Eletrodinâmica e explicar qual o principal objetivo da elaboração do mapa mental, incentivando-os a expressarem toda e qualquer ideia ou pensamento que tenham sobre os assuntos corrente, diferença de potencial (tensão) e resistência elétrica.

O esquema abaixo pode ser feito no quadro, para nortear a forma como os alunos podem iniciar a elaboração de seus mapas, seguindo o modelo conforme o apêndice A.

Figura 1 – Estrutura de formação do mapa mental.



Fonte: A Autora.

É provável que muitos alunos irão argumentar não saberem nada sobre os conceitos, pois ainda não os estudaram. Neste momento o professor deverá lembrá-los que os temas estão relacionados aos circuitos elétricos, que são utilizados no nosso cotidiano e instigá-los a pensar quais relações podem ser estabelecidas entre o significado das palavras e a grandeza física. Incentive-os a expressarem suas ideias sem preocupações com erros ou acertos.

Ao final da aula, os mapas deverão ser recolhidos para serem analisados e depois arquivados, para que no final da aplicação desta sequência didática possam ser revisados e usados como parâmetro de comparação.

3.2 AULA 2: CONDUTORES VERSUS ISOLANTES

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivos: Realizar atividade experimental para indicar materiais condutores e isolantes elétricos. Identificar a função dos elementos que compõe um circuito elétrico. Reconhecer os riscos elétricos e cuidados que devem ser adotados com a eletricidade. Correlacionar os conceitos abordados utilizando simulador educacional.

Introdução:

O método *Hands-on-tec* é uma estratégia pedagógica que surgiu da adaptação da Técnica *Hands-on*, em conjunto com o Método de Resolução de Problemas (RP) e a utilização das Tecnologias Educacionais Móveis (TEM), já a técnica da Instrução pelos Colegas (IpC) elaborada pelo professor Gregor Novak da Universidade de Indiana (EUA) e colaboradores, em 1999 (NOVAK et al., 1999), deriva da Instrução por pares (*Peer Instruction*) (MAZUR, 1997).

A realização de uma atividade *Hands-On-Tec* apresenta um roteiro em fases distintas: Fase 1 - Divide-se em três etapas que são a apresentação, o levantamento de hipóteses e a experimentação; Fase 2 - O professor reúne todos os estudantes em um grande grupo e pede para que os grupos relatem o que pensaram antes do experimento, quais as dificuldades que enfrentaram e como conseguiram resolver o problema; Fase 3 – É dividida em duas etapas: pesquisa na internet e relatório individual.

O método do IpC consiste no estudo e organização de materiais com a elaboração de questões conceituais apresentadas para os alunos discutirem entre si em busca de uma solução, visando promover a aprendizagem por meio da interação entre os alunos. O professor deve abordar brevemente o tema de estudo de forma oral e em seguida apresentar as questões para que os alunos tentem responder, no primeiro momento de forma individual e em seguida discutirem com os colegas. Geralmente são utilizadas questões de múltipla escolha e as respostas coletadas por meio de um sistema de votação, como *flaschcards* (cartões de resposta) ou *clickers* (espécie de controles remotos individuais) que se comunicam por radiofrequência com o computador do professor. Após realizada a votação para a coleta das respostas, os alunos reúnem-se em pares ou pequenos grupos para discutir suas respostas e após

um tempo de interação, o professor realiza uma nova votação para coleta das respostas e comparativo dos resultados antes e após a interação dos alunos.

Dica: Se o professor desejar saber mais sobre o método *Hand-on-tec* poderá realizar a leitura do artigo disponível online¹:

Atividade 2: Desenvolvimento de uma atividade interativa baseada nos métodos ativos de ensino *Hands-on-tec* e Instrução pelos Colegas (IpC), em que é utilizado experimento demonstrativo, simulador e questionário interativo.

Materiais necessários:

- Atividade Experimental 1: circuito elétrico simples – condutores versus isolantes (manual de construção disposto no apêndice B);
- Copos descartáveis e papel toalha;
- Substâncias: café, açúcar, óleo, sal, água da torneira, água destilada, vinagre;
- Simulador Educacional 1 – Condutores versus isolantes, disponibilizado gratuitamente online²;
- Notebook e projetor multimídia;
- Cartões respostas (*flashcards*), desenvolvidos para o aplicativo *Plickers*, disponível online³;
- Smartphone do professor, com o aplicativo *Plickers* instalado.

Procedimento:

Nesta aula será lançado um desafio, por meio da apresentação da Atividade Experimental 1, no formato de uma situação-problema norteadora e aplicada a sequência de passos que compõe a *Hands-on-tec* (apêndice C).

O professor irá organizar os alunos em grupos com 3 a 4 alunos. Em seguida irá apresentar o experimento (Figura 2), expor os materiais e desafiar os alunos a

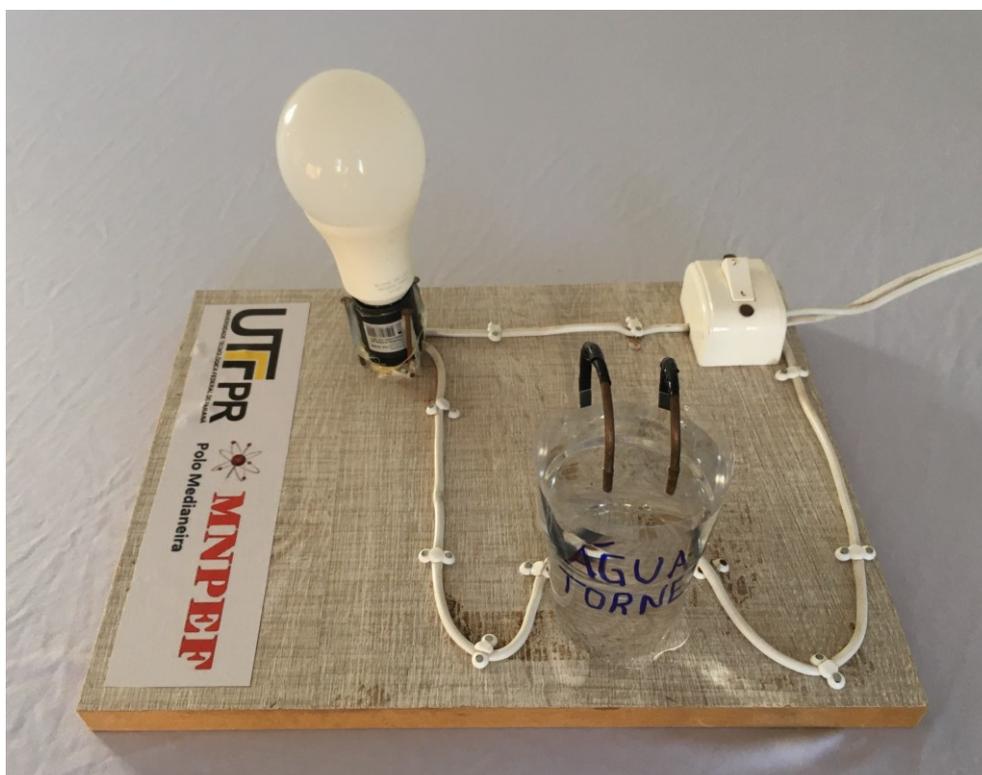
¹ Disponível em: <http://sensores-e.esep.ipp.pt/?p=4968>. Acesso em: 24 mar. 2019.

² Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/electric_conductors_insulators.htm. Acesso em: 17 abr. 2018.

³ Disponível em: <https://www.plickers.com>. Acesso em: 12 nov. 2018.

utilizá-lo para responder a situação-problema proposta, testando o acionamento ou não do circuito por meio das substâncias dispostas nos copos (Fase 1).

Figura 2 – Aparato Experimental 1: Condutores versus Isolantes.



Fonte: A Autora.

Problematização:

Observe o experimento apresentado e utilizando as substâncias disponíveis nos copos plásticos, responda:

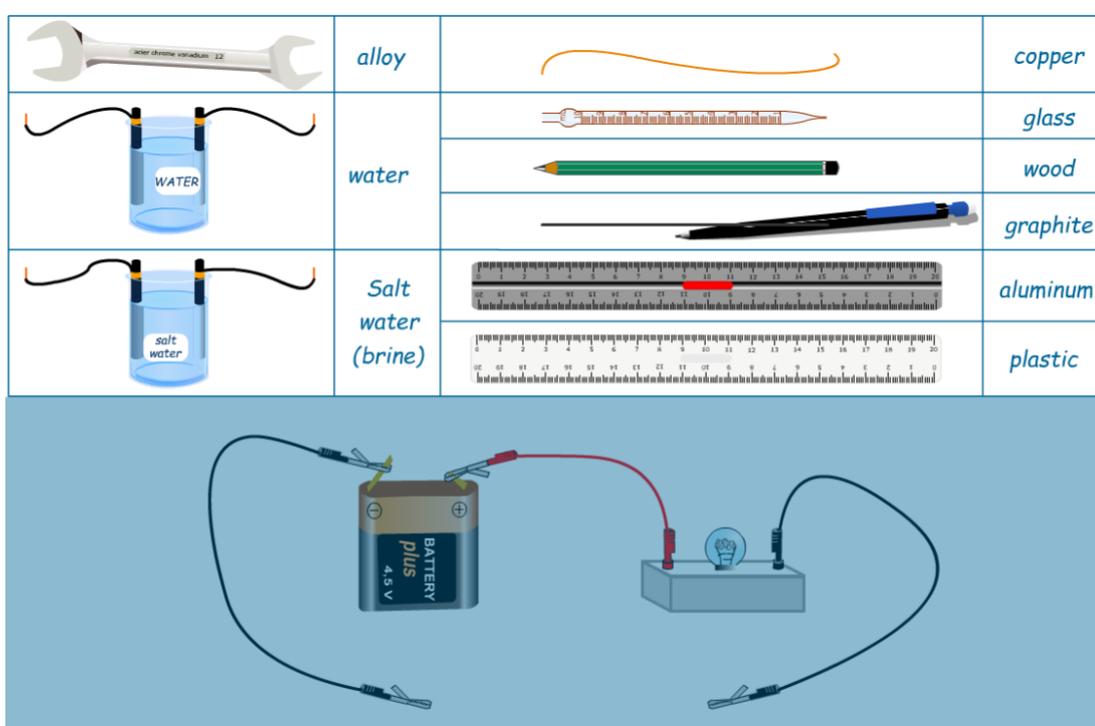
1. É possível fazer a lâmpada acender com alguma destas substâncias?
2. Todos os materiais fazem a lâmpada acender com a mesma intensidade?
3. Que relação pode-se fazer entre os materiais utilizados e o funcionamento do circuito?
4. Quais os cuidados necessários ao manipular um circuito elétrico?

Disponibilizar um tempo de 15 a 20 minutos para que realizem a atividade, façam o levantamento das hipóteses e a tentativa de solucionar o problema apresentado. Solicitar que os grupos mantenham comunicação apenas entre seus integrantes e anatem no caderno suas ideias para solucionar o problema.

Dando sequência, realizar a exposição oral das respostas, para discussão e argumentação entre eles, sobre a forma que encontraram para resolver o problema, as dificuldades apresentadas e a solução (Fase 2).

Após o debate, levar os alunos ao laboratório de informática para uso do Simulador Educacional 1 (Figura 3), orientando-os para que montem um circuito semelhante ao utilizado no experimento e testem outras possibilidades de acendimento da lâmpada (Fase 3). Disponibilizar um tempo aos alunos para se familiarizarem com o simulador e orientá-los quanto ao uso do mesmo.

Figura 3 – Imagem do Simulador Educacional 1: Condutores versus isolantes.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online⁴.

Articular com a turma sobre a importância da compreensão do funcionamento de um circuito elétrico, levando em consideração que nosso cotidiano está integralmente relacionado com interações elétricas.

Para finalizar esta parte da atividade, solicitar que os alunos façam em casa uma pesquisa pela internet sobre os conceitos apresentados, na forma de relatório

⁴ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/electric_conductors_insulators.htm. Acesso em: 17 abr. 2018.

individual no próprio caderno (Fase 3), fazendo um paralelo entre as hipóteses levantadas inicialmente e a forma correta de resolver o problema.

Na aula seguinte, finalizar a atividade usando o método de instrução pelos colegas. Os alunos irão responder o questionário abaixo de forma virtual utilizando cartões respostas (*flashcards*), que possuem um código *QRcode*, desenvolvidos para o aplicativo *Plickers*.

Cada aluno irá receber seu cartão, cadastrado previamente pelo professor na plataforma. Na sequência, estas questões serão expostas no multimídia para que todos possam ver ao mesmo tempo. Ao sinal do professor, todos levantam as placas ao mesmo tempo, para coleta das respostas por meio do aplicativo no seu smartphone.

Questionário sobre condutores, isolantes e riscos elétricos:

1. A respeito de condutores e isolantes elétricos, escolha a opção correta:
 - a) Metais são utilizados como isolantes elétricos.
 - b) O corpo humano é um isolante elétrico.
 - c) Metais são bons condutores de eletricidade.
 - d) Substâncias eletrolíticas se caracterizam como isolantes elétricos.
2. Como são constituídos os cabos utilizados nas instalações elétricas residenciais?
 - a) Possuem uma parte interna condutora envolvida por uma parte externa isolante.
 - b) No seu centro tem um fio isolante e ao redor um tubo condutor.
 - c) São feitos de metais apenas.
 - d) Possuem dois fios um condutor e um isolante ligados paralelamente um ao outro.
3. Com relação a atitudes seguras ao manipular dispositivos elétricos, escolha a alternativa incorreta:
 - a) Tocar em dispositivos elétricos com as mãos e pés molhados ou em condições de suor é perigoso.
 - b) Os aparelhos elétricos devem ser desconectados da tomada antes da limpeza e conserto.

- c) Para desconectar um dispositivo elétrico da rede o ideal é puxar pelo cabo ao invés do *plug*.
 - d) Ativar o interruptor na presença de vazamento de gás é perigoso.
4. Indique qual dos dispositivos abaixo é utilizado nos circuitos elétricos como item de segurança, com a função de interromper a passagem de corrente elétrica:
- a) Pilha.
 - b) Resistor.
 - c) Disjuntor.
 - d) Fio terra.
5. Qual das afirmações abaixo é falsa?
- a) Ao sentir formigamento ao tocar um dispositivo elétrico, o disjuntor deve ser desligado.
 - b) O uso de cabos de extensão e plugues múltiplos (adaptador T) deve ser evitado pelo risco de superaquecimento.
 - c) A conduta imediata a ser adotada no atendimento a uma vítima de choque elétrico é desligar a corrente elétrica antes de tocar na vítima.
 - d) Se o incêndio acontecer em circuitos energizados, o fogo deve ser apagado com água.

Após a coleta de dados de todas as respostas, de todas as perguntas, realizar a exposição na tela dos percentuais de acertos e erros, disponibilizar um tempo para que os alunos formem pares, interajam e tentem convencer uns aos outros sobre a resposta correta para cada questão. Depois de alguns minutos, repetir a exposição do questionário e fazer uma nova coleta de respostas para comparar com a anterior e verificar se houve avanço no resultado apresentado.

Dica: Se o professor ainda não conhece o aplicativo *Plickers*, é interessante pesquisar anteriormente, baixar em seu celular e testar o funcionamento antes de utilizá-lo em sala de aula.

3.3 AULA 3: CORRENTE ELÉTRICA E DIFERENÇA DE POTENCIAL

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Definir o conceito geral de corrente elétrica e diferença de potencial, utilizando vídeos e simulador. Diferenciar corrente contínua de corrente alternada. Entender a relação entre tensão e corrente elétrica, por meio de um comparativo entre o fluxo de cargas em um condutor e o fluxo de água na tubulação de um sistema hidráulico.

Introdução:

No interior dos condutores metálicos há elétrons livres (elétrons de condução), que se movem em direções aleatórias. Porém, se as extremidades do fio condutor forem conectadas a uma bateria, haverá o aumento do número de cargas que atravessam uma seção transversal em um dos sentidos, fazendo surgir então um fluxo líquido de cargas e, portanto, uma corrente elétrica.

A corrente elétrica pode ser definida, portanto, como o movimento ordenado de cargas elétricas e sua intensidade pode ser medida pela quantidade de carga (ΔQ) que flui através da área de seção transversal, no intervalo de tempo (Δt), expressa pela equação 1:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1)$$

A corrente elétrica pode ser classificada em dois tipos: corrente contínua, em que há um fluxo ordenado de elétrons num único sentido mediante a presença de uma diferença de potencial (por exemplo pilhas e baterias) e corrente alternada, em que o sentido do movimento dos elétrons varia no tempo (como nas usinas hidrelétricas).

A diferença de potencial (DDP), também denominada tensão elétrica representa a diferença entre a energia potencial elétrica por unidade de carga que existe entre dois pontos de um sistema qualquer. Nos livros didáticos geralmente é representada por ΔV ou U e pode ser medida por meio de um instrumento chamado Voltímetro. Pode-se dizer que a tensão está relacionada com a força responsável pela movimentação dos elétrons num condutor, sendo que quanto maior for a diferença de potencial em relação a oposição apresentada pelo material (resistência elétrica), maior

será a corrente estabelecida no sistema. Isso é a própria representação da Lei de Ohm:

$$V = Ri \quad (2)$$

Para que possamos compreender este conceito físico de uma forma mais dinâmica, vamos utilizar a analogia com o sistema hidráulico.

Atividade 3: Aula expositiva sobre corrente elétrica utilizando vídeos.

Materiais necessários:

- Notebook e projetor multimídia;
- Vídeo 1 – As fontes da corrente, disponibilizado online⁵;
- Vídeo 2 – Entre o mais e o menos, disponibilizado online⁶;
- Vídeo 3 – Corrente alternada, disponibilizado online⁷.

Procedimento:

A apresentação deste conceito será feita por meio de 3 vídeos da série de televisão francesa de divulgação científica: *Voyage en Electricite*, traduzida para o Português, exibida a partir de outubro de 1996.

Após a exposição dos vídeos, reunir os alunos em grupos com 3 a 4 alunos, que deverão responder as seguintes questões:

1. Quais as condições para o surgimento da corrente elétrica?
2. De onde vem a energia que se transforma em elétrica? Quais as fontes da corrente?
3. Você consegue explicar de que forma a luz é produzida em uma lâmpada?
4. O que significa corrente contínua e corrente alternada?
5. Para que serve um alternador de usina de geração de energia elétrica?

⁵ Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_q7IJgFm6Og. Acesso em: 05 mar. 2018.

⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=IUgS7Uw-qBI>. Acesso em: 05 mar. 2018.

⁷ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lbehmBhDrFA>. Acesso em: 05 mar. 2018.

Aguardar um tempo para que eles respondam e depois fazer a exposição oral, debatendo sobre as respostas com a turma, fazendo as correções necessárias. Concluída esta etapa, explorar a relação entre tensão e corrente elétrica.

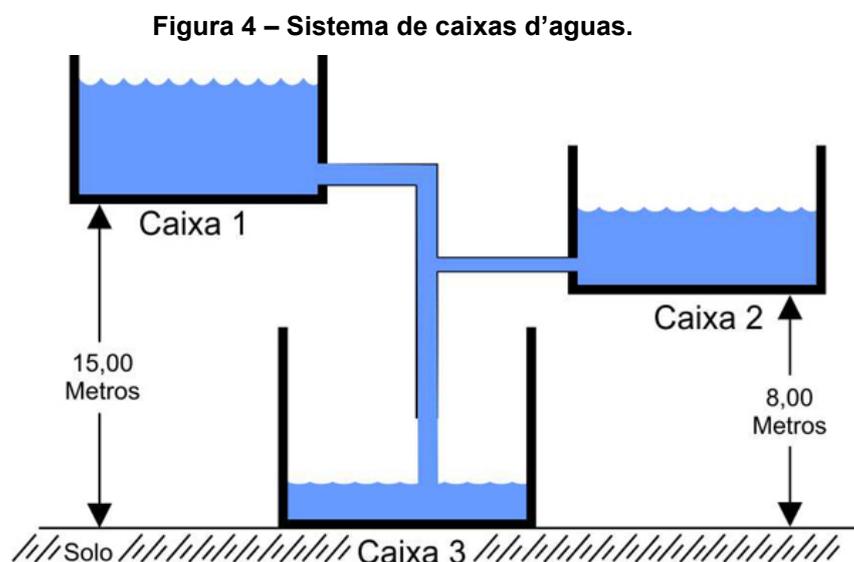
Atividade 4: Atividade interativa fazendo uso do Simulador Educacional 2.

Materiais necessários:

- Notebook e projetor multimídia;
- Simulador Educacional 2: Analogia hidráulica – Tensão versus corrente, disponibilizado gratuitamente online⁸.

Procedimento:

Para apresentação deste conceito será utilizada a Figura 4, que representa três caixas d'água, ilustrando analogamente o que significa uma diferença de potencial elétrico e como ocorre o fluxo de cargas elétricas no interior de um condutor metálico.



Fonte: Blog Master Walker Shop, online⁹.

⁸ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/hydraulic_analogy_difference_voltage_curren.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

⁹ Disponível em: <http://blogmasterwalkershop.com.br/electronica/componentes-ativos-geradores-de-energia/>. Acesso em: 04 jun. 2019.

Ao fazer a projeção da imagem acima, solicitar que os alunos pensem e tentem responder as seguintes questões:

1. Por que as caixas d'água são instaladas nos pontos mais altos de uma edificação?
2. De que forma ocorre o fluxo de água pela tubulação hidráulica?
3. O que acontece com o fluxo de água se a tubulação sofrer variação de espessura, de mais "grossa" para mais "fina" por exemplo?
4. Qual a relação que pode haver entre o fluxo de água nos canos e o fluxo de cargas em um condutor de eletricidade?

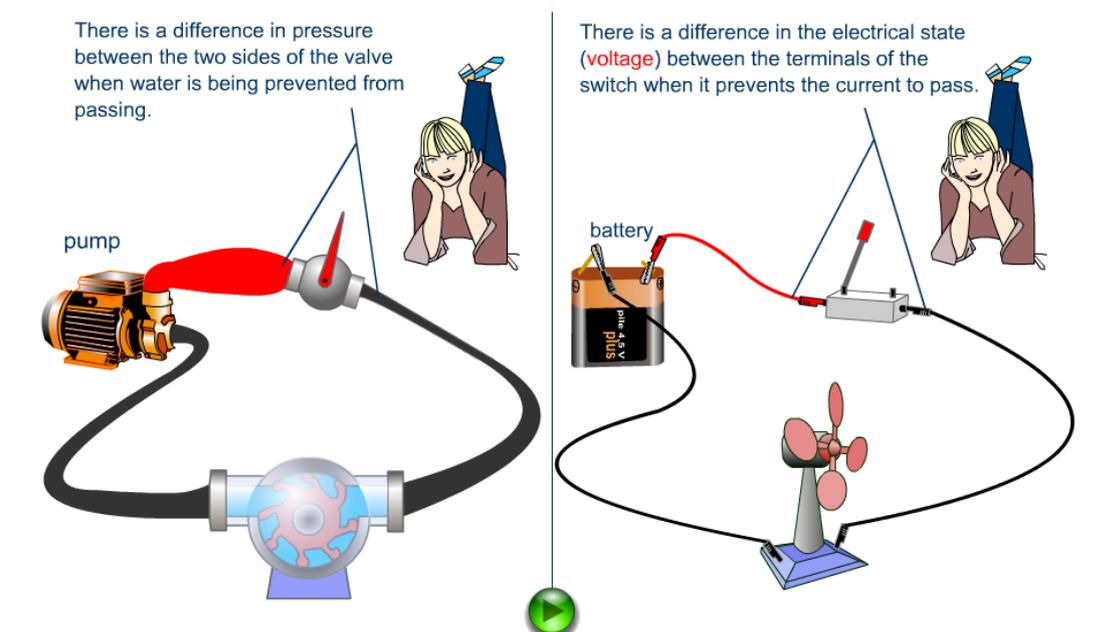
Aguardar um tempo para que reflitam e tentem elaborar respostas para as perguntas partindo de seus conhecimentos prévios. Posteriormente promover a exposição das ideias de forma oral, sem fazer qualquer intervenção na apresentação das respostas.

Finalizada essa etapa, exibir no projetor, o Simulador Educacional 2 – Analogia Hidráulica – Voltagem x tensão.

Dica: O professor pode consultar previamente a tradução do texto para guiar os alunos durante a simulação.

Na tela inicial do simulador irá aparecer o enunciado: Qual a diferença entre tensão e corrente? Para compreender, vamos comparar dois circuitos: um hidráulico e um elétrico. Seguindo para a próxima tela aparecerá a imagem apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Imagem do simulador educacional 2: Analogia hidráulica – Tensão versus corrente.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁰.

Na esquerda da imagem temos a afirmação: “*Há uma diferença de pressão entre os dois lados da válvula quando a água está sendo impedida de passar.*” Na direita da imagem é dito: “*Há uma diferença de potencial entre os terminais do interruptor quando a corrente está impedida de passar.*” Basicamente as afirmativas são iguais, porém para sistemas diferentes.

Importante: Neste momento o professor deverá fazer um paralelo entre aquilo que os alunos apresentaram como respostas lá no questionário prévio e o que pode ser observado no simulador.

Seguindo para os próximos passos, o simulador apresenta a análise comparativa entre os dois sistemas:

- A bomba gera uma diferença de pressão entre a entrada e a saída de água. A bateria gera uma diferença de potencial entre os terminais negativo e positivo (DDP, ou tensão elétrica).

¹⁰ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/hydraulic_analogy_difference_voltage_current.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

- Enquanto o registro hidráulico estiver fechado, a água não circula, mas ainda está nas tubulações do circuito. Enquanto a chave estiver aberta, a corrente não circula, mas os portadores de cargas ainda estão presentes nos condutores do circuito.

- No caso hidráulico a água flui da pressão mais alta para a mais baixa. Já no circuito elétrico, a corrente flui do terminal positivo para o negativo.

- Com o registro aberto, não há diferença de pressão entre os dois lados da válvula, que agora atua como um tubo. Com a chave fechada, não há diferença de tensão entre os dois lados do interruptor, que agora atua como um fio de conexão.

- Ainda há uma diferença na pressão entre os lados da bomba e uma diferença de tensão entre os terminais da bateria, mas em ambos os casos o valor é menor.

- Existe a mesma diferença de pressão entre os lados da turbina e os lados da bomba. Existe a mesma voltagem nos terminais do ventilador e na bateria.

- Com o hidrômetro e cronômetro podemos medir a quantidade de água por segundo através da turbina: isso se chama vazão. Com um amperímetro, podemos medir a quantidade de portadores de carga que atravessa o ventilador por segundo: isso é chamado de intensidade da corrente.

Para finalizar a aula, o professor poderá recapitular as questões propostas e debater sobre as respostas com a turma, fazendo as correções necessárias.

3.4 AULA 4: MULTÍMETRO

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Entender como deve ser utilizado o multímetro para as medidas de tensão, corrente e resistência elétrica fazendo uso de simuladores educacionais. Montar circuitos elétricos de forma virtual e realizar medidas de tensão e corrente elétrica.

Introdução:

O Multímetro é um instrumento de medida utilizado em experimentos de eletricidade, que envolve montagem de circuito e medidas de diferença de potencial (tensão), resistência e de corrente elétrica.

Este aparelho pode ser utilizado como instrumento de medida para três funções diferentes:

1. Ohmímetro: para medida de resistência elétrica.
2. Voltímetro: para medida de diferença de potencial (tensão) entre dois pontos de um circuito elétrico.
3. Amperímetro: para medida de intensidade de corrente elétrica em um ramo do circuito.

A intenção desta aula é usar o simulador para que o estudante se familiarize com estes instrumentos e entenda seu funcionamento.

Atividade 5: Aula demonstrativa/interativa sobre o funcionamento dos instrumentos de medidas utilizados nos experimentos de eletricidade.

Materiais necessários:

- Simulador Educacional 3 – Multímetro – Medição de tensão, corrente e resistência elétrica, disponibilizado gratuitamente online¹¹;
- Simulador Educacional 4 – Lei das tensões de Kirchhoff – 2 Lâmpadas, disponibilizado gratuitamente online¹²;

¹¹ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/multimeter.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

¹² Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Voltage_1.htm. Acesso em: 29 abr, 2019.

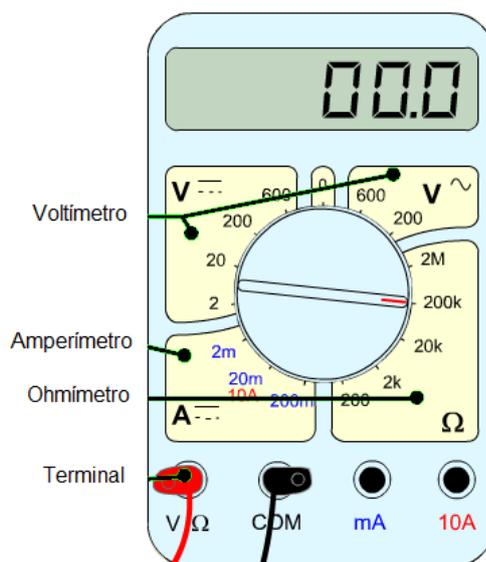
- Simulador Educacional 5 – Lei da corrente de Kirchhoff – 1 lâmpada e 1 resistor, disponibilizado gratuitamente online¹³.

Procedimento:

Levar os alunos para o laboratório de informática, munido de multímetros para mostrar a eles (caso tenha disponível). Expôr verbalmente o que são e para que servem. Depois distribuir o material, orientando que observem e manuseiem os instrumentos.

Posteriormente, dividir os alunos em grupos, conforme a necessidade em relação ao número total de computadores (grupos com 2 ou 3 alunos). Solicite que abram os simuladores indicados acima. Na tela inicial do Simulador Educacional 3 irá aparecer uma imagem semelhante à Figura 6, que demonstra as funções que o Multímetro pode exercer, para ilustrar aquilo que já foi explicado anteriormente.

Figura 6 – Imagem do simulador educacional 3: Multímetro.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁴.

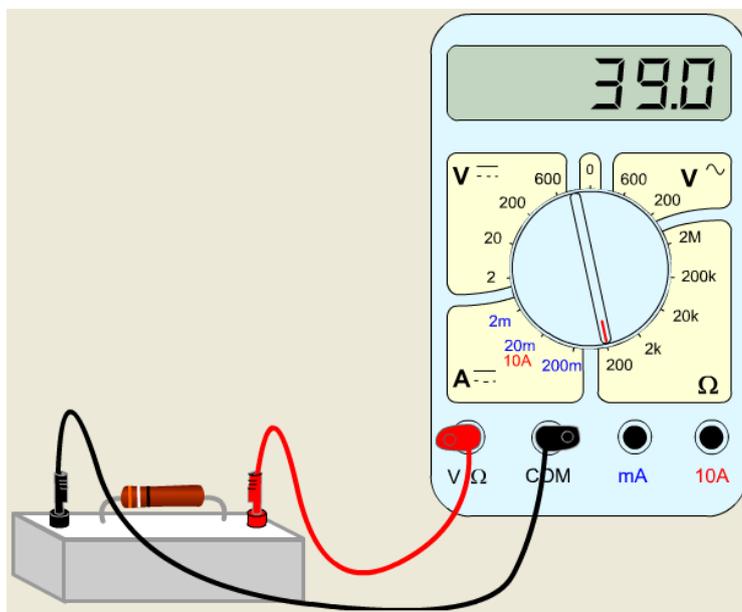
Indicar que para realizar medida de resistência elétrica, por exemplo, o multímetro deve ser ligado na função Ohmímetro, regulado na maior escala de medida

¹³ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Current.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

¹⁴ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/multimeter.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

e ligado diretamente aos terminais do resistor. O circuito não deve estar energizado. A escala deve ser reduzida até atingir a maior precisão da medida, conforme podemos observar na Figura 7.

Figura 7 – Imagem do simulador educacional 3: Medida de resistência elétrica.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁵.

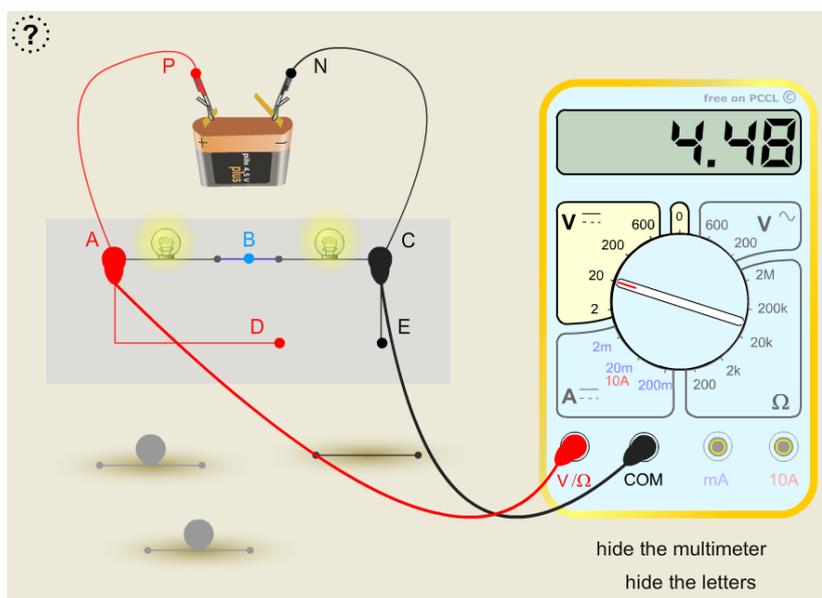
Seguindo para a próxima etapa, no simulador educacional 4, temos a possibilidade de montar um circuito elétrico e fazer a medida da tensão em seus terminais. Solicitar para que os alunos tentem realizar esta tarefa sem a sua ajuda, de modo intuitivo, apenas interagindo como os colegas do grupo.

Dica: Se os alunos apresentarem muita dificuldade, orientá-los que clicando no símbolo “?” que aparece no canto esquerdo superior da tela irá aparecer as instruções de como montar o circuito passo a passo.

¹⁵ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/multimeter.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

A imagem da tela ilustrada abaixo, indica o circuito montado.

Figura 8 – Imagem do simulador educacional 4: Medida de tensão.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁶.

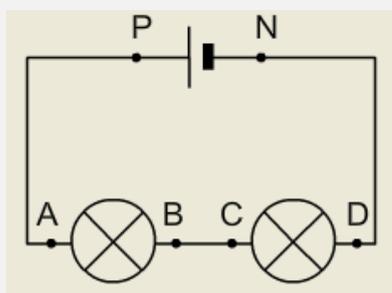
As instruções da atividade proposta sobre Lei das malhas estão disponíveis abaixo:

Lei das tensões de Kirchhoff – 2 lâmpadas

- Conexão em Série

1. Monte este circuito no simulador:

Figura 9 – Imagem da tela do simulador educacional 5.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁷.

¹⁶ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Voltage_1.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

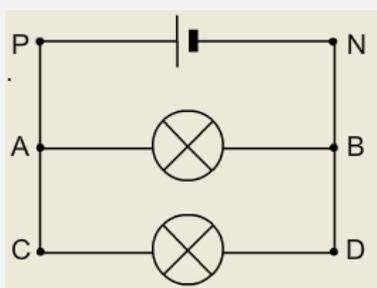
¹⁷ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Voltage_3.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

2. Meça e anote V_{PN} , V_{AB} , V_{CD} e V_{AD} .
3. Compare V_{AD} , V_{PN} e $(V_{AB} + V_{CD})$.
4. Escreva uma conclusão.

- Conexão em Paralelo

5. Monte este circuito no simulador:

Figura 10 – Imagem da tela do simulador educacional 5.



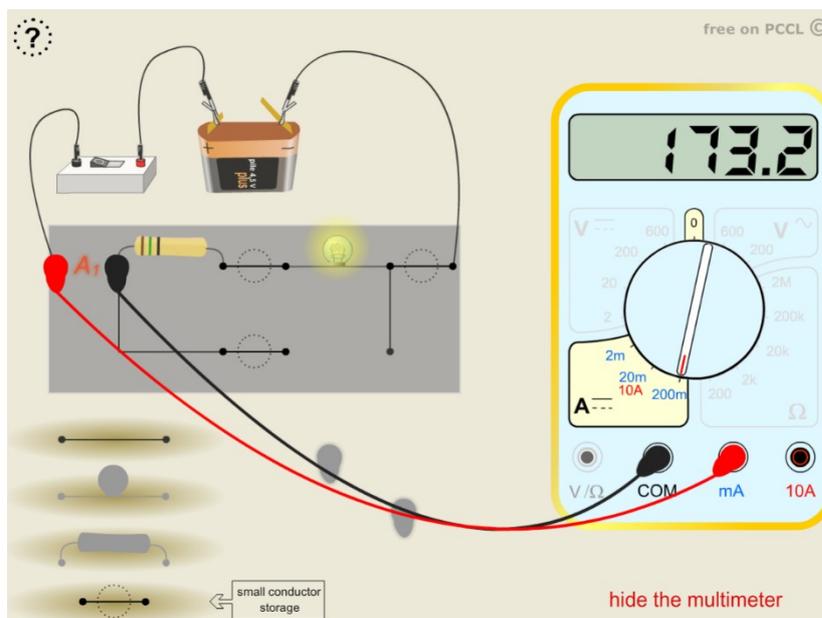
Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁸.

6. Meça e anote V_{PN} , V_{AB} e V_{CD} .
7. Compare os resultados.
8. Escreva uma conclusão.

Para finalizar a aula, pedir para que realizem as montagens dos circuitos propostas no simulador educacional 5, podendo utilizar a mesma para avaliar se os conceitos apresentados foram significativos para os alunos. Neste simulador, as medidas a serem realizadas são de corrente elétrica, ou seja, o multímetro deverá ser ligado na função amperímetro, e portanto, conectado em série no circuito. Fazer o acompanhamento por meio da observação direta nos grupos verificando como se dará o desenvolvimento da atividade.

¹⁸ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Voltage_3.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

Figura 11 – Imagem do simulador educacional 5: Medida de corrente elétrica.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁹.

As instruções da atividade proposta sobre Lei dos Nós estão disponíveis abaixo:

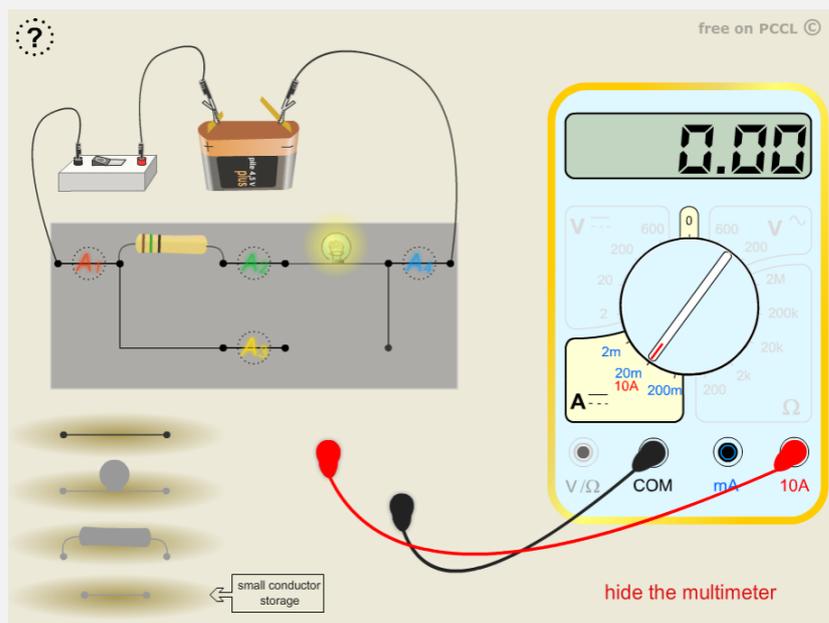
Lei da corrente de Kirchhoff – 1 lâmpada e 1 resistor

- Conexão em Série

1. Conecte a lâmpada e o resistor em série (não use o condutor longo). Faça a representação esquemática do circuito elétrico.
2. Meça e anote i_1 , i_2 e i_4 .
3. Compare as correntes medidas e escreva uma conclusão.

¹⁹ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Current.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

Figura 12 – Imagem da atividade Lei dos Nós: Medida de corrente elétrica.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online²⁰.

- Conexão em Paralelo
4. Conecte a lâmpada e o resistor em paralelo. Faça a representação esquemática do circuito elétrico (use o condutor longo para completar o circuito).
 5. Meça e anote i_1 , i_2 , i_3 e i_4 .
 6. Compare i_1 e $(i_2 + i_3)$.
 7. Compare $(i_2 + i_3)$ e i_4 .
 8. Compare i_1 (...saída da bateria) e i_4 (...entrada).
 9. Escreva uma conclusão.

²⁰ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Current.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

3.5 AULA 5: ANALOGIA DA RESISTÊNCIA ELÉTRICA E SISTEMA MECÂNICO

Tempo estimado: 1 hora-aula (45 minutos).

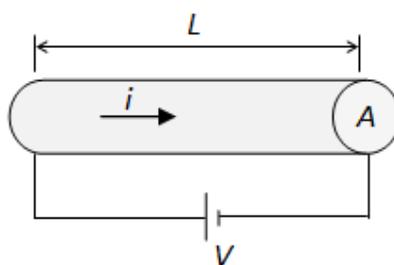
Objetivo: Identificar e definir o conceito de resistência elétrica fazendo a analogia de um sistema mecânico representativo. Desenvolver a capacidade de interpretação e o senso de análise contextual.

Introdução:

A resistividade elétrica ρ é uma característica intrínseca de um material e possui unidade ohm vezes metro ($\Omega \cdot m$) no Sistema Internacional (SI). Um condutor perfeito deveria ter resistência igual à zero, e um isolante perfeito deveria ter resistência infinita. Os metais e ligas metálicas são materiais com menor resistividade, ou seja, melhores condutores. A resistividade de um isolante é cerca de 10^{22} vezes mais elevada do que a resistividade de um condutor.

Suponha um fio condutor de comprimento L e seção reta uniforme de área A , como indicado na Figura 13. Seja V a DDP entre as extremidades e i a corrente elétrica ao longo do fio. A medida que a corrente elétrica flui no fio, ocorre perda de energia potencial elétrica: essa energia é transferida aos íons do material condutor durante as colisões.

Figura 13 – Condutor com seção reta uniforme de área A e comprimento L .



Fonte: A Autora.

A razão entre V e i é denominada de resistência elétrica R :

$$R = \frac{V}{i} \quad (3)$$

A relação entre a resistência elétrica (R), a resistividade elétrica (ρ), o comprimento do fio (L) e a área da seção reta do fio (A), é dada por:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (4)$$

Pode-se observar na Equação 4 que a resistência de um condutor com seção reta uniforme é diretamente proporcional ao comprimento do fio e inversamente proporcional à área de sua seção reta. Ela também é proporcional a resistividade elétrica do material com o qual o condutor é feito.

Atividade 6: Apresentar o conteúdo resistência elétrica utilizando a atividade experimental 2 - modelo mecânico do resistor.

Materiais necessários:

- Placas de madeira ou MDF;
- Pregos;
- Martelo;
- Régua e pincel (canetinha);
- Bolinhas de rolamento.

Procedimento:

O aparato experimental, representado pela Figura 14, deve ser levado para sala de aula no intuito de demonstrar de forma análoga a resistência elétrica nos condutores metálicos.

Figura 14 – Aparato experimental 2: Resistor Mecânico



Fonte: A Autora.

O experimento é demonstrativo, portanto, a ideia é introduzir o conteúdo de forma oral, fazendo um paralelo entre o que ocorre com um elétron que se move em um condutor e as bolinhas que descem através da rampa.

O encaminhamento deve ser feito da seguinte forma: Levar o aparato para a sala de aula e realizar a demonstração para observação dos alunos. Depois organizá-los em pequenos grupos para responder as seguintes questões:

1. Faça um comparativo entre o movimento das bolinhas durante a descida pela rampa e o movimento dos elétrons no interior de um condutor metálico. Você consegue estabelecer alguma semelhança entre as duas situações?
2. Qual grandeza física está representada pela inclinação da rampa?
3. De que maneira você pode proceder para fazer com que as bolinhas cheguem mais rápido ou mais lentamente até a base.
4. Todas as bolinhas soltas na parte superior chegam até o final do percurso? Por que isso ocorre?

Posteriormente realiza-se a discussão das respostas no grande grupo para a conclusão da atividade.

A ideia é que os alunos consigam identificar a resistência elétrica que, no caso, será representada pela colisão que as bolinhas sofrem com os pregos ao longo da descida, causando dissipação de energia de forma térmica (Efeito Joule). A dissipação do calor pode ser sentida pelo toque nos pregos. De forma comparativa, os pregos representam os átomos dispostos ao longo de um fio condutor e as bolinhas os elétrons livres que compõe a corrente elétrica que percorre esse condutor.

Após esta atividade inicial, realizar a exposição no quadro dos conceitos de Resistência e Resistividade elétrica.

3.6 AULA 6: RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA

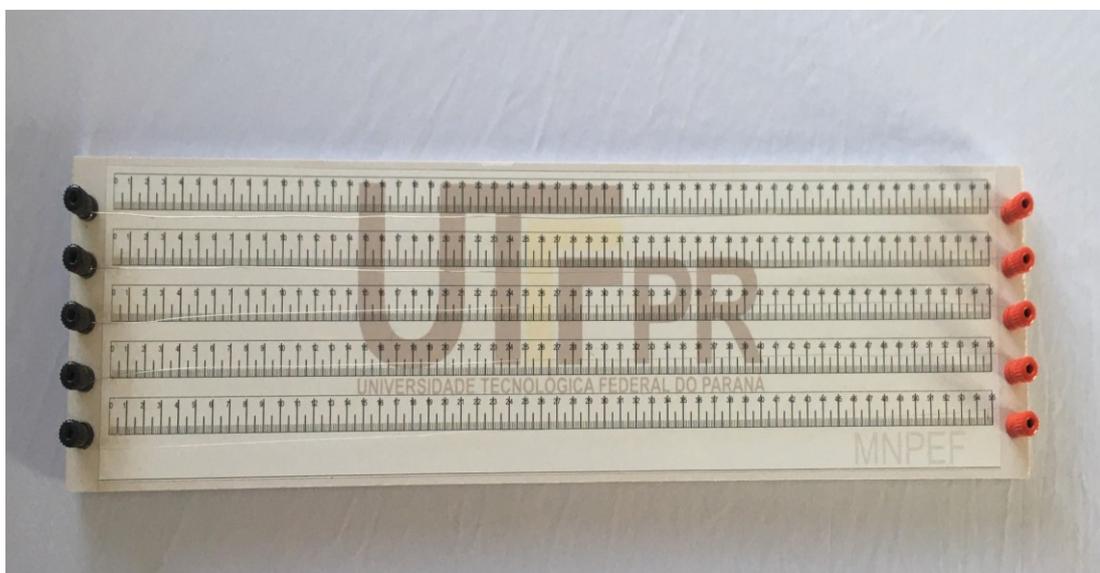
Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivos: Determinar de forma experimental a relação entre resistência elétrica, o comprimento (L) e a área da seção reta (A) do fio condutor homogêneo. Obter o valor da resistividade elétrica de um fio constituído por uma liga metálica. Representar graficamente a resistência do material.

Introdução:

Nesta aula será desenvolvida a atividade experimental 3, utilizando o aparato apresentado na Figura 15, para medidas de resistência e resistividade elétrica (conceitos abordados na aula anterior). Também será utilizado o simulador educacional 6, que possibilita a visualização da relação de proporcionalidade entre as grandezas resistência, resistividade, comprimento do fio e área da seção transversal. O roteiro da atividade experimental está contido no Apêndice D.

Figura 15 – Aparato experimental 3



Fonte: A Autora.

Atividade 7: Realizar medidas de resistência elétrica de um fio condutor (atividade experimental 3) e visualizar a relação de proporcionalidade entre as grandezas envolvidas por meio do simulador educacional 6.

Materiais necessários:

- Fios resistivos de 50 centímetros de comprimento com diâmetros diferentes (foi utilizado fio níquel cromo 80/20 AWG: 25, 27, 29, 31 e 33);
- Multímetro;
- Cabos de conexão;
- Trena;
- Micrômetro;
- Computador e projetor multimídia;
- Simulador Educacional 6 – Resistência em um fio, disponibilizado gratuitamente online²¹.

Procedimento:

Nesta aula o professor deverá organizar os alunos em grupos com 3 a 4 alunos, distribuir os materiais e solicitar que sigam as instruções e desenvolvam as questões propostas abaixo.

Instruções:

1. Ajuste o multímetro para funcionar como Ohmímetro.
2. Meça o valor da resistência ôhmica de cada um dos fios para os seguintes comprimentos: 0, 10, 20, 30, 40 e 50 centímetros. Preencha a Tabela 1 com as medidas experimentais.
3. Com o micrômetro, meça o diâmetro de cada um dos fios e anote o valor no Quadro 2.

Dica: Se a escola não possuir um micrômetro, o professor pode fornecer os dados dos diâmetros para os alunos, baseado na indicação do fabricante, disposta no rótulo da embalagem dos fios.

²¹ Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_pt_BR.html. Acesso em: 10 jun. 2019.

Quadro 2 - Resistência elétrica para diferentes comprimentos dos fios.

L (m)	Fio 1 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ R (Ω)	Fio 2 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ R (Ω)	Fio 3 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ R (Ω)	Fio 4 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ R (Ω)	Fio 5 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ R (Ω)
0,00					
0,10					
0,20					
0,30					
0,40					
0,50					

Fonte: A Autora.

4. Utilizando os dados do Quadro 2, preencha o Quadro 3.

Quadro 3 – Resistência e área da seção reta dos fios resistivos.

Condutor utilizado	Diâmetro (mm)	Área A da seção transversal do resistor (m^2)	$1/\text{Área}$ (m^{-2})	Resistência (Ω) $L = 0,50$ m
Fio 1				
Fio 2				
Fio 3				
Fio 4				
Fio 5				

Fonte: A Autora.

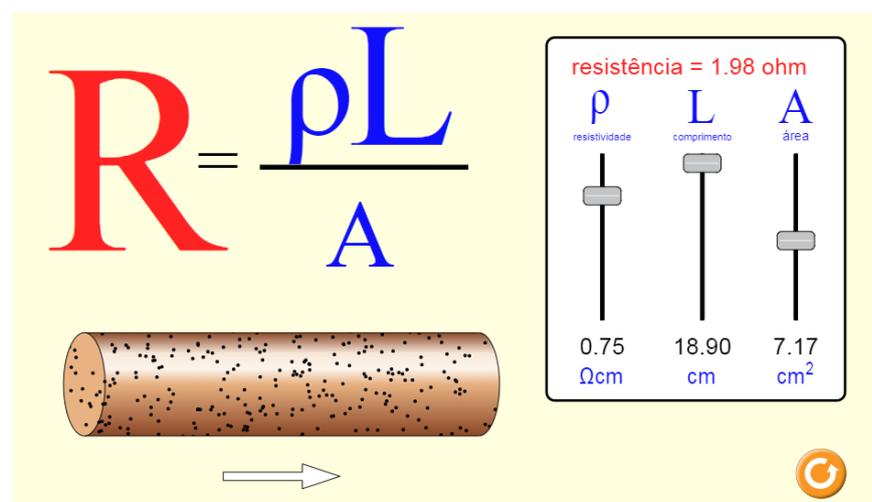
Questões:

1. Com base nos dados contidos no Quadro 2, confeccione cinco gráficos da resistência elétrica em função do comprimento do fio (R versus L).
2. Qual a forma das curvas encontrada nos gráficos? O que se pode concluir a respeito da relação entre a resistência elétrica R e o comprimento dos fios condutores L ?
3. Com os dados do Quadro 3, construa o gráfico R versus $1/A$.
4. Qual a forma da curva encontrada no gráfico? O que se pode concluir a respeito da relação entre a resistência elétrica R e a área da seção transversal do fio condutor A ?
5. Por meio dos gráficos, obtenha o valor da resistividade elétrica de cada um dos fios. Calcule a média e desvio percentual dos valores obtidos para a resistividade elétrica do material.

Importante: Para responder as questões da atividade o aluno necessita ter conhecimentos prévios sobre construção gráfica, cálculo de média e desvio percentual. Caso perceba que a turma apresenta dificuldades, retomar esses conceitos ou como sugestão, realizar a atividade em conjunto com o professor de Matemática, de maneira interdisciplinar.

Para finalizar a atividade e auxiliar os alunos na análise e interpretação dos dados coletados por meio do experimento, apresentar a eles no projetor, o simulador educacional 6 (Figura 16) que possibilita observar as alterações da resistência elétrica em um fio, por meio das variações de resistividade, comprimento e área da seção transversal do fio. Além disto, este recurso propicia a visualização destas variações de maneira direta, conforme a regulagem efetuada no simulador.

Figura 16 – Imagem do simulador educacional 6: Resistência de um fio condutor.



Fonte: *Phet Interactive Simulations, online*²².

Esta atividade pode tomar um pouco mais de tempo na parte da elaboração dos gráficos. No entanto, o professor pode solicitar que os alunos desenvolvam a parte gráfica em casa e realizar a discussão dos resultados na aula seguinte, juntamente com a coleta dos relatórios desenvolvidos para correção.

²² Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_pt_BR.html. Acesso em: 10 jun. 2019.

3.7 AULA 7: RESISTORES E CÓDIGO DE CORES

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivos: Utilizar a placa de ensaio e o multímetro para medida de resistência elétrica. Realizar a leitura da resistência nominal de diferentes resistores, fazendo uso do quadro com o código de cores. Familiarizar-se com as escalas de medidas do multímetro.

Introdução:

Resistores são dispositivos eletrônicos que têm por finalidade transformar energia elétrica em energia térmica. Os resistores oferecem uma oposição à passagem de corrente elétrica. A essa oposição damos o nome de resistência elétrica que possui como unidade o ohm (Ω). Os múltiplos mais usados são o quilo-ohm ($1\text{ K}\Omega = 10^3\ \Omega$) e o megaohm ($1\text{ M}\Omega = 10^6\ \Omega$).

Os resistores podem ser classificados em dois tipos: fixos e variáveis. Os fixos são aqueles cujo valor da resistência não pode ser alterado. As variáveis têm a sua resistência modificada, dentro de uma faixa, por meio de um cursor móvel.

Os resistores fixos são especificados por três parâmetros: o valor nominal da resistência elétrica, a tolerância (máxima variação em porcentagem do valor nominal) e a máxima potência dissipada. Para a leitura do valor nominal e tolerância é utilizado o código de cores que pode ser observado no Quadro 4. A ausência da faixa de tolerância indica que esta é de $\pm 20\%$.

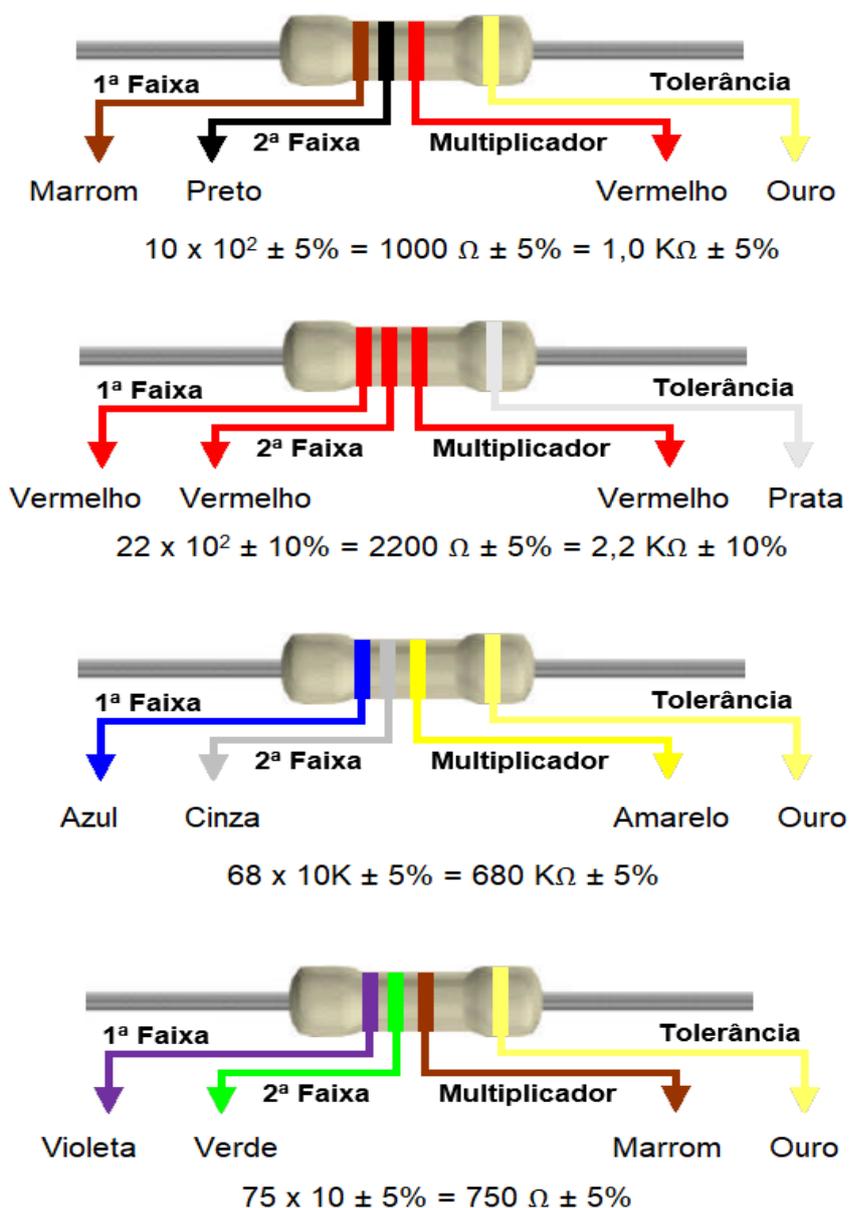
Quadro 4 – Código de cores de um resistor.

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	Fator Multiplicador		Tolerância
Preto	0	0	1	1	
Marrom	1	1	10	10	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	100	100	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	1K	1.000	
Amarelo	4	4	10K	10.000	
Verde	5	5	100K	100.000	
Azul	6	6	1M	1.000.000	
Violeta	7	7	10M	10.000.000	
Cinza	8	8	100M	100.000.000	
Branco	9	9	1G	1.000.000.000	
Ouro				0,1	$\pm 5\%$
Prata				0,01	$\pm 10\%$
Branco					$\pm 20\%$

Fonte: A Autora.

Na Figura 17 estão dispostos alguns exemplos de leitura da resistência nominal utilizando o código de cores.

Figura 17 – Exemplos de leitura do código de cores.



Fonte: A Autora.

Uma placa de ensaio (ou *protoboard*) é uma placa com orifícios e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos experimentais. Esta placa permite a montagem de circuitos elétricos sem a necessidade de soldar os componentes eletrônicos. Desta forma, é muito utilizada no desenvolvimento de protótipos. Na

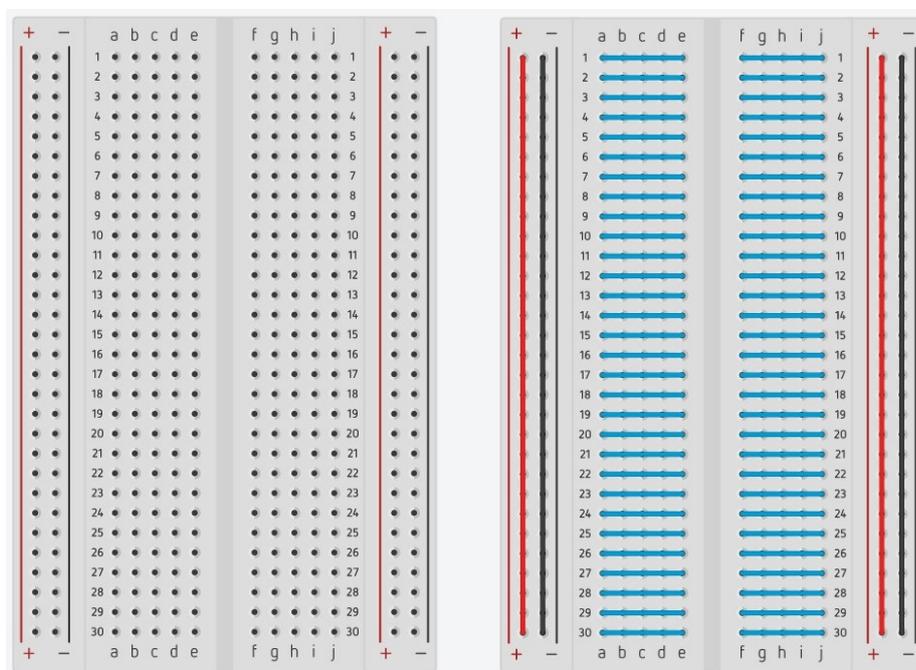
Figura 18 pode ser observado um exemplo de placa de ensaio e a representação das conexões internas.

Observe que os orifícios são dispostos em linhas e colunas. As colunas encontram-se nas extremidades da placa e as linhas ao centro. Os orifícios das colunas estão conectados entre si (em uma mesma coluna) e eletricamente independentes, isto é, não há conexão elétrica entre os furos de uma coluna e de outra. Geralmente são destinadas à alimentação elétrica.

As linhas são formadas por cinco furos cada uma e é destinada para montagem dos componentes eletrônicos. Os cinco furos de uma mesma linha estão conectados internamente por um condutor. Os orifícios de uma linha não possuem conexões internas com os de outras linhas. Verifique que a *proto board* possui um grupo de linhas dispostas a esquerda da cavidade central e outro grupo a direita. Esta parte central é utilizada para montagem de circuito integrado.

Após a introdução dos conceitos, será desenvolvida a atividade experimental descrita no roteiro disposto no apêndice E.

Figura 18 – Conexões internas da placa de ensaio.



Fonte: A Autora.

Atividade 8: Apresentar diversos resistores e realizar leitura do código de cores e medida da sua resistência elétrica com o multímetro (atividade experimental 4).

Materiais necessários:

- Multímetro;
- Notebook e projetor multimídia;
- Placa de ensaio;
- Resistores de valores diversos.

Procedimento:

Para esta atividade o professor deverá primeiramente trabalhar a parte conceitual, que pode ser feita por meio de slides para depois realizar a prática experimental. É necessário ter disponível conjuntos de resistores de diferentes valores de resistência, previamente separados e organizados em pequenos pacotes. Se tiver disponibilidade utilizar placas de ensaio para fixação dos resistores. Trabalhar com grupos com 3 a 4 alunos. Após distribuir os materiais, solicitar que os alunos desenvolvam a atividade conforme as instruções abaixo e respondam as questões.

Dica: O simulador educacional 4 pode ser utilizado pelo professor junto com o projeto multimídia para relembrar os alunos como utilizar o ohmímetro.

Instruções:

1. Faça a leitura de cada resistor e anote no Quadro 4: a sequência de cores, o valor nominal e de tolerância.
2. Utilize a placa de ensaio como base de fixação dos resistores. Meça a resistência de cada resistor com o ohmímetro e anote os valores no Quadro 4. Em cada medida, altere a chave seletora até encontrar o valor com maior precisão. Anote também a posição da escala em que a medida foi realizada.

Questões:

1. Compare os valores medidos com os valores nominais. Calcule o desvio percentual e anote no Quadro 5.

$$\delta R = \left| \frac{R_n - R_m}{R_n} \right| 100\% \quad (5)$$

2. Compare δR com a tolerância do resistor e tire suas conclusões.

Quadro 5 – Leitura da resistência utilizando o código de cores e o ohmímetro.

Res.	Sequência de cores				Valor nominal e tolerância	Valor medido (R_m)	Posição da escala	δR
	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4				
R ₁								
R ₂								
R ₃								
R ₄								
R ₅								
R ₆								
R ₇								
R ₈								
R ₉								
R ₁₀								

Fonte: A Autora.

Esta atividade é relativamente simples, mas muito importante para que o aluno consiga diferenciar os resistores entre si e aprender a identificar sua função nos circuitos elétricos.

Para finalizar, oportunizar um momento de interação entre os grupos para compararem suas respostas no intuito de perceberem se houve diferença nas leituras realizadas e porque isso pode ter ocorrido.

3.8 AULA 8: ELEMENTOS RESISTIVOS LINEARES E NÃO LINEARES

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivos: Distinguir elementos resistivos lineares e não lineares, por meio da determinação experimental de suas curvas características. Manusear adequadamente o multímetro como ohmímetro, voltímetro e amperímetro. Obter a Lei de Ohm de forma experimental.

Introdução:

Sabemos que os corpos oferecem dificuldade à passagem de corrente elétrica. A característica de um condutor que é relevante nesta situação é a resistência elétrica (R). Podemos determinar de uma forma indireta, a resistência de um condutor por meio da equação da razão entre a diferença de potencial (DDP) entre os seus extremos e a intensidade da corrente que o atravessa ($R = V/i$). É frequente ouvir a afirmação de que esta equação é uma expressão matemática da Lei de Ohm. Isso não é verdade! Essa equação é usada para definir o conceito de resistência e se aplica a todos os dispositivos que conduzem corrente elétrica, mesmo que não obedeçam a Lei de Ohm.

A Lei de Ohm é a afirmação de que a corrente que atravessa um dispositivo é sempre diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada ao dispositivo.

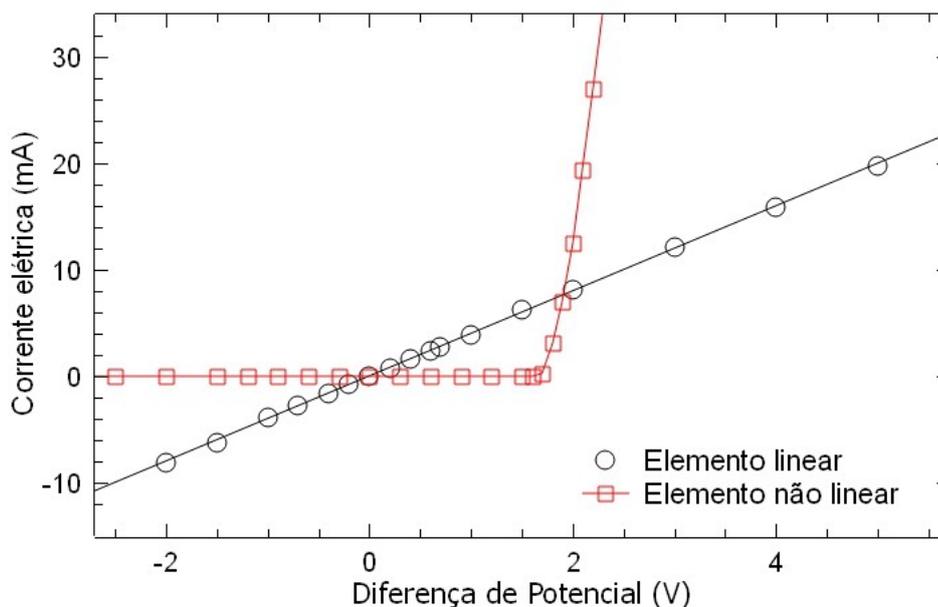
Elemento resistivo linear ou ôhmico é aquele para o qual a razão entre a diferença de potencial aplicada e a intensidade de corrente que o atravessa é constante. A sua curva característica é linear, como mostrado na Figura 19.

A microeletrônica moderna, e, portanto, boa parte de nossa tecnologia atual, depende quase totalmente de dispositivos que não obedecem à lei de Ohm. Uma calculadora de bolso, por exemplo, contém vários desses dispositivos.

Elemento resistivo não linear é aquele para o qual a razão entre a diferença de potencial aplicada e a intensidade da corrente que o atravessa não é constante. Isto significa que a curva característica desses elementos não é uma reta (Figura 19), o que implica em uma variação da resistência do elemento. Em cada ponto define-se então uma resistência aparente que é a razão entre a diferença de potencial e a corrente elétrica.

Este comportamento, a não linearidade da curva característica, pode depender de fatores tais como: temperatura, iluminação, tensão nos terminais do elemento, entre outros fatores.

Figura 19 – Curva característica de elemento resistivo linear e não linear.



Fonte: A Autora.

Atividade 9: Distinguir elementos resistivos lineares e não lineares, por meio da determinação experimental de suas curvas características (atividade experimental 5).

Materiais necessários:

- Fonte de alimentação;
- 2 Multímetros;
- Placa de ensaio;
- Resistores de valores diversos;
- LEDs;
- Cabos de conexão.

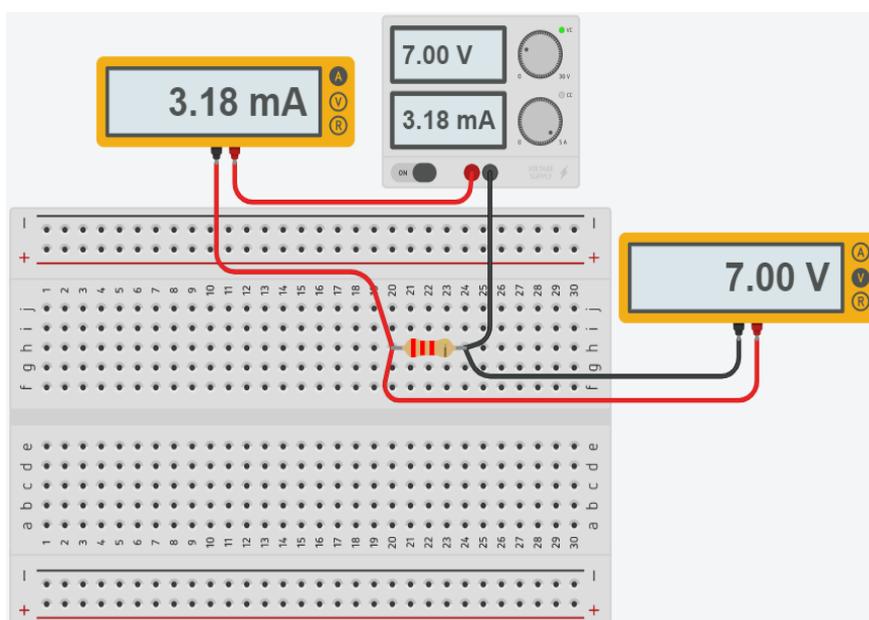
Procedimento:

Nesta aula a proposta é de uma prática experimental que possibilita a obtenção da Lei de Ohm. Para isso, deverá ser utilizado o experimento descrito no roteiro do apêndice F, seguindo as instruções abaixo.

Instruções:

1. Meça a resistência de um dos resistores ($R > 400 \Omega$) com o ohmímetro e anote no Quadro 6.
2. Monte o circuito esquematizado na Figura 20. A tensão é aplicada com uma fonte de alimentação variável. Observe que o amperímetro (A) está conectado em série com o resistor e o voltímetro (V) está conectado em paralelo com o resistor.

Figura 20 – Amperímetro conectado em série e voltímetro em paralelo ao resistor.



Fonte: A Autora.

3. Varie a tensão de saída de 0 até 10,0 V, variando de 1,0 em 1,0 V, anotando a corrente respectiva. Anote os dados no Quadro 6 ($V \times i$).
4. Altere o resistor por outro de valor diferente. Refaça os passos anteriores preenchendo o Quadro 7.

Quadro 6 – Quadro $V \times i$, resistor 1.

$R =$	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
1,0	
2,0	
3,0	
4,0	
5,0	
6,0	
7,0	
8,0	
9,0	
10,0	

Fonte: A Autora.

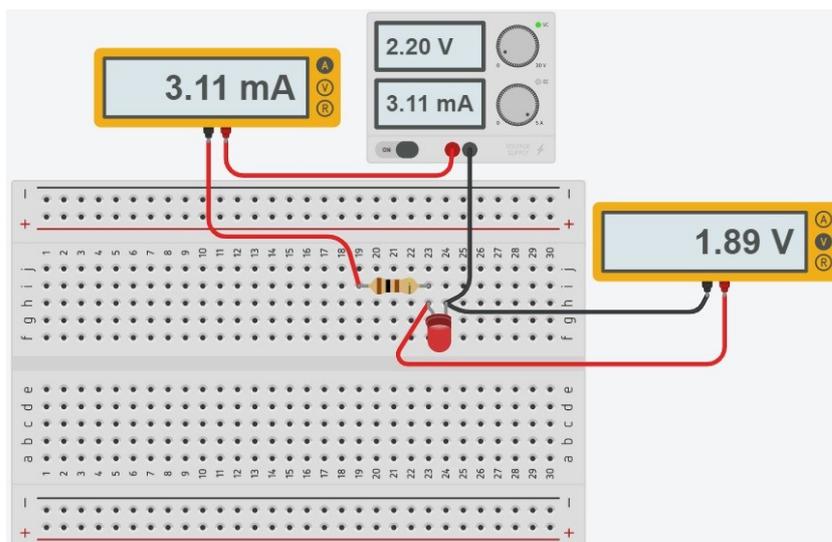
Quadro 7 – Quadro $V \times i$, resistor 2.

$R =$	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
1,0	
2,0	
3,0	
4,0	
5,0	
6,0	
7,0	
8,0	
9,0	
10,0	

Fonte: A Autora.

5. Monte o circuito com LED. Deve ser considerado que este dispositivo é polarizado. Sendo o terminal mais comprido (anodo, +) ligado ao potencial mais elevado e o terminal com menor comprimento (catodo, -) ao potencial menor. Caso contrário, o LED não acenderá.
6. O circuito deve ser montado com o LED em série com um resistor de proteção de 100Ω . Atenção a polaridade do LED.
7. Insira o voltímetro em paralelo para determinar a diferença de potencial (DDP) nos terminais do LED e o amperímetro em série para medida da corrente elétrica, conforme Figura 21.

Figura 21 – Amperímetro conectado em série e voltmímetro em paralelo ao LED.



Fonte: A Autora.

8. Meça a corrente elétrica no circuito para diferentes DDPs e anote no Quadro 8.
9. Troque o LED e repita o passo 8, anotando no Quadro 9 os valores.

Quadro 8 – Quadro $V \times i$, LED 1.

LED 1	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
0,5	
1,0	
1,5	
	0,5
	1,0
	1,5
	2,0
	4,0
	7,0
	10,0
	15,0
	20,0

Fonte: A Autora.

Quadro 9 – Quadro $V \times i$, LED 2.

LED 2	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
0,5	
1,0	
1,5	
	0,5
	1,0
	1,5
	2,0
	4,0
	7,0
	10,0
	15,0
	20,0

Fonte: A Autora.

Questões:

1. Construa os gráficos $i \times V$ para os resistores.
2. Qual a forma das curvas encontrada nos gráficos? O que se pode concluir a respeito da relação entre a corrente elétrica i e a tensão elétrica V para um resistor?
3. A partir dos gráficos, determine os valores das resistências elétricas dos resistores.

Dica: Este é o momento de demonstrar a expressão matemática da Lei de Ohm, pois o aluno já terá a possibilidade de perceber o seu significado.

4. Compare os valores das resistências elétricas obtidas pelo gráfico com o valor medido utilizando o ohmímetro e calcule o desvio percentual.
5. Construa o gráfico $i \times V$ para os LEDs.
6. Qual dos dispositivos é ôhmico? Justifique.
7. A equação $R = V/i$ pode ser utilizada para o cálculo dos parâmetros elétricos de um resistor não ôhmico? Justifique.

Importante: O professor deve atuar como mediador, de forma constante nesta atividade, de maneira que possibilite a integração entre seus conhecimentos prévios e os adquiridos durante a realização da prática. Ao final, o aluno deverá ser capaz de compreender o significado da Lei de Ohm.

Após o término da atividade o professor poderá recolher os relatórios desenvolvidos para análise e avaliação.

3.9 AULA 9: ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivos: Identificar em um circuito as associações em série, paralelo e série-paralelo. Determinar a resistência equivalente de diferentes associações. Utilizar o ohmímetro para medidas de resistência elétrica. Distinguir as escalas do instrumento.

Introdução:

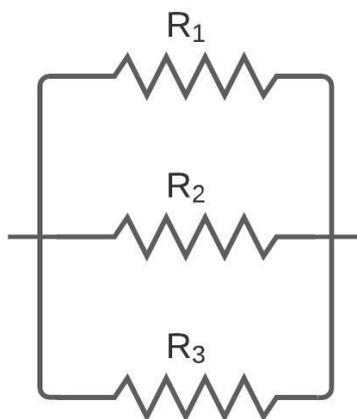
Os resistores são componentes usados em circuitos elétricos e de vastíssima aplicação na Eletrônica Moderna. Um resistor converte energia elétrica em energia térmica. A este fenômeno é dado o nome de Efeito Joule. A energia dissipada pelo resistor é transferida ao meio ambiente (ar, água, óleo, etc.) e o aquece, sendo esta uma das aplicações principais dos resistores. Os resistores podem ser associados em série (Figura 22) ou em paralelo (Figura 23), de acordo com a necessidade.

Figura 22 – Associação de resistores em série.



Fonte: A Autora.

Figura 23 – Associação de resistores em paralelo.



Fonte: A Autora.

Na associação em série, cada resistor é percorrido pela mesma corrente. Na associação em paralelo, a corrente em cada resistor varia e depende do valor da resistência, quanto maior a resistência, menor será a intensidade da corrente que atravessa o resistor.

A resistência total ou equivalente de uma associação de resistores é aquela que, colocada em um circuito, substitui a associação, ou seja, é a resistência que submetida à mesma diferença de potencial (V) é percorrida pela mesma corrente (i).

As características de cada uma destas associações são:

1) *Associação em série:*

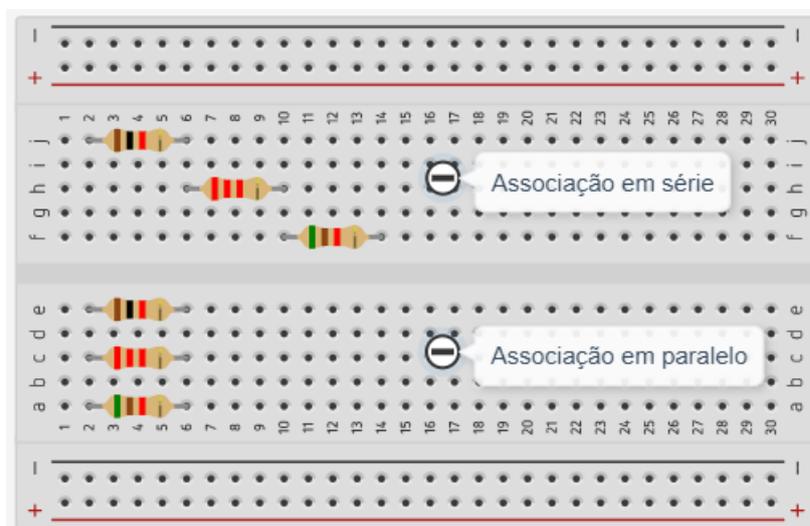
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (5)$$

2) *Associação em paralelo:*

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (6)$$

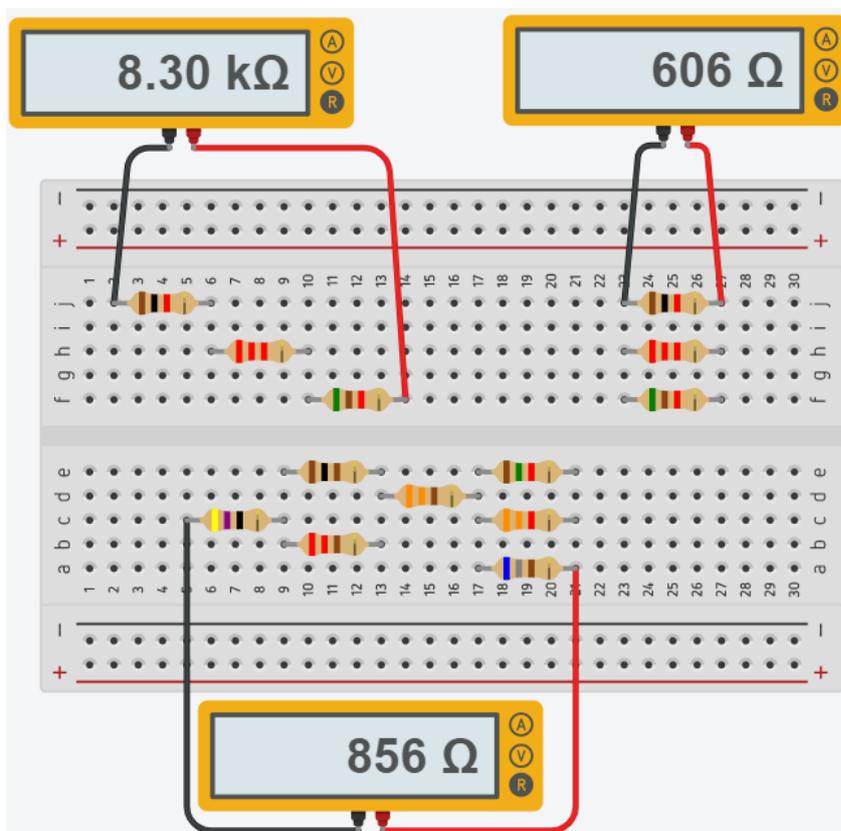
Na Figura 24 é possível observar a associação de três resistores em série e em paralelo em uma placa de ensaio. Na Figura 25 pode ser observado a conexão para medida da resistência elétrica de uma associação em série, em paralelo e mista.

Figura 24 – Resistores conectados em série e em paralelo em uma placa de ensaio.



Fonte: A Autora

Figura 25 – Medida da resistência elétrica de resistores conectados em série, paralelo e série-paralelo.



Fonte: A Autora.

Atividade 10: Determinar a resistência equivalente de resistores associados em série, paralelo e série-paralelo (atividade experimental 6).

Materiais necessários:

- Multímetro;
- Resistores de valores diversos;
- Placa de ensaio.

Procedimento:

Após a exposição dos conceitos, realizar a atividade experimental descrita no roteiro disposto no apêndice G, seguindo as instruções abaixo:

Instruções:

1. Utilize a placa de ensaio como base de fixação dos resistores. Meça a resistência de cada resistor com o ohmímetro e anote os valores no Quadro 10. Em cada

medida, altere a chave seletora até encontrar o valor com maior precisão. Anote também a posição da escala em que a medida foi realizada.

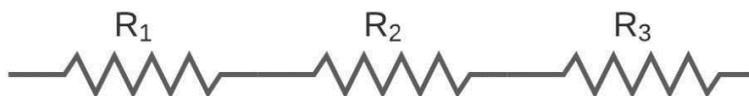
Quadro 10 – Valores das resistências medidas.

Resistor	Resistência nominal	Resistência medida	Posição da escala
R ₁	100 Ω ± 5%		
R ₂	220 Ω ± 5%		
R ₃	330 Ω ± 5%		
R ₄	1000 Ω ± 5%		
R ₅	9,1 Ω ± 5%		

Fonte: A Autora.

2. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR). Apresente os cálculos utilizados na obtenção de $R_{eq-Calculada}$.

Figura 26 – Circuito com associação de 3 resistores em série.



Fonte: A Autora

$$R_{eq-Medida} =$$

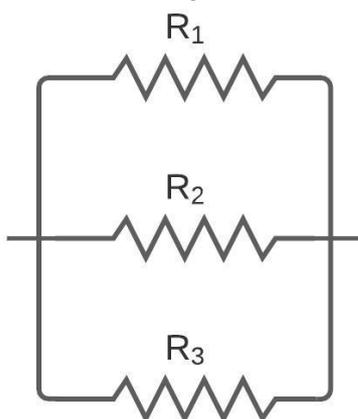
$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

$$\delta R = \left| \frac{R_{eq-Medida} - R_{eq-Calculada}}{R_{eq-Calculada}} \right| 100\%$$

3. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 27 - Circuito com associação de 3 resistores em paralelo.



Fonte: A Autora.

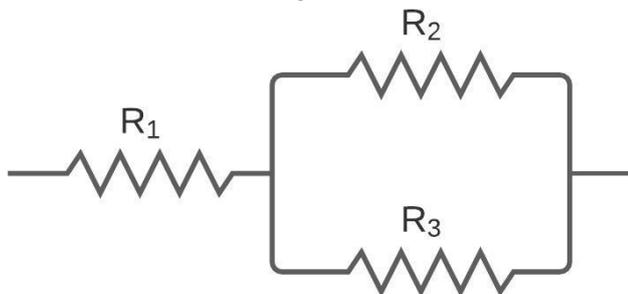
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

4. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 28 - Circuito com associação de 3 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

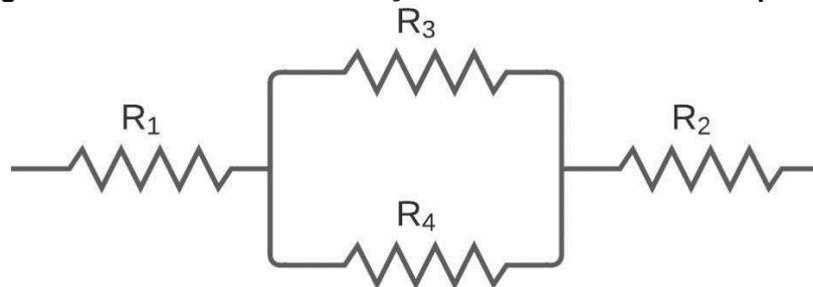
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

5. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 29 - Circuito com associação de 4 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

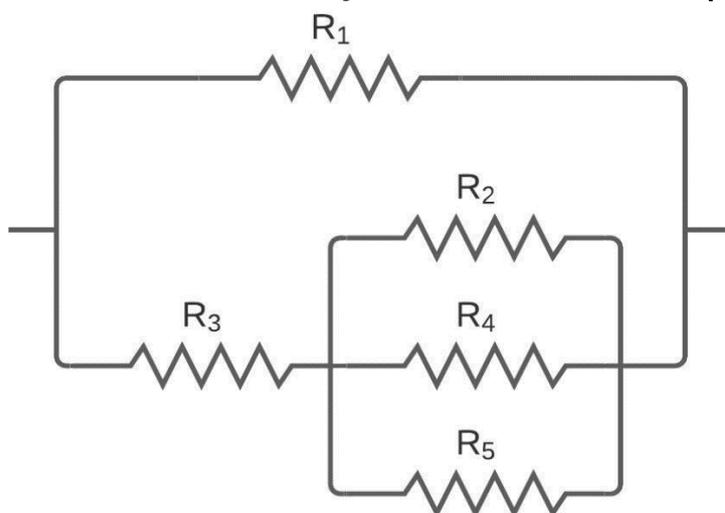
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

6. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 30 - Circuito com associação de 5 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

Questões:

1. Qual a principal característica observada para a resistência equivalente de um circuito em série?
2. Qual a principal característica observada para a resistência equivalente de um circuito em paralelo?

3.10 AULA 10: AVALIAÇÃO FINAL E QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Demonstrar os conhecimentos adquiridos durante a aplicação da série de atividades sobre os conceitos de Eletrodinâmica.

Introdução:

O Mapa Mental é um instrumento que possibilita a representação no papel daquilo que o indivíduo conhece sobre um determinado conteúdo. A sua estrutura permite que a qualquer momento sejam acrescentadas ideias ou conceitos adicionais.

Por este motivo, o conceito de Mapa Mental apresentado no início desta sequência didática foi retomado, para que os alunos pudessem então elaborar um novo Mapa, agora acrescentando nele todos os conhecimentos adquiridos durante as aulas.

Atividade 11: Elaboração de um Mapa Mental para avaliar os conhecimentos adquiridos sobre Eletrodinâmica.

Materiais necessários:

- Folhas de papel sulfite, 1 para cada aluno;
- Canetas coloridas, canetinhas, lápis de cor.

Procedimento:

O professor deverá propor aos alunos a elaboração de um novo mapa mental, no qual o aluno deverá representar todos os conceitos que aprendeu durante as aulas que compõem esta sequência didática.

A ideia é confrontar os 2 mapas produzidos por eles para analisar se o processo de ensino aprendizagem foi válido, se a sequência didática apresentada foi capaz de provocar o conflito cognitivo necessário no estabelecimento da relação entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios dos alunos. Após o término, recolher os mapas para análise comparativa.

Para finalizar esta sequência, propor aos alunos o preenchimento de um questionário de opinião a fim de coletar informações, dicas, ideias que podem ser usadas para melhorar a qualidade desta produção didática.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta sequência didática apresentada como produto educacional foi elaborada no intuito de ofertar para os alunos aulas diferenciadas, interativas e dinâmicas, que venham de encontro a sua curiosidade e que possam despertar neles o instinto de querer aprender os conhecimentos científicos. Além disso, representa para o professor um plano de ensino completo para os conteúdos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica pronto para ser usado, de maneira organizada para que cada aula possa ser aplicada de forma individual, mas que ao mesmo tempo componham uma sequência lógica, pautada na organização dos conteúdos da grade curricular.

Os conceitos de Eletrodinâmica abordados neste trabalho se relacionam a várias situações vivenciadas todos os dias pelos alunos no seu cotidiano. Mas muitas vezes os conhecimentos do senso comum não são coerentes com o conhecimento científico. Os estudos aqui apresentados podem oferecer aos alunos a compreensão correta para cada conteúdo, resignificando algumas ideias ou conceitos pré-estabelecidos na sua estrutura cognitiva, provocando a ancoragem dos novos conhecimentos aqueles já existentes.

Além disso, a construção desta proposta foi pensada passo a passo a fim de contribuir com o ensino de Física nas escolas públicas, buscando organizar atividades que não demandem de grandes investimentos financeiros ou mesmo materiais mais elaborados. Todas utilizam dispositivos básicos para medida e montagem de circuitos elétricos, aqueles fornecidos pelo governo estadual para as escolas ou então o laboratório de informática, que também faz parte de sua estrutura.

A elaboração das aulas foi pautada com o objetivo de abordar os conteúdos buscando sempre a participação dos alunos de maneira interativa e articulada, a fim de construir novos significados aquilo que já conhecem e apresentar os novos conteúdos de forma diferente da tradicional, buscando construir relações que possam tornar a aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1.^a edição. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.

BUZAN, T. **Mapas Mentais**. Tradução de Paulo Polzonoff Jr. Rio de Janeiro: Ed. Sextante, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 10. Ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2016.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa**. Tradução: Anatólio Laschuk. Porto Alegre: Penso, 2015.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Ed. Centauro, 2010.

MOREIRA, M. A. **O Que é Afinal Aprendizagem Significativa?** Porto Alegre: Instituto de Física UFRGS, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em 08 de ago. 2019.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2. Ed. São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula**. Brasília: Editora da UnB. 185p., 2006.

PCCL (Physics and Chemistry by Clear Learning). **Simulações Interativas de Física**. Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_interactive.htm. Acesso em: 17 de Abr. 2018.

PHET. **Simulações Interativas da Universidade do Colorado Boulder**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/>. Acesso em: 10 de jun. 2019.

ROSA, V.; SANTOS R, S.; SOUZA C.A. Hands-on-Tec: uma estratégia pedagógica para uso de tecnologias educacionais móveis. **Anais Challenges**, Braga: Universidade do Minho, 2013.

TIPLER, P.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6^a Edição. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2009.

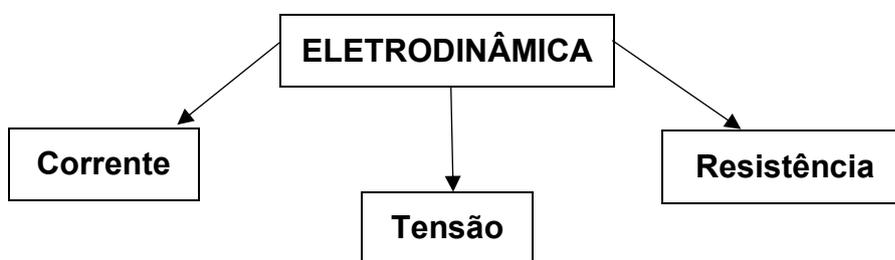
YOUNG, H. D; FREEDMAN, R. A. **Física III: Eletromagnetismo**. 10. Ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2003.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: Como Ensinar**. Porto Alegre: Ed Artmed, 1998.

APÊNDICE A – ATIVIDADE: ELABORAÇÃO DE UM MAPA MENTAL PARA OS CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA

Utilizando o esquema abaixo, elabore um mapa mental sobre Eletrodinâmica, expressando suas ideias e conhecimentos a respeito do conteúdo. Utilize imagens, cores variadas, tamanhos de letras diferentes para demonstrar a conexão entre as partes, podendo fazê-la de forma intuitiva, conforme esta estrutura está organizada na sua cabeça.

Figura 1 – Estrutura de formação do mapa mental.



Fonte: A Autora.

APÊNDICE B – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: CONDUTORES VERSUS ISOLANTES

Materiais necessários:

- Placa de MDF retangular de 20 cm x 30 cm;
- Bocal para lâmpada;
- Lâmpada 127 V;
- Interruptor;
- Tomada;
- 2 pedaços de 20 cm de fio de cobre rígido de espessura 4 mm;
- 1 metro de fio condutor para instalação elétrica;
- Acessórios: Cola quente, fita isolante, régua de madeira, chave *Phillips*.

Montagem:

Conecte dois pedaços de fios condutores encapados de 50 cm de comprimento ao bocal. Fixe o bocal na placa de MDF (pode ser usado cola quente ou fita isolante).

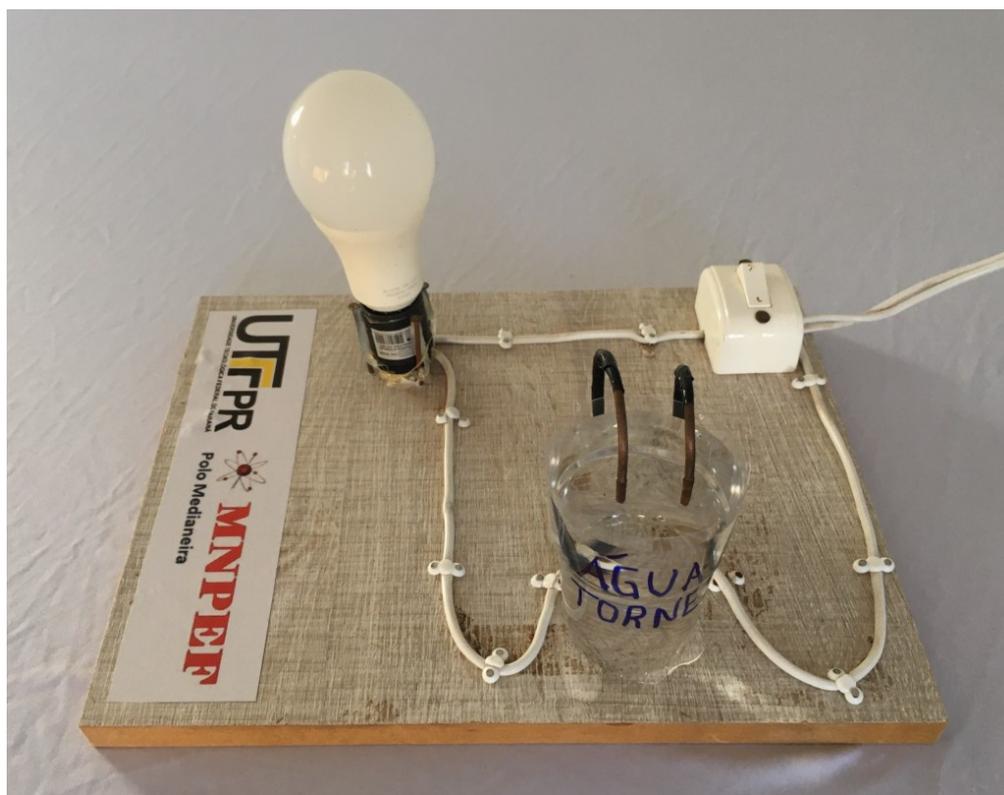
Com um alicate, dobre os fios de cobre de 4 mm em uma das extremidades formando um ângulo de 90°, para formar a base, e no outro extremo curve-o em forma de U. Passe fita isolante, deixando apenas as pontas desencapadas. Fixe-os no MDF a uma distância de 3 cm um do outro. Conecte os fios condutores ao interruptor e fixe a tomada no seu extremo, conforme Figura 1.

Explicação:

Utilizando copos descartáveis com as substâncias: café, açúcar, óleo, sal, água da torneira, água destilada e vinagre, o professor deve desafiar os alunos a testarem o acionamento ou não do circuito.

Organize a turma em grupos com 3 a 4 alunos. Solicite que os grupos se revezem no experimento. Para testá-lo, basta colocar a substância de dentro dos copos em contato com as pontas do fio de cobre e observar o que acontece.

Figura 1 – Atividade experimental: condutores versus isolantes.



Fonte: A Autora.

APÊNDICE C – HANDS-ON-TEC E INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (IPC) PARA O ESTUDO DA ELETRODINÂMICA

1. Objetivos, Conteúdos e Contextos:

Objetivos:

- Realizar atividade experimental para indicar materiais condutores e isolantes elétricos;
- Identificar a função dos elementos que compõe um circuito elétrico;
- Reconhecer os riscos elétricos e cuidados que devem ser adotados com a eletricidade;
- Correlacionar os conceitos abordados utilizando simulador educacional;
- Utilizar diferentes estratégias de ensino para promover a participação e interação dos alunos.

Conteúdos:

- Condutores e isolantes;
- Corrente iônica e eletrônica;
- Circuito elétrico;
- Riscos elétricos.

Contextos:

- Observar inicialmente o experimento apresentado para reconhecimento da atividade;
- Utilizar as substâncias disponíveis nos copos para tentar fazer com que o circuito elétrico ligue, buscando estabelecer a relação existente entre os tipos de materiais e o acionamento da lâmpada;
- Debater no grupo sobre as funções de cada componente presente no circuito, tentando estabelecer relações com a teoria já estudada, para posteriormente responder o questionário virtual;
- Analisar as diferentes possibilidades de acionamento do circuito, buscando fazer comparativos com outros materiais que estão presente em seus cotidianos;
- Identificar quais os elementos de segurança do circuito e quais os riscos elétricos apresentados.

2. Materiais Relacionados:

- Atividade Experimental 1: circuito elétrico simples – condutores versus isolantes (manual de construção disposto no apêndice B);
- Copos descartáveis e papel toalha;
- Substâncias: café, açúcar, óleo, sal, água da torneira, água destilada, vinagre;
- Simulador Educacional 1 – Condutores versus isolantes, disponibilizado gratuitamente no link: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/electric_conductors_insulato.htm;
- Notebook e projetor multimídia;
- Cartões respostas (*flashcards*), desenvolvidos para o aplicativo *Plickers*, disponível no link: <https://www.plickers.com>;
- Smartphone do professor, com o aplicativo *Plickers* instalado.

3. Descrição da realização da atividade:

Momento 1: Explicar o enunciado no quadro, expor os materiais e deixar um tempo disponível para que os alunos possam interagir com o experimento, testando o acionamento ou não do circuito por meio das substâncias dispostas nos copinhos e formular as hipóteses sobre como resolver a situação-problema, anotando-as no caderno. Em seguida, realizar a exposição das hipóteses levantadas, de forma oral, para discussão e argumentação entre eles, sobre a forma que encontraram para resolver o problema, as dificuldades encontradas e a solução.

Momento 2: Levar os alunos ao laboratório de informática para fazerem uso do simulador educacional 1, orientando-os para que montem um circuito semelhante ao utilizado na sala e testem outras possibilidades de acionamento do mesmo.

Momento 3: Solicitar que os alunos façam em casa uma pesquisa na internet sobre os conceitos envolvidos na atividade para a elaboração de um relatório final individual.

Momento 4: Finalizar a atividade usando o método de instrução por pares. Os alunos irão responder o questionário abaixo de forma virtual, utilizando cartões respostas (*flashcards*), que possuem um código de leitura *QRcode*, desenvolvidos para o aplicativo *Plickers*. Após a coleta das respostas individuais e a comunicação dos percentuais de acertos, disponibilizar um tempo para que os alunos formem pares, interajam e tentem convencer uns aos outros sobre a resposta correta para cada

questão. Reaplicar o questionário para verificar a diferença entre os resultados pré e pós interação.

Questionário sobre condutores, isolantes e riscos elétricos:

1. A respeito de condutores e isolantes elétricos, escolha a opção correta:
 - a) Metais são utilizados como isolantes elétricos.
 - b) O corpo humano é um isolante elétrico.
 - c) Metais são bons condutores de eletricidade.
 - d) Substâncias eletrolíticas se caracterizam como isolantes elétricos.
2. Como são constituídos os cabos utilizados nas instalações elétricas residenciais?
 - a) Possuem uma parte interna condutora envolvida por uma parte externa isolante.
 - b) No seu centro tem um fio isolante e ao redor um tubo condutor.
 - c) São feitos de metais apenas.
 - d) Possuem dois fios um condutor e um isolante ligados paralelamente um ao outro.
3. Com relação a atitudes seguras ao manipular dispositivos elétricos, escolha a alternativa incorreta:
 - a) Tocar em dispositivos elétricos com as mãos e pés molhados ou em condições de suor é perigoso.
 - b) Os aparelhos elétricos devem ser desconectados da tomada antes da limpeza e conserto.
 - c) Para desconectar um dispositivo elétrico da rede o ideal é puxar pelo cabo ao invés do *plug*.
 - d) Ativar o interruptor na presença de vazamento de gás é perigoso.
4. Indique qual dos dispositivos abaixo é utilizado nos circuitos elétricos como item de segurança, com a função de interromper a passagem de corrente elétrica:
 - a) Pilha.
 - b) Resistor.
 - c) Disjuntor.
 - d) Fio terra.
5. Qual das afirmações abaixo é falsa?
 - a) Ao sentir formigamento ao tocar um dispositivo elétrico, o disjuntor deve ser desligado.
 - b) O uso de cabos de extensão e plugues múltiplos (adaptador T) deve ser evitado pelo risco de superaquecimento.

- c) A conduta imediata a ser adotada no atendimento a uma vítima de choque elétrico é desligar a corrente elétrica antes de tocar na vítima.
- d) Se o incêndio acontecer em circuitos energizados, o fogo deve ser apagado com água.

4. Fases

Fase 1: Apresentação, problematização, levantamento de hipóteses e experimentação

Observe o experimento apresentado e utilizando as substâncias disponíveis nos copos plásticos, responda:

1. É possível fazer a lâmpada acender com alguma destas substâncias?
2. Todos os materiais fazem a lâmpada acender com a mesma intensidade?
3. Que relação pode-se fazer entre os materiais utilizados e o funcionamento do circuito?

- Organizar os alunos em pequenos grupos para o levantamento das hipóteses e a tentativa de solucionar o problema apresentado.
- Disponibilizar um tempo de 15 a 20 minutos para realizar a atividade.

Fase 2: Socialização com o grande grupo e contextualização do professor

- Reunir os alunos no grande grupo para o relato das hipóteses e as dificuldades enfrentadas por eles na interação com o experimento, a exposição das soluções encontradas e o debate destas soluções encontradas. Articular com a turma sobre a importância da compreensão do funcionamento de um circuito elétrico, levando em consideração que nosso cotidiano está todo ligado as interações elétricas que ocorrem entre os materiais.

Fase 3: Utilização das tecnologias educacionais e relatório individual

- Posteriormente fazer uso do simulador educacional 1 para interação e visualização do acionamento ou não do circuito elétrico apresentado com os materiais disponíveis. Incentivando os alunos para que aproveitem o uso do simulador para testarem todas as possibilidades.
- Solicitar que os alunos realizem em casa uma pesquisa na internet sobre os conceitos abordados na atividade, fazendo um paralelo entre as hipóteses levantadas inicialmente e a

forma correta de resolver o problema. Esta pesquisa será apresentada em forma de relatório individual no próprio caderno.

- Realizar a avaliação da atividade baseada no método de Instrução pelos colegas, respondendo ao questionário virtual, utilizando o aplicativo *Plickers*.

APÊNDICE D – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA

Objetivos:

- Determinar de forma experimental a relação entre a resistência elétrica, o comprimento (L) e a área da seção reta (A) do fio condutor homogêneo.
- Obter o valor da resistividade elétrica de um fio constituído por uma liga metálica.
- Representar graficamente a resistência do material.

Materiais necessários:

- Fios resistivos de 50 centímetros de comprimento com diâmetros diferentes (foi utilizado fio níquel cromo 80/20 AWG: 25, 27, 29, 31 e 33);
- Multímetro e cabos de conexão;
- Trena e micrômetro.

Procedimento:

1. Ajuste o multímetro para funcionar como Ohmímetro.
2. Meça o valor da resistência ôhmica de cada um dos fios para os comprimentos: 0, 10, 20, 30, 40 e 50 centímetros. Preencha o Quadro 1 com as medidas.
3. Com o micrômetro, meça o diâmetro de cada fio e anote o valor no Quadro 1.

Quadro 1 – Resistência elétrica para diferentes comprimentos dos fios.

L (m)	Fio 1 $D = \frac{\quad}{R (\Omega)}$	Fio 2 $D = \frac{\quad}{R (\Omega)}$	Fio 3 $D = \frac{\quad}{R (\Omega)}$	Fio 4 $D = \frac{\quad}{R (\Omega)}$	Fio 5 $D = \frac{\quad}{R (\Omega)}$
0,00					
0,10					
0,20					
0,30					
0,40					
0,50					

Fonte: A Autora.

Questões:

1. Utilizando os dados do Quadro 1, preencha o Quadro 2.

Quadro 2 – Resistência e área da seção reta dos fios resistivos.

Condutor utilizado	Diâmetro (mm)	Área A da secção transversal do resistor (m^2)	$1/\text{Área}$ (m^{-2})	Resistência (Ω) $L = 0,50$ m
Fio 1				
Fio 2				
Fio 3				
Fio 4				
Fio 5				

Fonte: A Autora.

2. Com base nos dados contidos no Quadro 1, confeccione cinco gráficos da resistência elétrica em função do comprimento do fio (R versus L).
3. Qual a forma das curvas encontrada nos gráficos? O que se pode concluir a respeito da relação entre a resistência elétrica R e o comprimento dos fios condutores L ?
4. Com os dados do Quadro 2, construa o gráfico R versus $1/A$.
5. Qual a forma da curva encontrada no gráfico? O que se pode concluir a respeito da relação entre a resistência elétrica R e a área da seção transversal do fio condutor A ?
6. Por meio dos gráficos, obtenha o valor da resistividade elétrica de cada um dos fios. Calcule a média e desvio percentual dos valores obtidos para a resistividade elétrica do material.

APÊNDICE E – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: RESISTORES E LEITURA DE CÓDIGO DE CORES

Objetivos:

- Utilizar a placa de ensaio e o multímetro para medida de resistência elétrica.
- Realizar a leitura da resistência nominal de diferentes resistores, fazendo uso do quadro com o código de cores.
- Familiarizar-se com as escalas de medidas do multímetro.

Materiais necessários:

- Multímetro;
- Resistores de valores diversos;
- Placa de ensaio.

Procedimento:

1. Faça a leitura de cada resistor e anote no Quadro 1: a sequência de cores, o valor nominal e de tolerância.
2. Utilize a placa de ensaio como base de fixação dos resistores. Meça a resistência de cada resistor com o ohmímetro e anote os valores no Quadro 1. Em cada medida, altere a chave seletora até encontrar o valor com maior precisão. Anote também a posição da escala em que a medida foi realizada.
3. Compare os valores medidos com os valores nominais. Calcule o desvio percentual e anote no Quadro 1.

$$\delta R = \left| \frac{R_n - R_m}{R_n} \right| 100\%$$

4. Compare δR com a tolerância do resistor e tire suas conclusões.

Quadro 1 – Leitura da resistência utilizando o código de cores e o ohmímetro.

Res.	Sequência de cores				Valor nominal e tolerância	Valor medido (R_m)	Posição da escala	δR
	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4				
R ₁								
R ₂								
R ₃								
R ₄								
R ₅								
R ₆								
R ₇								
R ₈								
R ₉								
R ₁₀								

Fonte: A Autora.

APÊNDICE F – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: ELEMENTOS RESISTIVOS LINEARES E NÃO LINEARES

Objetivos:

- Distinguir elementos resistivos lineares e não lineares, por meio da determinação experimental de suas curvas características.
- Manusear adequadamente o multímetro como ohmímetro, voltímetro e amperímetro.
- Obter a Lei de Ohm de forma experimental.

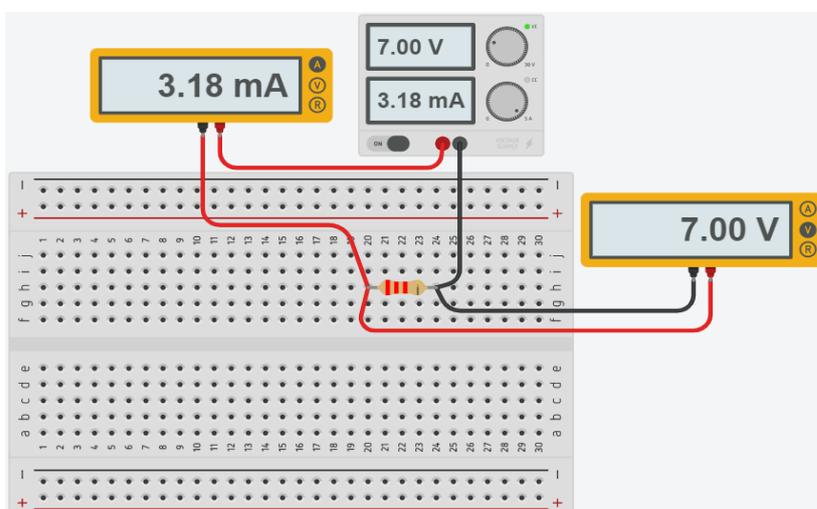
Materiais necessários:

- Fonte de alimentação;
- 2 Multímetros;
- Placa de ensaio;
- Resistores de valores diversos;
- LEDs;
- Cabos de conexão.

Procedimento:

1. Meça a resistência de um dos resistores ($R > 400 \Omega$) com o ohmímetro e anote no Quadro 1.
2. Monte o circuito esquematizado na Figura 1. A tensão é aplicada com uma fonte de alimentação variável. Observe que o amperímetro (A) está conectado em série com o resistor e o voltímetro (V) está conectado em paralelo com o resistor.

Figura 1 – Amperímetro conectado em série e voltímetro em paralelo ao resistor.



Fonte: A Autora.

3. Varie a tensão de saída de 0 até 10,0 V, variando de 1,0 em 1,0 V, anotando a corrente respectiva. Anote os dados no Quadro 1 ($V \times i$).
4. Altere o resistor por outro de valor diferente. Refaça os passos anteriores preenchendo o Quadro 2.

Quadro 1 – Quadro $V \times i$, resistor 1.

$R =$	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
1,0	
2,0	
3,0	
4,0	
5,0	
6,0	
7,0	
8,0	
9,0	
10,0	

Fonte: A Autora.

Quadro 2 – Quadro $V \times i$, resistor 2.

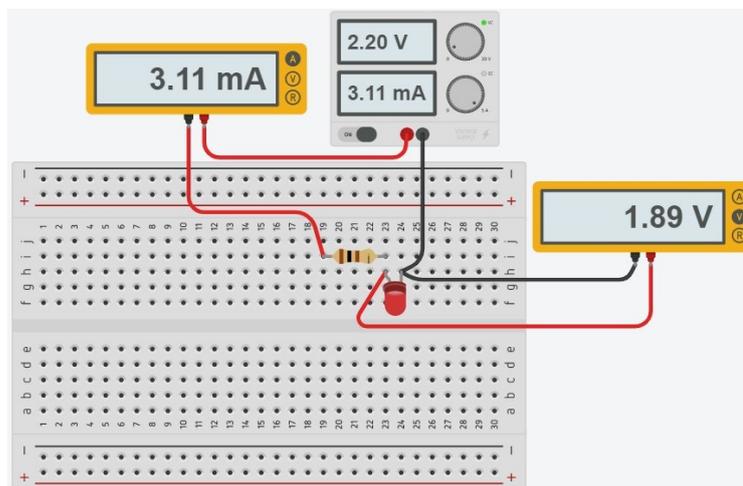
$R =$	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
1,0	
2,0	
3,0	
4,0	
5,0	
6,0	
7,0	
8,0	
9,0	
10,0	

Fonte: A Autora.

5. Monte o circuito com LED. Deve ser considerado que este dispositivo é polarizado. Sendo o terminal mais comprido (anodo, +) ligado ao potencial mais elevado e o terminal com menor comprimento (catodo, -) ao potencial menor. Caso contrário, o LED não acenderá.
6. O circuito deve ser montado com o LED em série com um resistor de proteção de 100 Ω . Atenção a polaridade do LED.

7. Insira o voltímetro em paralelo para determinar a diferença de potencial (DDP) nos terminais do LED e o amperímetro em série para medida da corrente elétrica, conforme Figura 2.

Figura 2 – Amperímetro ligado em série ao circuito e voltímetro em paralelo ao LED.



Fonte: A Autora.

8. Meça a corrente elétrica no circuito para diferentes DDP, preenchendo o Quadro 3.
9. Troque o LED e repita o passo 8, anotando no Quadro 4 os valores.

Quadro 3 – Quadro $V \times i$, LED 1.

LED 1	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
0,5	
1,0	
1,5	
	0,5
	1,0
	1,5
	2,0

Quadro 4 – Quadro $V \times i$, LED 2.

LED 2	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
0,5	
1,0	
1,5	
	0,5
	1,0
	1,5
	2,0

	4,0
	7,0
	10,0
	15,0
	20,0

Fonte: A Autora.

	4,0
	7,0
	10,0
	15,0
	20,0

Fonte: A Autora.

Questões:

1. Construa os gráficos $i \times V$ para os resistores.
2. Qual a forma das curvas encontrada nos gráficos? O que se pode concluir a respeito da relação entre a corrente elétrica i e a tensão elétrica V para um resistor?
3. A partir dos gráficos, determine os valores das resistências elétricas dos resistores.
4. Compare os valores das resistências elétricas obtidas pelo gráfico com o valor medido utilizando o ohmímetro e calcule o desvio percentual.
5. Construa o gráfico $i \times V$ para os LEDs.
6. Qual dos dispositivos é ôhmico? Justifique.
7. A equação $R = V/i$ pode ser utilizada para o cálculo dos parâmetros elétricos de um resistor não ôhmico? Justifique.

APÊNDICE G – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Objetivos:

- Identificar em um circuito as associações em série paralelo e série-paralelo.
- Determinar a resistência equivalente de resistores associados em série, paralelo e série-paralelo.
- Utilizar o ohmímetro para medidas de resistência elétrica.
- Familiarizar-se com as escalas do instrumento.

Materiais necessários:

- Multímetro;
- Resistores de valores diversos;
- Placa de ensaio.

Procedimento:

1. Utilize a placa de ensaio como base de fixação dos resistores. Meça a resistência de cada resistor com o ohmímetro e anote os valores na tabela. Em cada medida, altere a chave seletora até encontrar o valor com maior precisão. Anote também a posição da escala em que a medida foi realizada.

Quadro 1 – Leitura da resistência utilizando o código de cores e o ohmímetro.

Resistor	Resistência nominal	Resistência medida	Posição da escala
R ₁	100 Ω ± 5%		
R ₂	220 Ω ± 5%		
R ₃	330 Ω ± 5%		
R ₄	1000 Ω ± 5%		
R ₅	9,1 Ω ± 5%		

Fonte: A Autora.

2. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR). Apresente os cálculos utilizados na obtenção de $R_{eq-Calculada}$.

Figura 1 – Circuito com associação de 3 resistores em série.



Fonte: A Autora

$$R_{eq-Medida} =$$

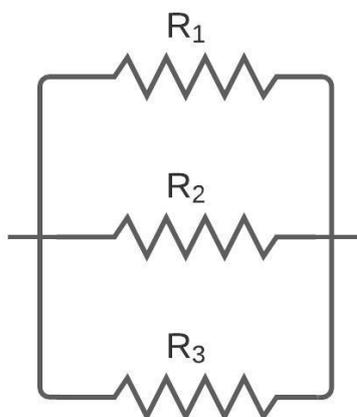
$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

$$\delta R = \left| \frac{R_{eq-Medida} - R_{eq-Calculada}}{R_{eq-Calculada}} \right| 100\%$$

3. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 2 – Circuito com associação de 3 resistores em paralelo.



Fonte: A Autora.

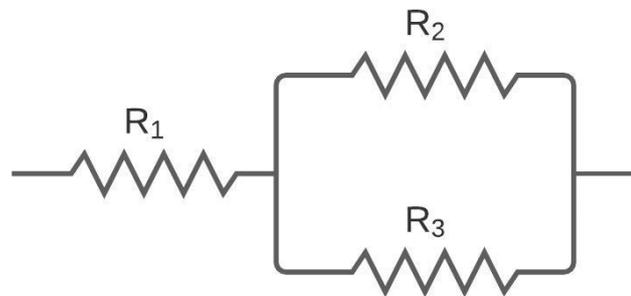
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

4. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 3 – Circuito com associação de 3 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

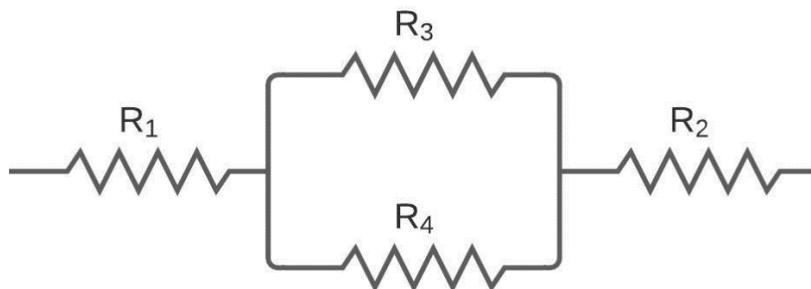
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

5. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 4 – Circuito com associação de 4 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

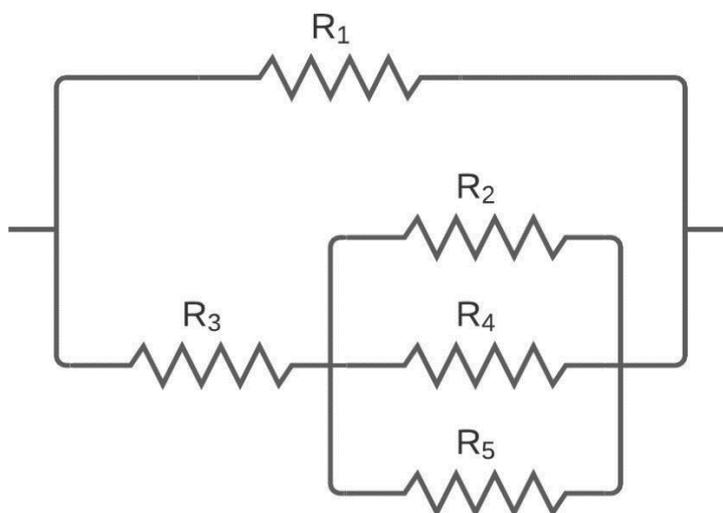
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

6. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 5 – Circuito com associação de 5 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

Questões:

1. Qual a principal característica observada para a resistência equivalente de um circuito em série?
2. Qual a principal característica observada para a resistência equivalente de um circuito em paralelo?