

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARIA LUCIA GEITTENES CAMERA

**PROPOSIÇÃO E USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA
A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA EM AULAS DE FÍSICA DO
ENSINO MÉDIO**

MEDIANEIRA

2024

MARIA LUCIA GEITTENES CAMERA

**PROPOSIÇÃO E USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA
A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA EM AULAS DE FÍSICA DO
ENSINO MÉDIO**

**PROPOSITION AND USE OF AN INVESTIGATIVE TEACHING SEQUENCE TO
APPROACH THE CONCEPT OF ENERGY IN HIGH SCHOOL PHYSICS CLASSES**

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

Orientador: Prof. Dr. Fabio Rogerio Longen

MEDIANEIRA

2024



4.0 Internacional

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



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira



MARIA LUCIA GEITTENES CAMERA

PROPOSIÇÃO E USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

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: 21 de Fevereiro de 2024

Dr. Fabio Rogerio Longen, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Marcos Fernando Soares Alves, Doutorado - Instituto Federal do Paraná

Dra. Sheyse Martins De Carvalho, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 21/02/2024.

Dedico este trabalho à minha família, pelos
momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas de que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientado Prof. Dr. Fabio Rogerio Longen, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos membros da banca examinadora que gentilmente aceitaram o convite.

Aos docentes permanentes do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Câmpus Medianeira (PPGEF-MD) e à Coordenação do PPGEF-MD, meu agradecimento pela contribuição para meu aprimoramento profissional.

Aos meus colegas de turma, meu agradecimento pela parceria, amizade e colaboração.

Registro meu reconhecimento e gratidão à minha família, em particular ao meu esposo, Dilson N. Camera, pois acredito que sem seu apoio seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa. Minha gratidão!

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

A aprendizagem se torna significativa quando possibilita a construção de conhecimento. Contudo, não construo conhecimento se não me aproprio dele como pessoa criativa, capaz de pensar e desejar. No entanto, como o processo de aprendizagem é um processo interativo pelo qual ocorrem transferências, para que o educando aprenda, acredito que seja capaz de criar significados, de pensar, sonhar e desejar. Assim, aprender de forma significativa implica construir significados próprios que estão relacionados com a história de vida de cada um e com a sua forma de estar no mundo. (Dowbor, 2008, p. 68).

RESUMO

A presente dissertação consiste no relato de uma pesquisa de natureza qualitativa que avalia as contribuições de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), elaborada com base teórico-metodológica em Carvalho (2011; 2013; 2018), para a exploração de atividades investigativas sobre o conteúdo de Física relativo à Energia e Conservação da Energia Mecânica, apresentadas sob a forma de Produto Educacional (PE). A estruturação das atividades da SEI segue os pressupostos conceituais quanto ao conteúdo, às metodologias ativa de aprendizagem híbrida, colaborativa e cooperativa e à ferramenta tecnológica para simulação *on-line PhET Colorado*. O desenvolvimento da SEI ocorre em seis (6) aulas de quarenta e cinco minutos (45min), reunidas em quatro encontros presenciais, e conta com a participação de trinta e dois (32) estudantes da 1ª série do Ensino Médio em uma instituição educacional pública, situada no município de Pinhal de São Bento, Região Sudoeste do Estado do Paraná. O planejamento do conteúdo da SEI e a condução da prática pedagógica se orientam pelas Diretrizes Curriculares Estadual (DCE) de Física para o Ensino Médio, editadas em 2008, pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná. A avaliação da aprendizagem ocorre de forma qualitativa para envolver conceitos de Física contemplados nas DCE, programados na SEI, trabalhados em sala de aula e detalhados no PE. A avaliação recai sobre todas as atividades programadas e desenvolvidas em cada encontro presencial no momento em que ocorre a aplicação da SEI/PE. Conclui-se que prática pedagógica sustentada na investigação a partir da SEI/PE para abordagem no conteúdo Energia e Conservação da Energia Mecânica, no Ensino Médio, viabiliza a realização de uma aula investigativa, interativa, capaz de instigar, estimular, incentivar, permitir e viabilizar a melhoria da qualidade do ensino da Física Escolar.

Palavras-chave: produto educacional; sequência de ensino investigativa; energia; conservação de energia mecânica; ensino da física.

ABSTRACT

This dissertation consists of the report of a qualitative research that evaluates the contributions of an Investigative Teaching Sequence (ITS), prepared with a theoretical-methodological basis in Carvalho (2011; 2013; 2018), for the exploration of investigative activities on the Physics content relating to Energy and Conservation of Mechanical Energy, presented in the form of an Educational Product (EP). The structuring of ITS activities follows the conceptual assumptions regarding content, active hybrid, collaborative and cooperative learning methodologies and the technological tool for online simulation PhET Colorado. The development of the ITS takes place in six (6) classes of forty-five minutes (45 minutes), gathered in four face-to-face meetings, and involves the participation of thirty-two (32) students from the 1st year of high school at a public educational institution, located in the municipality of Pinhal de São Bento, Southwest Region of the State of Paraná. The planning of ITS content and the conduct of pedagogical practice are guided by the State Curricular Guidelines (ECG) of Physics for High School, published in 2008, by the State Department of Education of Paraná. Learning assessment occurs in a qualitative way to involve Physics concepts covered in the ECG, programmed in the ITS, worked on in the classroom and detailed in the EP. The evaluation concerns all activities programmed and developed in each face-to-face meeting at the time the ITS/EP is applied. It is concluded that pedagogical practice supported by research from ITS/EP to approach the content Energy and Conservation of Mechanical Energy, in High School, makes it possible to carry out an investigative, interactive class, capable of instigating, stimulating, encouraging, allowing and enable the improvement of the quality of school physics teaching.

Keywords: educational product; investigative teaching sequence; energy; conservation of mechanical energy; teaching physics.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Transformações energéticas na natureza	25
Figura 2 – Composição da turma por gênero	51
Figura 3 – Composição da turma por gênero e faixa etária.....	52
Figura 4 – Renda familiar.....	52
Figura 5 – Experimentação no LabInfo com simulações no <i>PhET</i> Colorado.....	58
Figura 6 – Resposta às questões do pré-teste no primeiro encontro	60
Figura 7 – Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola pequena	63
Figura 8 – Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola grande	63
Figura 9 – Energia cinética e conservação de energia	65
Figura 10 – Captura de tela do simulador de energia na pista de skate	66
Figura 11 – Captura de tela da simulação no modo parque	66
Figura 12 – Resultados do questionário pós-teste <i>on-line</i>	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Metodologias ativas de aprendizagem híbrida no EH	36
Quadro 2 – Passos para a organização do <i>Webquest</i>	37
Quadro 3 – Estruturação da sequência de ensino investigativa.....	50
Quadro 4 – Conceituação de energia e conservação de energia no pré-teste ..	59
Quadro 5 – Atividade avaliativa extraclasse do quarto encontro	68
Quadro 6 – Conceituação de energia e conservação de energia no pós-teste .	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCEs	Diretrizes Curriculares da Educação Básica
EAM	Experiência da Aprendizagem Mediada
EaD	Educação à Distância
E_C ou K	Energia cinética
EAM	Experiência da Aprendizagem Mediada
EH	Ensino Híbrido
E_{mec}	Energia Mecânica
EM	Ensino Médio
ERE	Ensino Remoto Emergencial
E_P	Energia Potencial
E_{pel}	Energia potencial elástica
E_{pg}	Energia potencial gravitacional
EUA	Estados Unidos da América
F_e	Força elástica
J	Joules unidade de medida do Trabalho (W)
k	Constante elástica
LabInfo	Laboratório de Informática do Colégio Estadual Presidente Vargas
LaPEF	Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física
LDBN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
m	Unidade de medida de comprimento em metro
N/m	Unidade de medida da força em Newton por metro
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PE	Produto Educacional
<i>PhET</i>	<i>Physics Education Technology Project</i>
SD	Sequência Didática
SEIs	Sequências de Ensino Investigativas
TDICs	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
W	Trabalho
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 Conceito de energia e energia mecânica.....	18
2.2 Energia cinética e trabalho	19
2.3 Trabalho realizado por uma força elástica.....	21
2.4 Energia potencial e forças dissipativa e conservativa	22
2.5 Energia mecânica e conservação da energia.....	24
3 APRENDIZAGEM MEDIADA E METODOLOGIAS EXPLORADAS NO ENSINO DE FÍSICA	27
3.1 Mediação da aprendizagem em Vygotsky e Feuerstein	27
3.2 Metodologias de aprendizagem ativa.....	32
3.3 Metodologias ativas de aprendizagem híbrida.....	35
3.4 Ferramentas tecnológicas e estratégias didáticas no ensino da Física	38
4 METODOLOGIA DA PESQUISA E A PROPOSTA METODOLÓGICA DO PRODUTO EDUCACIONAL (PE)	42
4.1 Metodologias da pesquisa	42
4.2 Metodologias de ensino na construção metodológica do PE	43
4.3 Planejamento e estruturação da SEI	47
4.4 Sujeitos da pesquisa	51
4.5 Instrumento de avaliação da aprendizagem no pré-pós-teste da SEI.....	53
4.6 Procedimentos de coleta de dados e informações relevantes	55
5 APLICAÇÃO DA SEI, RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1 Primeiro encontro da SEI: aprendizagem e conhecimento prévio no pré-teste.....	57
5.2 Segundo encontro da SEI: conceitos e aplicações da energia potencial elástica (E_{pe}).....	62
5.3 Terceiro encontro da SEI: energia cinética (E_c) e a conservação de energia mecânica.....	65
5.4 Quarto encontro da SEI: aprendizagem de conceitos e avaliação no pós-teste.....	67
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	76
APÊNDICE 1 – ATIVIDADES AVALIATIVAS: PRÉ-PÓS-TESTAGENS	832
APÊNDICE 2 - PRODUTO EDUCACIONAL	86

1 INTRODUÇÃO

A presente dissertação resulta de um conjunto de questionamentos e inquietudes que acompanha minha prática pedagógica na Educação Básica, em particular no Ensino Médio (EM), como professora de Física em instituições educacionais pertencentes à rede estadual de ensino do Estado do Paraná. É, pois, esse conjunto que motiva e impulsiona a incessante busca pelo aperfeiçoamento e agregação do conhecimento, sobretudo quanto ao processo ensino-aprendizagem de conteúdos curriculares da Física Escolar.

Essa incessante busca conduz à participação em vários cursos de especialização na área de educação, mas, ainda assim, diante das dificuldades vivenciadas no ensino de Física em vários momentos desponta o sentimento de insatisfação com os resultados alcançados em sala de aula. Eis, então, que surge a possibilidade de ingresso no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Medianeira-PR. Depois da inscrição, submissão e aprovação no processo seletivo, inicia-se a frequência no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). É nesse momento que desperta o interesse em discutir sobre a adoção de metodologias ativa, colaborativa, cooperativa e híbrida no ensino da Física Escolar.

Dentre tantas questões motivadoras à frequência no MNPEF, destaca-se: a busca por um embasamento teórico a fim de dar respostas para os questionamentos mais pontuais dos estudantes, como, por exemplo: por que e para que estudar Física? Para que serve o conhecimento adquirido na aula de Física? Para que fazer tantos cálculos? Até parece aula de Matemática... Onde vou aplicar tudo isso que a senhora ensina para gente? Como explicar sobre a importância do conhecimento da Física na vida cotidiana do estudante?

Ao longo da prática docente, percebe-se que as respostas a essas e outras tantas questões inerentes ao ensino-aprendizagem de Física, além de nem sempre serem objetivas, reúnem em si grande complexidade, até porque, junto a outras disciplinas curriculares, a Física integra a área de conhecimento das Ciências da Natureza, conforme registro nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002). Ao integrar a área das Ciências da Natureza, ampliam-se as possibilidades de o ensino de Física ser realizado sob diferentes abordagens temáticas e metodológicas. Essa compreensão é encaminhada pelas Diretrizes

Curriculares da Educação Básica (DCEs: Física), Secretaria Estadual de Educação do Estado do Paraná, ao registrar que tal como outras disciplinas, a Física Escolar

[...] deve educar para cidadania e isso se faz considerando a dimensão crítica do conhecimento científico sobre o Universo de fenômenos e a não-neutralidade da produção desse conhecimento, mas seu comprometimento e envolvimento com aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais (Paraná, 2008, p. 50).

Outro aspecto de relevância nessas reflexões diz respeito à própria prática pedagógica diante dos fundamentos definidos pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBN)¹ que supõe uma prática baseada em princípios, dentre os quais: “[...] liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber” e o “pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas” (art. 3º, §§ II e III, Brasil, 1996).

Complementarmente, as DCEs apontam para a importância da construção de um ensino de Física “[...] centrado em conteúdos e metodologias capazes de levar os estudantes a uma reflexão sobre o mundo das ciências, sob a perspectiva de que esta não é somente fruto da racionalidade científica” (Paraná, 2008, p. 49).

Argumenta-se, pois, ser preciso que o ensino de Física Escolar se afaste do chamado ensino tradicional, “[...] no qual o aluno é considerado uma ‘jarra vazia’ na qual o professor irá ‘despejar’ o conhecimento” (Bellucco; Carvalho, 2014, p. 32); que o professor perceba o ensino de Física “[...] com mais gente e com menos álgebra, a emoção dos debates, a força dos princípios e a beleza dos conceitos científicos” (Menezes, 2005 *apud* Paraná, 2008, p. 50) e que o professor explore em sua prática pedagógica metodologias ativa, interativa, híbrida, cooperativa e colaborativa, pois “[...] o contato dinâmico, interativo e ativo com a Física poderá quebrar barreiras e, juntamente com a exposição, solidificar os conceitos estigmatizados como difíceis e inacessíveis pelos alunos” (Campos, 2018, p. 13).

Registra-se, ainda, que o uso de *softwares* de simulação auxilia o professor de Física no ensino dos conteúdos curriculares de maneira mais simples e próxima ao cotidiano dos estudantes (Böhlke; Evangelista; Alvarenga, 2021). Aqui se incluem reflexões sobre a exploração didático-pedagógica da ferramenta tecnológica *PhET*

¹ Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, estabeleceu as diretrizes e bases da educação nacional (Brasil, 1996).

(*Physics Education Technology*),² a qual funciona como uma espécie de plataforma *on-line* e que permite acesso dos estudantes a conteúdos curriculares e lhes oportuniza simular atividades e conceitos estudados em sala de aula do ensino presencial ou *on-line* de um modo dinâmico, ativo e interativo (Silva; Franco, 2021).

Essas perspectivas de análise incentivam novas abordagens e discussões sobre a importância da mudança não apenas na prática de ensino, visto que ainda requerem a superação de dificuldades que estão presente no ensino de Física (Paraná, 2008), especialmente quando a prática pedagógica visa à aprendizagem significativa³ (Sasseron; Carvalho, 2008).

A pesquisa nacional tem revelado que, em geral, a mediação do professor sob uma abordagem teórico-conceitual com base na Teoria da Aprendizagem elaborada pelo psicólogo bielorrusso Lev Semionovich Vygotsky (1896-1934) e na Teoria da Experiência da Aprendizagem Mediada a partir do entendimento do psicólogo judeu-israelense Reuven Feuerstein (1921-2014) não têm despertado grande interesse do professor-pesquisador na área de Física. Uns dos motivos pode se relacionar ao fato de que poucos são os professores que alcançam sucesso no ensino da Física diante de inúmeras questões, dentre outras, aquelas relativas à mínima carga horária no currículo, à abrangência dos conteúdos na matriz curricular, aos recursos educacionais disponíveis na instituição educativa e às metodologias de ensino-aprendizagem exploradas e aplicadas em sala de aula (Dias, 2020).

Algumas dessas questões motivam o desenvolvimento e a aplicação de um Produto Educacional (PE) no ensino da Física baseado na estratégia didática conhecida como Sequência de Ensino Investigativa (SEI) com a participação de estudantes da 1ª série do Ensino Médio em uma instituição educacional pertencente à rede estadual de Educação Básica do Estado do Paraná, a partir da seguinte questão: a exploração de uma SEI com apoio da ferramenta tecnológica *PhET* Colorado se revela uma estratégia didática capaz de romper dificuldades e abrir possibilidades metodológicas que conduzam para o sucesso dos processos de ensino e aprendizagem do conteúdo curricular no EM: Energia e Conservação de Energia Mecânica? Possíveis respostas a essa questão se encontram no relato de

² *Physics Education Technology Project* é um simulador conhecido por *PhET* Colorado disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_pt_BR.html.

³ Entende-se aprendizagem significativa como “[...] aquela que ocorre de maneira não mecânica ou arbitrária e fica disponível para ser utilizada em outras situações semelhantes às realizadas em sala de aula a elas relacionadas” (Brasil, 2008, p. 62).

experiência sobre a aplicação do PE resultante da prática pedagógica desenvolvida. Esse relato é apresentado ao longo deste texto dissertativo, com particular destaque para o quinto capítulo, que contempla a aplicação da SEI, resultados e discussões.

A aplicação da SEI, relatada nesta dissertação, segue fundamentos teórico-metodológicos baseados em Carvalho (2011; 2013; 2018) e tem por objetivo geral oportunizar a exploração de atividades investigativas com o conteúdo de Física relativo à Energia e Conservação da Energia Mecânica com exploração didático-pedagógica do simulador *on-line PhET Colorado*.

Seus objetivos específicos são:

- a) produzir, implementar e avaliar a aplicação da SEI no ensino de Energia e Conservação de Energia Mecânica com o uso do simulador específico, o *PhET Colorado*;
- b) incentivar os educandos a desenvolverem atividades que despertem suas habilidades cognitivas e emocionais com aulas participativas, práticas e interativas;
- c) observar a motivação e a aprendizagem ao término da cada atividade proposta;
- d) ampliar as possibilidades de o aluno expor e defender de forma clara e objetiva suas respostas às atividades de experimentação em Física na Educação Básica, Ensino Médio.

Como caminho metodológico para o relato sobre a aplicação na prática de ensino do PE e desenvolvimento da SEI nesta dissertação, adota-se o método qualitativo, que não requer essencialmente a aplicação de instrumentos estatísticos para a realização da análise de um problema enunciado, visto que não tem por objetivo medir e sequer numerar os eventos estudados (Richardson, 2013).

Associada ao método, os dados coletados na prática de ensino da SEI/PE são relatados de maneira narrativa (Mattos, 2015), com abordagem qualitativa (Bogdan; Biklen, 1994), a fim de reunir o maior número possível de informações sobre os elementos observados na realidade estudada.

A presente dissertação está organizada em capítulos formados por títulos e subtítulos, contados a partir da Introdução que traz breve relato sobre discussões e reflexões acerca da prática de ensino de Física no Ensino Médio. Tais discussões e reflexões se aproximam a motivação que leva à criação/estruturação do PE e da aplicação da SEI.

No segundo capítulo, Fundamentação Teórica, aborda-se a disciplina, o conteúdo e o ensino da Física a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (Brasil, 2002) e das Diretrizes Curriculares da Educação Básica (Paraná, 2008) com foco nos conceitos de Energia e Conservação da Energia Mecânica e outros conceitos pertinentes ao currículo de Física na Educação Básica. A formação desse capítulo se dá a partir da pesquisa bibliográfica com base em teses, dissertações e artigos publicados e capturados em meio *on-line*, observando-se peculiaridades da disciplina, do conteúdo e do ensino da Física.

No terceiro capítulo, Aprendizagem Mediada e Metodologias Exploradas no Ensino da Física, aborda-se a base teórico-conceitual sobre aprendizagem mediada e metodologias ativas que conduzem à aprendizagem colaborativa, cooperativa e híbrida, e que são exploradas na aula de Física no EM, com foco no significado da metodologia Sequência de Ensino Investigativa (SEI). A elaboração deste capítulo também conta com a exploração da pesquisa bibliográfica.

Em seguida, elaborado com base na pesquisa bibliográfica, no quarto capítulo Metodologia da Pesquisa e a Proposta Metodológica do PE, é contemplada a base teórico-metodológica fundamentadora da pesquisa relatada nesta dissertação em correlação com a proposta metodológica do PE.

Na sequência, no quinto capítulo, Resultados e Discussão sobre a Aplicação do Produto Educacional (PE), discorre-se sobre os resultados observados em contexto real da prática pedagógica do ensino do conteúdo de Física na 1ª série do EM diante da aplicação do PE.

Encerra-se com as Considerações Finais e, logo em seguida, registram-se as Referências utilizadas para desenvolver toda a dissertação, apondo-se como apêndice o PE em seu inteiro teor.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A elaboração deste capítulo é sustentada por pesquisa bibliográfica – fundamentadas posteriormente – a partir da consulta *on-line* em teses, dissertações e artigos capturados em meio *on-line*, observando-se peculiaridades da disciplina, do conteúdo e do ensino da Física, com foco no conceito de Energia, Conservação da Energia Mecânica e outros correlatos presentes no currículo de Física do Ensino Médio (EM) e na Educação Básica.

A escolha do conteúdo Energia e Conservação da Energia Mecânica para desenvolver a prática pedagógica em sala de aula do EM e criação/elaboração da SEI/PE, contemplados nesta dissertação, concentra-se na facilidade de incentivar a exposição de ideias correlacionadas às vivências cotidianas de estudantes, a possibilidade da adoção de uma abordagem multidisciplinar na exploração das diversas formas de energias existentes na natureza e a facilidade da realização de atividades experimentais *on-line* com uso do *PhEt – Physics Education Technology* – no âmbito da sala de aula presencial e no Laboratório de Informática da instituição educativa, em associação com as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), abrindo espaços para aprendizagem significativa e o diálogo entre saberes empíricos e científicos já apropriados pelos estudantes.

A seguir, pautam-se alguns conceitos pertinentes ao ensino da Física no Ensino Médio, referendados nos PCNEM e nas DCEs.

2.1 Conceito de energia e energia mecânica

Entre os conceitos fundantes do ensino de Ciências da Natureza no âmbito da Educação Básica e Educação Superior se encontra o conceito de energia. Por sua abrangência em diversas disciplinas curriculares, como, por exemplo, em Física, Química, Biologia, Educação Física, há diferentes abordagens sobre tal conceito, associado aos tipos de energia, como: cinética, elástica, gravitacional, térmica, elétrica, magnética, nuclear, química e outras.

Argumenta-se que o termo ‘energia’, por ser tão amplo, tornando-se difícil ser concebida uma definição simples no campo da Física Escolar. Contudo, teoricamente a Energia consiste em:

[...] uma grandeza escalar associada ao estado de um ou mais objetos. Energia é um número que associamos a um sistema de um ou mais objetos. Se uma força afeta um dos objetos, fazendo-o, por exemplo, entrar em

movimento, o número que descreve a energia do sistema varia (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 361).

Entende-se, pois, que o conceito geral de energia não é bastante claro quando sob um olhar restrito no campo da Física Escolar. Dessa forma,

[...] um conceito geral pode ser elucidado em termos dos conceitos hipergerais (filosóficos) de coisa concreta e mutabilidade. Dessa forma, consegue-se elaborar uma miniteoria que identifica a energia com a mutabilidade e que a considera, assim como sua conservação, como uma propriedade universal das coisas concretas (Bunge, 2000, p. 457).

Ao ser associado à transformação, dissipação e conversação de energia, o conceito de energia passa a se constituir em uma abordagem estruturadora do ensino da Física na Educação Básica e Educação Superior. Nesse âmbito, energia é entendida como “[...] o poder inerente de um sistema material, de realizar mudanças no estado de sua vizinhança ou nele mesmo” (Souza; Santos, 2015, p.4).

Argumenta-se que o conceito de energia está habitualmente inserido no contexto da Conservação de Energia Mecânica e, dessa forma, a abordagem no ensino de Ciências da Natureza igualmente se relaciona às discussões sobre a transformação de energia em seus diferentes processos e diversas formas socialmente aplicáveis (Fernandes, 2013).

A energia mecânica (E_M ou E_{mec}) de um sistema corresponde a soma da energia cinética (E_C ou K) com a energia potencial (E_P ou U). Assim: $E_{mec} = K + U$ (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 631).

A tendência mais expressiva que acompanha o ensino da Física na Educação Básica com abordagem em energia são as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), ou seja, as relações teórico-conceituais que aí se associam (Pereira; Araújo, 2021).

Na sequência, analisam-se alguns conceitos fundamentais para a prática do docente de Física no Ensino Médio. Inicialmente são discutidos os conceitos de Energia Cinética (K) e Trabalho (W).

2.2 Energia cinética e trabalho

Define-se energia cinética (E_C ou K) como sendo aquela associada ao estado de movimento de um objeto. Assim, observa-se que “[...] quanto mais depressa o objeto se move, maior é a energia cinética. Quando um objeto está em repouso, a energia cinética é nula” (Tipler; Mosca, 2012, p. 153). No cálculo da

energia cinética (K), para um objeto de massa m cuja velocidade v é muito menor que a velocidade da luz, aplica-se a seguinte equação: $K = \frac{1}{2} mv^2$, sendo m = massa e v = velocidade (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 522). Nesta dissertação se utiliza a seguinte equação para cálculo de energia cinética: $E_c = mv^2/2$.

O conceito de trabalho em Física está associado à transferência de energia. Assim, conceitua-se trabalho como sendo “[...] a energia transferida para um objeto, ou de um objeto, por meio de uma força aplicada ao objeto. Quando a energia é transferida para o objeto, o trabalho é positivo; quando a energia é transferida do objeto, o trabalho é negativo” (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 526).

Então, as variações da energia cinética decorrem da força aplicada sobre o objeto. Vale anotar, pois, que “[...] a energia cinética depende da rapidez do objeto e não da velocidade. Se a velocidade muda de orientação, mas não de magnitude, a energia cinética permanece a mesma” (Tipler; Mosca, 2012, p. 172).

Aqui é importante ser entendido o Teorema do Trabalho e Energia Cinética, segundo o qual o trabalho (W), que é realizado sobre um corpo, é numericamente igual à variação da energia cinética desse corpo. Assim esclarecido:

[...] quando o trabalho total (W_{total}) é positivo, a energia cinética aumenta, o que significa que a partícula está se movendo mais rapidamente no final do deslocamento do que no início. Quando o trabalho total (W_{total}) é negativo, a energia cinética diminui. Quando trabalho total (W_{total}) é zero, a energia cinética não varia, o que significa que a rapidez da partícula não varia (Tipler; Mosca, 2012, p. 172).

Não obstante, é importante registrar que a dedução transcrita na citação de Tipler e Mosca (2012) quanto à relação Trabalho e Energia Cinética, o qual vale apenas se a força resultante permanecer constante. Porém, o Teorema do Trabalho e Energia Cinética é válido mesmo se houver variação da força resultante e o movimento não esteja restrito a uma linha reta (Tipler; Mosca, 2012).

Segundo o Teorema do Trabalho e Energia Cinética, a variação da energia cinética é igual ao trabalho realizado $\Delta K = W$. Desse modo, a energia cinética final corresponde à soma do trabalho realizado com a energia cinética inicial $K_f = W + K_i$. Se $W > 0$ a energia cinética da partícula aumenta $K_f > K_i$; mas se $W < 0$ a energia cinética da partícula diminui $K_f < K_i$.

Afirma-se, pois, que nas transferências de energia por meio de uma força sempre há a realização de um trabalho. “[...] trabalho W é realizado pela força sobre o objeto” (Tipler; Mosca, 2012, p. 154). No cálculo do trabalho, quando a direção de

aplicação da força for paralela com o deslocamento do corpo, aplica-se a seguinte equação: $W = F \cdot d$, sendo W o trabalho dado em joules, F a força aplicada em newtons e d é a distância do deslocamento do corpo em metros.

Contudo, nos casos em que a aplicação da força não esteja paralela com a direção do deslocamento do corpo, utiliza-se a equação $W = F \cdot d \cdot \cos \theta$, sendo: W o trabalho dado em joules, F a força aplicada em newtons, d a distância do deslocamento do corpo em metros e θ o ângulo formado entre o eixo de aplicação da força e o eixo de deslocamento do objeto (Tipler; Mosca, 2012; Halliday; Resnick; Walker, 2016).

O trabalho realizado pela força gravitacional (W_g) pode ser exemplificado quando alguém levanta ou abaixa um objeto-peso. Nesse caso, para levantar esse objeto-peso, aplica-se uma força que realiza um trabalho positivo durante o deslocamento para cima (W_a), mas a força da gravidade que atua no movimento retilíneo sobre o objeto-peso é negativa (W_g). A força inicial aplicada tende a transferir energia para o objeto-peso, enquanto a força gravitacional tende a remover a energia do objeto-peso. A variação de energia cinética do objeto-peso nessas duas transferências de energia é calculada pela equação: $\Delta K = K_f - K_i = W_a + W_g$.

No caso de descida do objeto-peso, a força gravitacional tende a transferir energia para o objeto-peso, enquanto a força aplicada tende a remover energia do objeto-peso. No caso de o objeto-peso estar em repouso antes e assim permanecer depois do levantamento, então, as variáveis K_f e K_i serão nulas e $W_a + W_g = 0$, assim: $W_a = -W_g$. Portanto, o trabalho que é realizado por uma força aplicada corresponde ao resultado negativo do trabalho que é feito pela força gravitacional (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

A seguir, em função dos objetivos desta dissertação, particularmente na abordagem sobre força elástica exercida por uma mola, apresentam-se anotações sobre o trabalho realizado por uma força elástica de acordo com a Lei de Hooke.

2.3 Trabalho realizado por uma força elástica

A Lei de Hooke relaciona as seguintes grandezas: força elástica (F_{el}), ou seja, força que deforma a mola medida em newton; deformação da mola em metros (x) e constante elástica (k) da mola em newtons por metros. Assim, a força exercida por uma mola é dada por $-kx$ (Lei de Hooke), que é o deslocamento da extremidade

livre da mola a partir do estado relaxado, em que a mola não está comprimida ou alongada. Então, k é a constante elástica ou constante da força, que representa uma medida da rigidez da mola. Se o eixo x é paralelo à maior dimensão da mola, com a origem na posição da extremidade livre quando a mola está relaxada, a fórmula da Lei de Hooke é: $F_{el} = -kx$.

No caso de um objeto ser preso à extremidade livre de uma mola, o trabalho (W_s) realizado sobre o objeto pela força da mola quando o objeto é deslocado de uma posição inicial x_i para uma posição final x_f será calculado pela equação matemática: $W_s = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_f^2$. Porém, se $x_i = 0$ e $x_f = x$, a fórmula para o cálculo será: $W_s = -\frac{1}{2}kx^2$ (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

O trabalho (W_s) feito por uma mola pode ser negativo ou positivo, dependendo de a transferência total de energia ser do bloco para a mola ou da mola para o bloco quando este se move de x_i para x_f . Assim explicado:

[...] o trabalho será positivo se a posição final do bloco está mais próximo da posição no estado relaxado ($x=0$) que a posição inicial, e negativo se a posição final está mais afastada de $x=0$ que a posição inicial. O trabalho é zero se a posição final do bloco está à mesma distância de $x=0$ que a posição inicial (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 164).

A força elástica exercida por uma mola será sempre uma força variável e depende da posição da extremidade livre da mola (x). Desse modo, a F_{el} pode se representada na forma $F(x)$, além disso, a Lei de Hooke expressa uma relação linear entre F_x e x (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

2.4 Energia potencial e forças dissipativa e conservativa

Conceitualmente, a energia potencial (E_p) consiste em uma forma de energia que está relacionada à posição que um corpo ocupa no espaço, sendo que toda a energia potencial pode ser armazenada no corpo. De interesse nesta dissertação, comenta-se sobre a E_p e a energia potencial elástica (E_{pel}) com base em Halliday, Resnick e Walker (2016).

A energia potencial (E_p) corresponde ao trabalho que é necessário para elevar um corpo de massa m a uma altura h , sob influência da aceleração da gravidade g . Assim, para calcular a E_p utiliza-se a equação matemática: $E_p = mgh$, sendo m a massa do corpo medida em quilogramas, g a força da gravidade em metros por segundo ao quadrado e h a altura em metros.

A energia potencial elástica (E_{pel}) consiste na energia armazenada em molas, elásticos, cordas ou objetos que podem se comprimir ou se distender, sendo diretamente proporcional à dureza da mola, constante elástica k , é, diretamente proporcional ao quadrado da distensão ou compressão, x , do objeto em estudo.

Para calcular a E_{pel} usa-se a equação matemática: $E_{pel} = \frac{k \cdot x^2}{2}$, onde E_{pel} é medida em joules (J); k é a constante de deformação da mola em newton por metro (N/m) e x é a medida da deformação sofrida pelo corpo, em metros (m).

Entende-se potência (P) como uma taxa por meio da qual uma força realiza trabalho, sendo, assim, uma grandeza escalar medida em watt (w). Como expressão de trabalho, potência corresponde à medida de energia transferida por uma força. Potência é, então, a taxa de transferência de energia. $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = Fv$, donde: ΔW corresponde ao trabalho e Δt ao tempo gasto; F é a força e v a velocidade.

Então se uma força realiza um trabalho ΔW em um intervalo de tempo Δt , a potência média ($P_{méd}$) desenvolvida durante esse intervalo de tempo é igual ao resultado alcançado com a aplicação da seguinte equação: $P_{méd} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$.

Ao se analisar uma energia potencial (E_p) e se constatar que ela está associada uma força, diz-se que é uma força conservativa e, nesse caso, a energia mecânica (E_{mec}) se conserva. Do contrário, diz-se, pois, que é uma força dissipativa ou não conservativa. Como exemplo, registra-se que tanto a força gravitacional e como a força elástica são forças conservativas. Já a força de atrito cinético e a força de arraste não são forças conservativas, mas sim forças dissipativas (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 612-6).

Em síntese: “[...] uma força é dita conservativa se o trabalho realizado pela força sobre uma partícula que descreve um percurso fechado, ou seja, no qual o ponto final coincide com o ponto inicial, é zero” (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 612).

Quanto ao trabalho realizado pela força gravitacional, considerada a descida de um corpo, por exemplo, o trabalho não é dissipado, uma vez que sua energia potencial se transforma em energia cinética. Por exemplo, se uma bola for jogada para cima a determinada altura h , tem-se $W_p = -mgh$, mas ao descer dessa mesma bola, tem-se $W_p = +mgh$ (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Uma força não conservativa – força dissipativa –, por exemplo, considerada a força de atrito tanto na subida como na descida tem-se: $W_{fc} = -f_c d$, já que a força do atrito transforma a energia cinética inicial do objeto em calor e som.

Entre as forças conservativas se destacam propriedades fundamentais: o trabalho realizado pela força em um circuito fechado é nulo; o trabalho de uma força para levar um corpo de um ponto a outro é independente do caminho. Assim dito: “[...] o trabalho total realizado por uma força conservativa sobre uma partícula que se move ao longo de qualquer percurso fechado é nulo”. Não obstante “[...] o trabalho realizado por uma força conservativa sobre uma partícula que se move entre dois pontos não depende da trajetória seguida pela partícula” (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 619-20).

2.5 Energia mecânica e conservação da energia

O estudo sobre energia mecânica compõe parte do currículo da disciplina de Física no Ensino Médio (Brasil, 2002). Nesta dissertação, não se pretende abordar especificidades da teoria que fundamenta a conceituação de energia mecânica, pois objetiva-se apresentar com brevidade sobre seu significado e a aplicação da Lei de Conservação da Energia.

A energia mecânica (E_{mec}) de um sistema corresponde à soma da energia potencial (E_p) com a energia cinética (E_c). Em seu cálculo é utilizada a seguinte equação: $E_{mec} = E_p + E_c$ (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 437).

A E_{mec} representa uma quantidade de energia conservada e que passa de energia potencial à energia cinética durante o fenômeno, independente da trajetória, apenas estará sujeita às posições inicial e final. Se ocorrer quaisquer forças dissipativas, haverá energia dissipada correspondente ao trabalho feito por tais forças (Ramalho; Ferraro; Soares, 2007).

No estudo da Física, tomando-se um sistema isolado onde somente as forças conservativas promovem variações de energia, também as energias cinética e potencial podem variar. Porém, na soma das duas energias do sistema, a energia mecânica E_{mec} , não pode variar. Esse resultado é conhecido como Princípio de Conservação da Energia Mecânica (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 438). Representado matematicamente: $\Delta E_{mec} = \Delta K + \Delta U$, sendo a energia mecânica E_{mec} resultante da soma da energia cinética ΔK com a energia potencial ΔU do objeto.

A Lei de Conservação de Energia é definida como aquela que governa todos os fenômenos naturais reconhecidos pelo homem até a atualidade. A partir do enunciado dessa Lei, entende-se, pois, que “[...] a energia não pode ser criada ou destruída, mas unicamente transformada. O aparecimento de certa energia é sempre acompanhado pelo desaparecimento de outra forma de energia em igual quantidade” (Ramalho; Ferraro; Soares, 2007, p. 300).

Considerado o Princípio da Conservação de Energia Mecânica, a variação da energia cinética acompanhada de uma variação oposta de energia potencial pode ser assim representada matematicamente:

$$\Delta U = - \Delta_k$$

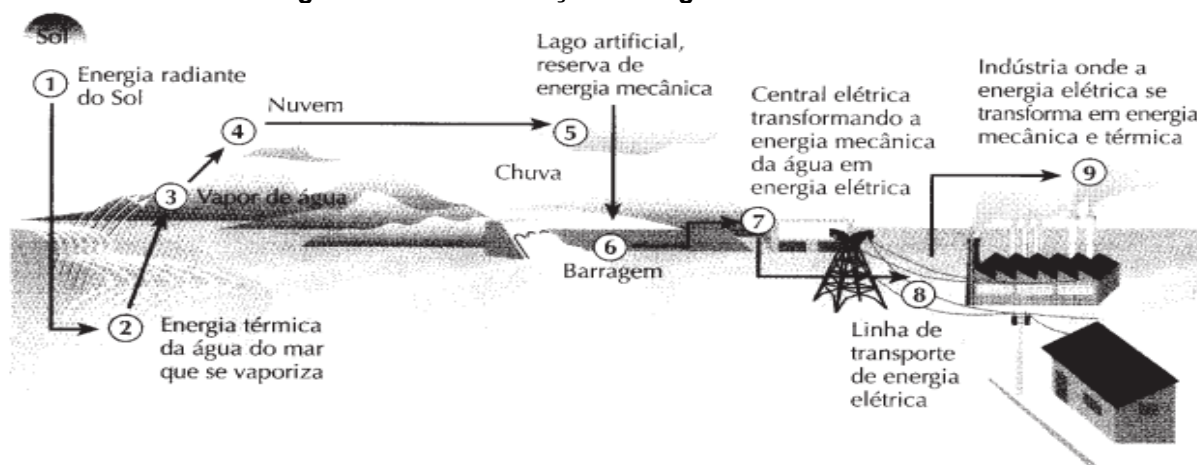
$$\Delta U + \Delta_k = 0$$

$$U_f - U_i + K_f - K_i = 0$$

Diante da Lei de Conservação de Energia Mecânica tem-se, pois, que: $K_i + U_i = K_f + U_f = E_i = E_f = \text{constante}$, onde $E = K + U$ é chamada de Energia Mecânica do sistema.

A importância dos princípios derivados da Lei de Conservação de Energia reside em auxiliar a análise dos mais diversos fenômenos energéticos que ocorre na Natureza. A título de exemplo, aponta-se uma série de transformações energéticas espontâneas ou não, outras transformações que são induzidas pelo próprio ser humano (Figura 1).

Figura 1 – Transformações energéticas na natureza



Fonte: Ramalho, Ferraro e Soares (2007, p. 300).

Como exemplo de reação energética durante o processo de transformação de energia, cita-se a experiência de tensão em uma ferramenta arco-flecha. Ao

tensionar o arco, acumula-se a energia potencial elástica. Porém, quando o arco é liberado da tensão, a energia acumulada se transforma em energia cinética, capaz de movimentar a flecha. Nesse processo há duas fases importantes: a fase da transformação da energia se modifica – de energia potencial elástica a energia cinética –, e a fase da conservação da energia, cuja quantidade total se mantém constante. Essa conservação quantitativa é a razão pela qual se entende que há equivalência em todos os tipos de energia (Bunge, 2000).

Outro exemplo: uma criança que desce em um tobogã sem atrito transforma a energia potencial gravitacional em energia cinética até o momento em que chega ao fim da trajetória. A energia cinética produzida no transcorrer da descida poderia ser transformada de volta em energia gravitacional. Contudo se depois da descida, a criança caminhar por um plano com atrito e deslizar sobre ele até parar, acontece a transformação da energia cinética em energia térmica, decorrente do próprio atrito. Porém, a energia térmica produzida não poderá ser transformada integralmente em energia cinética ou potencial gravitacional, pois ocorre degradação da energia, uma vez que foi transformada por um tipo de energia que não permite ser completamente recuperada (Bunge, 2000).

No próximo capítulo, contemplam-se reflexões sobre o significado das expressões ‘mediação da aprendizagem’ e ‘metodologia ativa’ que conduzem à aprendizagem colaborativa, cooperativa e híbrida, e que são exploradas na aula de Física no EM.

3 APRENDIZAGEM MEDIADA E METODOLOGIAS EXPLORADAS NO ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo contempla-se uma abordagem teórico-conceitual na perspectiva de mediação da aprendizagem com base na Teoria da Aprendizagem e na Teoria da Experiência da Aprendizagem Mediada (EAM), incluem-se algumas metodologias exploradas no ensino da Física na sala de aula do Ensino Médio, encontradas na pesquisa bibliográfica, em consulta *on-line*, utilizando-se os seguintes descritores: mediação na aprendizagem em Vygotsky, mediação na experiência de aprendizagem em Feuerstein, ensino da Física, metodologias de aprendizagem ativa, colaborativa, cooperativa e híbrida.

As reflexões se concentram na concepção de mediação da aprendizagem e na formação de conceitos.

No primeiro subtítulo, a primeira abordagem recai sobre o significado de aprendizagem mediada e mediação da aprendizagem, com base teórica em Lev Vygotsky e em Reuven Feuerstein, respectivamente.

No segundo, contemplam-se algumas metodologias de aprendizagem ativa, com foco específico nas metodologias ativas promotoras de aprendizagem híbrida, aplicadas na prática pedagógica em sala de aula no desenvolvimento de conteúdos curriculares de Física no EM.

Encerra-se o capítulo com abordagem em estratégias didáticas –, às vezes, denominadas de método ou instrumento de ensino –, conhecidas como Sequência Didática (SD) e Sequências de Ensino Investigativas (SEIs), sendo que esta última sustenta a prática de ensino desenvolvida na elaboração/criação e aplicação prática da SEI e do Produto Educacional relatado posteriormente.

3.1 Mediação da aprendizagem em Vygotsky e Feuerstein

As teorias de Vygotsky e Feuerstein se fundamentam no princípio de que o desenvolvimento do ser humano se dá em um ambiente social, o qual é construído historicamente, pois é no ambiente social – lar, escola, bairro, comunidade, cidade – que ocorrem as interações sociais, as quais registram profundas marcas que interferem no desenvolvimento do sujeito (Evangelista; Chaves, 2019).

Na perspectiva interacionista de Vygotsky, a aprendizagem ocorre à medida que a pessoa interage e modifica o meio em que vive. Nessa interação, o meio

modifica a pessoa à medida que ele próprio também é modificado. Essa perspectiva se mostra como alternativa capaz de estimular a aprendizagem à medida que a prática pedagógica e a intervenção do professor se propõem familiarizar o aluno com o meio social e cultural em que ele está inserido – casa, escola, círculo de amizade (Evangelista; Chaves, 2019).

É aqui que Vygotsky destaca a importância da mediação da aprendizagem feita pelo professor durante todo o processo de ensino. A partir de Vygotsky tem-se claro que o estímulo à mediação da aprendizagem leva o estudante a ser ativo, criativo, questionador para, assim, alcançar novo conhecimento (Conceição; Siqueira; Zucolotto, 2019).

Na teoria vygotskyana, a mediação é concebida como a própria ação humana, que ocorre pelas relações sócio-histórica-culturais que são estabelecidas pela interação entre as pessoas (Conceição; Siqueira; Zucolotto, 2019).

Conceitualmente, seja em sentido estrito e em qualquer âmbito de análise, entende-se que a mediação consiste em um “[...] processo por meio do qual a ação do sujeito sobre o objeto é mediada por um elemento” (Roza, 2018, p. 500).

Na teoria vygotskyana, três elementos são fundamentais para ocorrer mediação: o signo, a palavra e o símbolo. O signo é visto como “[...] criações artificiais; estruturalmente, são dispositivos sociais e não orgânicos ou individuais” (Vygotsky, 2007, p. 93). A palavra é um meio que conduz à compreensão de outro(as) e a si mesmo, sendo então, “[...] os signos dos conceitos” (Vygotsky, 1996 *apud* Conceição; Siqueira; Zucolotto, 2019, p. 5). Um símbolo é um signo. Contudo, “[...] o cabo de vassoura não funciona como signo de um cavalo para a criança, a qual considera ainda a propriedade das coisas mudando, no entanto, seu significado” (Vygotsky, 2007, p. 66).

Como a criação do homem é parte integrante da própria cultura, a atividade simbólica influencia na construção do sujeito e de seus próprios comportamentos. Tal atividade tem “[...] uma função organizadora específica que invade o processo do uso de instrumento e produz formas fundamentalmente novas de comportamento” (Vygotsky, 2007, p. 20).

Na extensão do conceito de mediação, importa refletir sobre instrumentos e sistemas de signos. Os sistemas de signos – a língua(gem), a escrita, os números – e os sistemas de instrumentos são criados pelas sociedades ao longo do curso da história humana e mudam a forma social e o nível de seu desenvolvimento cultural.

Tais sistemas se distinguem entre si: “[...] os signos são orientados internamente” uma maneira de dirigir a influência psicológica para o domínio do próprio indivíduo; por outro lado, os instrumentos “[...] são orientados externamente, visando o domínio da natureza” (Vygotsky, 2007, p. 84) e se constituem em elemento de mediação que age entre o sujeito e o objeto de seu trabalho. Então “[...] o instrumento amplia as possibilidades de transformação da natureza, sendo criado ou usado para atingir um determinado objetivo” (Roza, 2019, p. 500). É, pois, no conjunto dos sistemas de instrumentos que se incluem as TDICs como mediadoras nos processos de ensino e de aprendizagem.

Na aplicabilidade do princípio de que o desenvolvimento do ser humano se dá em um ambiente social, nota-se que a base teórica da atividade sociocultural vygotskyana sustenta a teoria da Experiência da Aprendizagem Mediada (EAM) de Feuerstein, que contempla o processo de aprendizagem centrado no caráter biopsicossocial da cognição humana (Villalta-Paucar *et al.*, 2018).

Na formulação da teoria EAM, Feuerstein (1990) concebe a mediação da aprendizagem como um tipo especial de interação que ocorre entre aquele que ensina – mediador – e aquele que aprende – mediado. Para esse pensador, a mediação deve ser caracterizada por uma interposição intencional e planejada do mediador/professor que age entre as fontes externas de estímulo e o mediado/aluno (Almeida; Malheiro, 2020).

Conforme Feuerstein (1990), é de competência do mediador fazer a pré-seleção de estímulos apropriados para a ocorrência da verdadeira mediação da aprendizagem. Para tal, o mediador precisa ter conhecimento, experiência e intenções de mediar a aprendizagem, cabendo-lhe intencionalmente selecionar, organizar e planejar os estímulos mais adequados para cada situação de ensino-aprendizagem. Ressalta, ainda, ser importante promover a variação da amplitude, frequência e intensidade dos estímulos explorados a fim de transformá-los em potentes determinantes de um comportamento cognitivo modificado estruturalmente.

Dessa forma, a mediação é dividida em três fases: planejamento, interação e avaliação. No planejamento há que se considerar que a reflexão precede a ação e, nesse caso, o mediador deve ter a capacidade de prever, de antecipar ações e reações. Na fase da interação, o mediador aplica seu planejamento, faz reflexões sobre sua ação e as interações planejadas e empreendidas ao longo do processo de ensino-aprendizagem. Na fase de avaliação, o mediador reúne suas reflexões e os

elementos usados no decorrer de todo o processo a fim de analisar se o que foi planejado chegou aos resultados esperados e replanejar novas ações e reações.

Na teoria EAM, para efetiva mediação da aprendizagem, há critérios fundamentais para o ato de mediar, divididos em dois grupos. O primeiro inclui critérios universais – intencionalidade e reciprocidade, transcendência e significado – para que ocorra o fenômeno da modificabilidade, a fim de criar condições essenciais para transformar uma interação em EAM. Esses critérios devem considerar as características únicas da existência humana, a sua modificabilidade e flexibilidade, independentemente da cultura, do contexto socioeconômico ou nível educacional (Villalta-Paucar *et al.*, 2018). O segundo inclui critérios para o direcionamento da modificabilidade de diferentes maneiras, dependendo da cultura e da relação interpessoal nas quais o estudante esteja envolvido (Almeida; Malheiro, 2020).

Entre os critérios estabelecidos na teoria EAM para a compreensão do significado de mediação da aprendizagem estão:

1. Mediação em intencionalidade e reciprocidade: reside no envolvimento recíproco do mediador e dos alunos no seu processo de aprendizagem. A intencionalidade pressupõe deliberada interação do mediador com o mediado. A reciprocidade pressupõe a troca interativa do mediador com o mediado, reciprocidade de cooperação e esforços para o alcance dos objetivos esperados.
2. Mediação em transcendência: o mediador deve garantir que o estímulo gere uma projeção do futuro relacionado à aprendizagem, o que implica relacionar atividades do passado com o futuro. O mediador deve criar condições para ocorrer a generalização do que foi aprendido para as situações do dia a dia.
3. Mediação na significação: reside na compreensão sobre a importância dos sentimentos, identificando ou validando os próprios sentimentos do mediador e estudantes, as razões para ocorrer a interação. Consiste, sobretudo, em ações proativas para despertar o interesse do aluno pela tarefa em si e busca pelo porquê da tarefa.
4. Mediação no sentimento de competência: enfatiza a autoimagem do aluno, o qual deve estar ciente de suas habilidades.
5. Mediação na regulação e controle do comportamento: busca estimular o aluno a assumir a responsabilidade por sua própria aprendizagem.

6. Mediação na participação ativa e comportamento de compartilhamento: o professor deve oportunizar atividades que envolvam interação dos estudantes com outras pessoas e com o ambiente, mediadas com vista à promoção da cooperação mútua e recíproca.
7. Mediação na individualização e diferenciação psicológica: oportunizar o desenvolvimento autônomo do aluno e o fortalecimento da sua personalidade, conduzindo-o a reconhecer as diferenças individuais em relação a colegas, às suas próprias capacidades e aos diferentes estilos de comportamento de aprendizagem existentes na turma.
8. Mediação da conduta de busca, planejamento e alcance de objetivos: o mediador planeja seu trabalho, escolhe a metodologia de ensino a ser explorada, estrutura o tempo-espço, estabelece os objetivos segundo as necessidades de seus alunos, de tal maneira que eles sejam orientados para a organização de seus objetivos e a conhecer os mecanismos necessários para alcançá-los.
9. Mediação na adaptação a novas situações: aqui é de vital importância considerar a vontade de aprender dos alunos, a forma como eles reagem a estímulos e a novas experiências de aprendizagem.
10. Mediação da mudança estrutural: a mediação requer atitude positiva do professor no desempenho de seu papel motivador de tal forma que lhe permite projetar novos relacionamentos e expandir o horizonte do aluno e de sua aprendizagem.
11. Mediação do sentimento de otimismo: engloba a importância de incluir a cultura e o meio social de cada aluno, a fim de gerar um sentimento de pertencimento à espécie humana.
12. Mediação da consciência de modificabilidade humana: sustenta-se nos pressupostos: “[...] todos os seres humanos são modificáveis”; “[...] meu mediado específico é modificável”; “[...] eu, o mediador deste mediado, posso ajudá-lo a se modificar”. Aqui o mediador atua de forma que o aluno tenha consciência do seu funcionamento cognitivo, levando-o perceber que é capaz de produzir/processar informações, que tem potencialidade para aprendizagem e capacidade para superar suas dificuldades cognitivas (Baldión-Acevedo, 2020, p. 175-6).

A teoria de Vygotsky tem o foco direcionado para o ato de conhecer, na tentativa de explicar como funciona o processo de aprendizagem cognitiva, devida à organização e armazenamento de informações e dos conhecimentos apropriados, daquilo que é e como é aprendido pelo ser humano em seu contato com o mundo, por meio de sua percepção, resolução de problemas e a tomada de decisões. Já a teoria de Feuerstein, ainda que fundamentada na teoria vygotskyana, está baseada na modificabilidade e na flexibilidade da estrutura cognitiva a partir do pressuposto de que o ser humano é dotado de uma mente plástica, flexível, aberta às mudanças. A partir das teorias da aprendizagem em Vygotsky e Feuerstein, na pesquisa se encontra uma série de metodologias de ensino-aprendizagem que podem ser exploradas em sala de aula no ensino da Física no EM.

3.2 Metodologias de aprendizagem ativa

As reflexões iniciais envolvem alguns conceitos acerca do significado de metodologias de aprendizagem ativa, que consistem em um processo amplo, cuja característica fundamental consiste na inserção do aprendiz como agente principal e responsável por sua própria aprendizagem.

Essa concepção desloca o protagonismo do professor para o aprendiz a fim de estimular a pesquisa, o compartilhamento de recursos e ideias e o engajamento do aprendiz no seu processo de construção do saber (Moran, 2017). Daí porque é possível se afirmar que as metodologias de aprendizagem ativa representam uma ruptura em relação às ideias tradicionais do ensino, as quais enfatizam a transmissão de conteúdos curriculares (Kenski, 2014).

Na pesquisa internacional, a aprendizagem ativa é vista como método de ensino ou estratégia de aprendizagem em que o professor passa a ser mediador e não transmissor do saber, e tem como propósito de levar o estudante a participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem e ser o responsável por seu próprio aprendizado. Nesse sentido, a expressão aprendizagem ativa consiste em

[...] um termo técnico para um conjunto de práticas pedagógicas que abordam a questão da aprendizagem pelos alunos sob uma perspectiva diferente das técnicas clássicas de aprendizagem, tais como aulas discursivas, onde espera-se que o professor "ensine" e o aluno "aprenda". Na aprendizagem ativa, entende-se que o aluno não deve ser meramente um "recedor" de informações, mas deve se engajar de maneira ativa na aquisição do conhecimento, focando seus objetivos e indo atrás do conhecimento de maneira proativa (Gudwin, 2018, s.p.).

Afirma-se, ainda, que as metodologias ativas são “[...] estratégias de ensino centradas na participação efetiva de estudantes na construção do processo de aprendizagem, de forma flexível, interligada, híbrida” (Moran, 2017, p. 24).

O destaque da aprendizagem ativa se associa à possibilidade de discussão de estudantes reunidos em grupos, pares/duplas/trios, no ensino presencial, no remoto emergencial (ERE),⁴ no EH e na Educação à Distância – EaD (Araújo *et al.*, 2022). Contudo, o uso das TDICs em sala de aula não é imprescindível para ocorrer à adoção de estratégias de aprendizagem ativa (Kenski, 2014).

Algumas expressões de aprendizagem ativa, personalizada, compartilhada, com ou sem o apoio de TDICs, encontradas na pesquisa, envolvem: aprendizagens por experimentação, por *design*, aprendizagem *maker* e por desafios, por problemas reais, por jogos (Moran, 2017), por investigação (Sasseron, 2013; Carvalho, 2018; Zômpero; Laburú, 2011), aprendizagens colaborativa ou cooperativa (Moran, 2018; Rodrigues; Lemos, 2019; Fortes *et al.*, 2021) e híbrida (Valente, 2014; Bacich; Tanzi Neto; Trevisani, 2019).

Complementarmente, assevera-se que a prática pedagógica sustentada por atividades investigativas revela potencial para promover a aprendizagem ativa, interativa, sobre os conteúdos curriculares das Ciências da Natureza contemplados em sala de aula, isso porque tais conteúdos “[...] precisam ser mais que uma lista de conteúdos disciplinares e devem permitir também o envolvimento dos alunos com características próprias do fazer da comunidade científica; entre elas: a investigação, as interações discursivas e a divulgação de ideias” (Sasseron, 2013, p. 2).

Nas abordagens sobre as metodologias de aprendizagem cooperativa e colaborativa são observados alguns aspectos da investigação científica, os quais levam a determinadas respostas sobre, por exemplo, como surgem e se relacionam os valores e a objetividade em Ciências. Complementarmente, defende-se que toda “[...] investigação científica é uma atividade humana colaborativa” (Longino, 2002 *apud* Sasseron, 2018, p. 1064). Sustentadas nessa assertiva surgem propostas que contemplam o significado de aprendizagem colaborativa e/ou cooperativa.

⁴ A expressão ‘ensino remoto emergencial’ surgiu na literatura nacional e internacional em decorrência da pandemia motivada pela incidência da doença provocada pelo coronavírus em 2019 (covid-19). Em decorrência e diante da necessidade de isolamento social houve a impossibilidade de realização das aulas presenciais. Com isso, os professores e estudantes tiveram que se adaptar a essa nova realidade, promovendo os processos de ensino e aprendizagem de forma *on-line*, com o emprego das TDICs e metodologia híbridas (Araújo *et al.*, 2022, p; 318).

Na pesquisa *on-line*, constata-se a defesa de pesquisadores que as expressões aprendizagem colaborativa e aprendizagem cooperativa tem iguais significados ou significados complementares entre si; outros tecem diferenças entre o significado assumido para as atividades colaborativas e atividades cooperativas e, por fim, outros apenas concebem tais expressões como práticas proativas, sempre realizadas em grupos e direcionadas à resolução de situações-problemas (Lovato *et al.*, 2018; Fortes *et al.*, 2021).

Na perspectiva de diferenciação, entende-se a aprendizagem cooperativa como metodologia ativa na qual os estudantes, reunidos em grupos pequenos e heterogêneos, entrem-se durante todo o processo de aprendizagem e avaliam a forma e o percurso realizado no desenvolvimento do trabalho para alcançar os objetivos comuns (Weltman, 2007 *apud* Fortes *et al.*, 2021).

Na aprendizagem colaborativa, sob a concepção de metodologia ativa, não há quaisquer relações hierárquicas entre professor e estudantes, pois todos são componentes do grupo (Rodrigues; Lemos, 2019). Sob um processo interativo e conciso, tais componentes do grupo precisam revelar habilidades para saber ouvir, dividir e trocar ideias, para realizar todo o trabalho proposto sempre em conjunto (Weltman, 2007 *apud* Fortes *et al.*, 2021).

Na busca pela produção do conhecimento é preciso se entender que a parceria entre professores e estudantes desencadeia um processo de aprendizagem de forma colaborativa, no qual é necessário que a interação proativa seja firmada com base na compreensão de que:

[...] sujeito e objeto são organismos vivos, ativos, abertos, em constante intercâmbio com o meio ambiente, mediante processos interativos indissociáveis e modificadores das relações sujeito-objeto e sujeito-sujeito, a partir dos quais um modifica o outro, e os sujeitos se modificam entre si. É uma proposta sociocultural; ao compreender que o “ser” se constrói na relação, que o conhecimento é produzido na interação com o mundo físico social, a partir do contato do indivíduo com a sua realidade, com os outros, incluindo aqui sua dimensão social, dialógica, inerente à própria construção do pensamento (Rodrigues; Lemos, 2019, p. 31).

A eficácia das metodologias na promoção da aprendizagem ativa – seja colaborativa e/ou cooperativa – reside na definição e no acompanhamento dos objetivos pretendidos para o ensino de conteúdos curriculares, até porque se o professor espera que os estudantes sejam proativos e que desenvolvam a criatividade a metodologia adotada deve proporcionar momentos de efetiva

interação com o objeto de estudo. Para tal, é preciso envolvê-los em atividades cada vez mais complexas, que requeiram tomada de decisão e avaliação dos próprios resultados, assim como oportunizar que os alunos experimentem “[...] inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa” (Moran, 2018, p.17).

Algumas metodologias exploradas para a promoção de aprendizagem ativa, colaborativa e cooperativa, com uso das TDICs em sala de aula no Ensino da Física, são discutidas, a seguir, dentre as quais, destacam-se: Ensino Híbrido (EH), *Webquest*, Gamificação e *Peer Instruction*.

3.3 Metodologias ativas de aprendizagem híbrida

Antes do Ensino Remoto Emergencial (ERE), ocorrido no período 2020-2021, raras publicações discutiam a exploração de metodologias ativas de aprendizagem híbrida no ensino da Física na Educação Básica presencial, exceção feita para os cursos EaD.

Historicamente, as metodologias ativas de aprendizagem híbrida tiveram suas origens associadas à EaD, de tal forma que a expressão ensino híbrido (EH) ainda persiste intimamente relacionada à sistemática educacional adotada nos cursos de EaD. Teoricamente, o EH é entendido como um programa educacional que mescla sistemática da EaD com ensino totalmente presencial, com o propósito de oportunizar aprendizagem híbrida (Christensen; Horn; Staker, 2013).

As metodologias de aprendizagem híbrida são concebidas como aquelas que têm “[...] forte mediação tecnológica: físico-digital, móvel, ubíquo, realidade física, realidade aumentada⁵ e que trazem inúmeras possibilidades de combinações, arranjos, itinerários, atividades” (Moran, 2018, p. 52).

Nas pesquisas recentes, a expressão EH se traduz como uma espécie de modelo de educação formal, caracterizado pela combinação de tempos, espaços, atividades, metodologias ativas e públicos diversos (Staker; Horn, 2012; Valente, 2014; Bacich; Tanzi Neto; Trevisani, 2019).

Em sua estruturação, o EH compõe-se pelas seguintes metodologias ativas de aprendizagem híbrida: laboratório rotacional, sala de aula invertida ou *flipped classroom*, rotação de estação e rotação individual (Quadro 1).

⁵ A expressão ‘realidade aumentada’ – explorada em práticas pedagógicas que adotam metodologias ativas, colaborativas, cooperativas e híbridas – reserva a “[...] possibilidade de associar um elemento digital, uma imagem, um vídeo ou um áudio a uma imagem real” (Mendonça, 2018, p. 231).

Quadro 1 – Metodologias ativas de aprendizagem híbrida no EH

Metodologia	Especificação
Laboratório rotacional	Há divisão do espaço para a aprendizagem em dois ambientes, sendo um <i>off-line</i> e outro <i>on-line</i> . O professor poderá alternar prática e teoria com experimentos em laboratórios físico ou virtual. Cada estudante ou grupos de estudantes permanece certo tempo em cada módulo de estudo, devendo passar pelo estudo de todos os conteúdos apresentados nos diferentes módulos. As rotações permitem que cada estudante aprenda todo o conteúdo apresentado e discutido pela turma inteira.
Sala de aula invertida	A sala invertida é dividida em três momentos distintos: (i) busca individual pelo conhecimento prévio [<i>on-line</i>]; (ii) interação com professor(a) e colegas da turma [<i>off-line</i>]; (iii) aprofundamento e retomada de conceitos em defasagem [<i>on-line</i>]. O estudante precisará estudar [<i>on-line</i>] todo o conteúdo proposto antes da aula presencial para alcançar conhecimento prévio que lhe permita a resolução das atividades propostas pelo professor no ambiente escolar [<i>off-line</i>]. Cada um deles deverá desenvolver habilidades para aplicar os conceitos apreendidos na pesquisa <i>on-line</i> a fim de ampliar sua aprendizagem, aprimorar seu conhecimento na interação presencial (<i>off-line</i>), e aprofundar conceitos pertinentes ao conteúdo de forma <i>on-line</i> .
Rotação de estações	Divide-se o espaço de aprendizagem em estações de estudo. Cada estação tem um objetivo específico relacionado ao principal objetivo da aula, sendo cada uma independente da outra. No decorrer da aula, cada estudante ou grupos de estudantes deve passar pelas estações formadas e obedecer a um tempo preestabelecido para que todos os estudantes trabalhem/estudem conteúdos de todas as estações, as quais podem conter atividades propostas para resolução de maneira <i>on-line</i> e/ou <i>off-line</i> .
Rotação individual	A rotação individual é semelhante à rotação por estações. Difere porque o estudante ou grupos não passam por todo os espaços de estudo programados na rotação individual. Cada estudante ou grupos de estudantes recebe um roteiro personalizado de estudo segundo o nível de aprendizagem, devendo, então, se dedicar para o estudo de conteúdos apontados nesse roteiro.

Fonte: Elaborado pela autora com base em Staker e Horn (2012) e Valente (2014).

Webquest é outra metodologia ativa de aprendizagem híbrida explorada frequentemente no ensino da Física por ser um modelo simples e útil para o dimensionamento de atividades educacionais presenciais no sistema *World Wide Web* (*on-line*) (Dodge, 1995).

Define-se a metodologia *Webquest* como “[...] uma investigação orientada, na qual algumas ou todas as informações com as quais os aprendizes interagem, são originadas de recursos da *Internet*” (Dodge, 1995, p. 1).

Os fundamentos básicos da *Webquest* residem no incentivo à realização de tarefas investigativas orientadas que levem à aprendizagem ativa decorrente do envolvimento direto do estudante no seu processo de construção do conhecimento (Bacich, 2020; Oliveira Loureiro; Silva, 2022).

A aplicação da metodologia *Webquest* requer prévia organização da informação relativa ao conteúdo curricular a ser explorado durante a aula (Bacich, 2020). A estruturação dessa informação ocorre em sete (7) passos pré-definidos,

quais sejam: introdução, tarefa, processos (inclusos os recursos), avaliação, conclusão, referência e crédito (Quadro 2).

Quadro 2 – Passos para a organização do Webquest

Passo	Especificidade
Introdução	É a primeira aproximação do estudante com o objeto de estudo, por isso a introdução deve ser breve e concisa, capaz de despertar a curiosidade sobre o objeto de estudo e instigar à exploração dessa metodologia na sala de aula.
Tarefa	A tarefa é o principal desafio metodológico e objetiva motivar o estudante à pesquisa e incentivar real engajamento entre o grupo na resolução da situação-problema a ser resolvida. O papel do grupo é a resolução da tarefa.
Processo	É o passo a passo da ação. Deve-se esclarecer sobre o que é esperado; que o grupo de estudantes faça durante a investigação proposta, a organizações e a divisão de papéis dentro do grupo. Orientar sobre procedimento adequado na utilização da Web, como encontrar e selecionar sítios de informações conforme a proposta da pesquisa para ocorrerem novas aprendizagens.
Recursos	Todo o material de pesquisa deve estar disponível <i>online</i> para acesso. Caso os assuntos da pesquisa sejam muito específicos e com poucas fontes de informação na <i>Internet</i> , livros e revistas podem ser consultados.
Avaliação	Os atributos avaliativos devem considerar a qualidade, tanto dos aspectos quantitativos como qualitativos. A avaliação deve considerar os itens elencados sobre o que é esperado do estudante na realização da tarefa: trabalho em grupo, criatividade na concepção, escrita correta, qualidade da apresentação oral, organização na apresentação das ideias, facilidade de comunicação e interação com o grupo, organização. Cada item elencado recebe um atributo quantitativo de 0 a 10 ou de 0 a 100 ou valoração em porcentagem.
Conclusão	Consiste no momento de valorizar o processo de estudo e pesquisa, incentivar o aprofundamento sobre o tema e parabenizar o grupo pelo trabalho realizado.
Créditos	Consiste na identificação. É preciso atribuir créditos de imagens; registre um contato para outros interessados sobre o processo de elaboração do <i>webquest</i> .

Fonte: Elaborado pela autora com base em Bacich (2020).

A gamificação – *gamification* – ou aula gamificada é outra metodologia ativa que pode ser aplicada em sala de aula do ensino de Física com ou sem a exploração das TDIC. Essa metodologia “[...] consiste na exploração de elementos de *design* de jogos (*game play*, grifo nosso) no ambiente de aprendizagem, não para jogar, mas para motivar, engajar e melhorar o rendimento e desempenho dos alunos envolvidos no processo de ensino” (Silva; Sales; Castro, 2019, p. 3).

Embora a gamificação utilize elementos próprios de *design* de *games* – mecânicas, estratégias, pensamentos – é importante salientar que tais elementos devem ser contemplados fora de contextos de uso de *games* de entretenimento, pois tal metodologia se afasta da diversão e da jogabilidade (*game play*) (Stuart, 2015). A gamificação visa motivar e ampliar a possibilidade de a atividade proposta pelo professor ser estimulante e reter a atenção dos estudantes na construção de conhecimento (Silva; Sales, 2017; Dantas; Peres, 2018).

Outra metodologia ativa de aprendizagem híbrida, explorada no ensino de Física, é o *Peer Instruction* – traduzido como aprendizado entre pares ou aprendizado por instrução pelos colegas (Petter *et al.*, 2021).

O *Peer Instruction* consiste em uma instrução direcionada a estudantes, dispostos em duplas ou grupos, em que o professor procura evidenciar que seu modelo é melhor do que seu par, resultando em valioso debate (Campos, 2018). O *Peer Instruction* “[...] busca promover a aprendizagem com foco no questionamento para que os alunos passem mais tempo em classe pensando e discutindo ideias sobre o conteúdo, do que passivamente assistindo exposições orais por parte do professor (Araújo; Mazur, 2013 *apud* Braga; Gonçalves; Lameu, 2021, p. 8).

No ensino da Física, a exploração pedagógica do *Peer Instruction* “[...] é indicado para romper com o ensino convencional, frequentemente associado aos livros didáticos e/ou notas de aulas, dando aos alunos pouco incentivos para frequentar as aulas” (Junger; Ferraz; Vilela, 2021, p. 62).

A aplicação pedagógica do *Peer Instruction* possibilita o envolvimento das TDIC, a interação, o diálogo entre estudantes e professores de forma a permitir a troca de conhecimentos entre todos os integrantes da sala de aula (Padilha Júnior; Neto, 2022). Por sua exploração no ensino de Física, os estudantes “[...] são envolvidos em sua própria aprendizagem durante toda a aula e focam sua atenção nos conceitos subjacentes” (Junger; Ferraz; Vilela, 2021, p. 62).

Na pesquisa há relatos de experiências no ensino da Física que contemplam a exploração de metodologias ativas na aprendizagem colaborativa, cooperativa e híbrida, associadas a diferentes ferramentas tecnológicas, como, por exemplo, o *PhET* Colorado, e as estratégias didáticas dentre as quais, destacam-se a Sequência Didática (SD) e a Sequências de Ensino Investigativas (SEIs).

3.4 Ferramentas tecnológicas e estratégias didáticas no ensino da Física

Entre as ferramentas tecnológicas de interesse nesta dissertação, capazes de promover aprendizagem híbrida e que são exploradas no ensino da Física no EM, cita-se o simulador virtual conhecido com *Physics Education Technology Project* – *PhET* Colorado ou projeto de tecnologia do Ensino da Física –, idealizado em 2002 na Universidade do Colorado em Boulder nos Estados Unidos da América (EUA), pelo físico Carl Wieman, Prêmio Nobel de Física em 2021. O objetivo do *PhET*

Colorado é simular situação-problema a fim de ajudar o estudante na compreensão de conceitos abordados no Ensino de Ciências (Studart, 2019).

Por sua dinâmica, o *PhET* Colorado possibilita simulações computacionais interativas e gratuitas no aprendizado de conteúdos de Física, Biologia, Ciências da Terra e Matemática (Rodrigues, 2013; Nascimento, 2014; Silva; Franco, 2021). Tais simulações envolvem o estudante em um ambiente intuitivo, estilo jogo, cuja metodologia ativa adotada promove a aprendizagem colaborativa, cooperativa e híbrida mediante o simulador e, conseqüente, descoberta do conhecimento pautado na aula pelo professor (Juca, 2013; Alves; Sousa, 2021).

As simulações computacionais virtuais são instrumentos, ferramentas, relevantes e complementares às aulas expositivas, pois auxiliam na investigação e na demonstração do fenômeno em estudo (Fernandes; Hartmann; Dorneles, 2014; Silva, 2022). Pela exploração de simuladores, o estudante pode observar a evolução do fenômeno estudado e repeti-lo sempre que for necessário para alcançar melhor compreensão (Böhlke; Evangelista; Alvarenga, 2021).

Há diferentes estratégias didáticas que auxiliam o professor de Física do EM na organização/programação de sua prática pedagógica associada à adoção de uma ou de outra metodologia de aprendizagem ativa, colaborativa, cooperativa e híbrida. As estratégias didáticas mais comumente encontradas na pesquisa são as Sequências Didáticas (SDs) e as Sequências de Ensino Investigativas (SEIs).

A expressão sequência didática (SD), usada na pesquisa, conduz ao significado de ajudar o professor a organizar determinado conteúdo curricular a fim de que sua prática de ensino facilite o processo de aprendizado. Define-se, então, a SD como um “[...] conjunto de atividades educacionais articuladas entre si, que visa investigar o conhecimento dos estudantes e buscar um aprofundamento desses conhecimentos de forma organizada, reflexiva e participativa” (Fernandes; Hartmann; Dorneles, 2014, p. 20). Ou, então, como “[...] 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, 2010, p. 18).

Para o êxito da prática pedagógica com SD pautada em metodologias ativas, recursos e TDICs móveis no ensino da Física, assevera-se que é fundamental a adoção de alguns princípios teóricos para sustentar a prática docente, motivar e potencializar a aprendizagem (Fiasca *et al.*, 2021). Os autores se reportam aos

princípios teóricos que sustentam metodologias ativas, como por exemplo, *Peer Instruction*, Ensino sob Medida (EsM) e EH: sala de aula invertida.

Na pesquisa nacional há discussões sobre o ensino por investigação ou *inquiry*, o qual não é considerado uma metodologia, mas sim uma estratégia didática tal como a SD. O ensino por investigação ou *inquiry* recebe grande influência do filósofo e pedagogo americano John Dewey (Lômpero; Laburú, 2011).

Na pesquisa há diferentes denominações para o significado de ensino por investigação ou *inquiry*. Dentre outras, citam-se ensino por descoberta, aprendizagem por projetos, resolução de problemas, questionamentos e/ou, ainda, atividades investigativas (Lômpero; Laburú, 2011; Sasseron, 2015).

O ensino por investigação ou *inquiry* pode se vincular “[...] a qualquer recurso de ensino desde que o processo de investigação seja colocado em prática e realizado pelos alunos a partir e por meio das orientações do professor” (Sasseron, 2015, p. 58). Salienta-se que a perspectiva do ensino por investigação abre um leque de possibilidade para “[...] o aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e também a cooperação entre eles, além de possibilitar que compreendam a natureza do trabalho científico” (Lômpero; Laburú, 2011, p. 68).

Na prática de ensino-aprendizagem, a investigação tem por finalidade “[...] promover o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos, a realização de procedimentos como elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação” (Lômpero; Laburú, 2011, p. 73).

Associadas à estratégia de ensino por investigação, surgem as Sequências de Ensino Investigativas (SEIs), originadas no Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LaPEF) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo a partir da sistematização de pesquisas feitas por seus mestrandos e doutorandos, oriundas na revisão bibliográfica em periódicos de ensino de Ciências (Carvalho, 2021).

Com base na pesquisa, compreende-se que uma SEI é uma estratégia didática orientadora do professor na organização de sua prática pedagógica, consistindo, então, “[...] no encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento possam ser trabalhados” (Sasseron, 2015, p. 59). Ou, ainda, uma SEI é “[...] uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver conteúdo ou temas científicos. Este tema é inquirido com o uso de diferentes atividades investigativas” (Carvalho, 2018, p. 767).

Tal entendimento “[...] reforça a ideia do ensino por investigação como abordagem didática, pois denota o papel do professor de propositor de problemas, orientador de análises e fomentador de discussões, independente de qual seja a atividade didática proposta” (Sasseron, 2015, p. 59).

Ressalta-se, por fim, que as SEIs demandam um planejamento composto por uma série de atividades e aulas programadas cujo objetivo é a investigação de um tema a partir da abordagem de novos conceitos e práticas (Sasseron, 2015).

Especificidades sobre a metodologia de pesquisa, a proposta metodológica do PE e o planejamento das SEIs com exploração da ferramenta tecnológica do *PhET* Colorado são abordadas no próximo capítulo.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA E A PROPOSTA METODOLÓGICA DO PRODUTO EDUCACIONAL (PE)

O capítulo contempla discussões sobre metodologias de pesquisa e a metodologia de ensino explorada na construção metodológica do Produto Educacional (PE), bem como o planejamento das sequências de ensino investigativas (SEIs). Descrevem-se as estratégias usadas no desenvolvimento do PE, identificam-se os sujeitos da pesquisa, os instrumentos de avaliação e os procedimentos de coleta de dados e de informações relevantes.

4.1 Metodologias da pesquisa

Na literatura há várias metodologias que podem ser exploradas para o desenvolvimento de uma pesquisa, seja de natureza qualitativa e/ou quantitativa. Nesta dissertação são exploradas metodologias de natureza qualitativa associadas à pesquisa bibliográfica.

A investigação de natureza qualitativa ou pesquisa qualitativa tem seu foco voltado à fonte direta da coleta de dados, que constitui o ambiente natural (Flick, 2009), sendo o investigador seu principal instrumento (Bogdan; Biklen, 1994).

Na busca pela fundamentação teórica para sustentar as discussões sobre conceitos de Energia Mecânica e Conservação de Energia nos PCNEM e DCEs e metodologias exploradas na aula de Física no EM foi explorada a abordagem qualitativa a partir de pesquisa bibliográfica.

A pesquisa bibliográfica se desenvolve “[...] com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”, buscando familiarizar o pesquisador com as discussões que envolvem o tema-assunto em pauta (Gil, 2002, p. 44).

No caminho da análise qualitativa, o material coletado na pesquisa bibliográfica e na aplicação do Produto Educacional (PE) na prática pedagógica segue pressupostos de análise de conteúdo (Bardin, 2011), que se orienta a partir de categorias analíticas que envolvem o estudante, o professor e o tema em pauta, nesse caso particular: Energia e Conservação de Energia Mecânica.

Na análise do conteúdo, as categorias predefinidas para esta pesquisa foram: (i) conhecimento prévio sobre o tema em pauta; (ii) participação ativa na construção do conhecimento; (iii) forma e expressão do pensamento crítico (verbal e

não verbal) diante dos fenômenos investigativos; (iv) relacionamento interpessoal, relação entre pares – professor/aluno e aluno/aluno. No tratamento do material coletado seguiram-se as três fases definidas por Bardin (2011), quais seja: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados.

A pré-análise consiste na fase de organização do material a ser analisado a fim de torná-lo operacional e a sistematizar as ideias iniciais (Bardin, 2011). Na pré-análise fez-se a seleção, a leitura flutuante do material bibliográfico pré-selecionado e a sistematização do conteúdo sobre Energia e Conservação de Energia Mecânica.

A segunda fase, exploração do material, consiste na definição de categorias ou sistemas de codificação e a identificação das unidades de registro ou unidade de significação (Bardin, 2011). Nessa fase, fez-se a seleção, leitura e análise das categorias com relação aos conceitos norteadores do conteúdo programático e desenvolvido na aplicação da SEI/PE.

A terceira fase consiste no tratamento dos dados inferência e interpretação. Nela se dá a condensação e o destaque das informações para análise. Essa fase acaba por culminar com inferências e interpretações. É o momento da intuição, da análise reflexiva e crítica (Bardin, 2006). Nessa fase, traçam-se as inferências e as interpretações dos resultados a partir das respostas atribuídas pelos estudantes às atividades programadas e desenvolvidas nas SEIs durante a aplicação do PE.

4.2 Metodologias de ensino na construção metodológica do PE

A construção da proposta metodológica aplicada no desenvolvimento do PE ocorre fundamentada em metodologias de pesquisa discutidas anteriormente, bem como nas metodologias elencadas na abordagem teórico-conceitual, exploradas no ensino de Física no EM.

Nessa base teórico-conceitual, elege-se a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) como estratégia didática para organização do PE, cujo recurso tecnológico virtual que compõe o ambiente de simulação é o *PhET* Colorado, utilizado para dinamizar o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo curricular do EM: Energia e Conservação de Energia Mecânica.

Na exploração didática de uma SEI, o planejamento é fundamental tendo em vista à construção do conhecimento dos estudantes. Na elaboração desse planejamento, há algumas considerações que precisam ser observadas, tais como: (I) a relevância de um problema para um início da construção do conhecimento; (ii) a

passagem da ação manipulativa para a ação intelectual; (iii) a importância da tomada de consciência dos próprios atos para a construção do conhecimento; (iv) considerar as diferentes etapas das explicações científicas (Carvalho, 2011).

Outra questão relevante a ser observada na organização do planejamento de ensino são as interações sociais entre os participantes da SEI. Daí a necessidade de serem observados alguns pontos de significativa importância para o sucesso dos processos de ensino-aprendizagem, quais sejam: (i) o estímulo à participação ativa do estudante; (ii) a importância da relação entre os alunos; (iii) o papel do professor como elaborador de questões; (iv) a criação de um ambiente encorajador; (v) o ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula; (vi) o conteúdo, ou seja, o problema de investigação, precisa ecoar para o aluno: fazer sentido na vida e convivência cotidiana com seus pares; (vii) a relação entre CTS e, por fim, (viii) a passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica (Bellucco; Carvalho, 2014).

Na criação/organização da SEI é preciso se ter clareza que a construção do conhecimento do estudante começa já no problema enunciado no planejamento de ensino, o qual deve contemplar a possibilidade de haver momentos que possibilitam a passagem da manipulação à ação intelectual e tomada de consciência dos próprios atos à construção do conhecimento (Bellucco; Carvalho, 2014). Resume-se, pois, que as principais atividades que compõem a forma estrutural de uma SEI são: (i) a proposição e resolução de um problema; (ii) a leitura de um texto para sistematização do conhecimento; (iii) a realização de atividades que levam à contextualização social do conhecimento e/ou ao aprofundamento do conteúdo; (iv) atividade de avaliação e/ou aplicação finalizando uma SEI (Carvalho, 2013).

Assim entendido, a primeira atividade planejada para a prática pedagógica orientadora da SEI é caracterizada pela problematização de um tema, que tem por objetivo aguçar a curiosidade dos estudantes e promover a discussão de hipóteses para sua resolução. Por isso o problema precisa estar dentro do contexto de vida dos estudantes, levando em conta o conhecimento prévio já apreendido. Essa primeira atividade pode se encaminhar a partir de um problema experimental, demonstrações investigativas ou problemas não experimentais (Carvalho, 2013).

Os problemas propostos nas SEIs devem ser relevantes ao ponto de provocar os alunos a busca por respostas. Na formulação dos problemas, o conhecimento prévio do estudante deve ser tomado como a principal hipótese de

pesquisa a fim de oportunizar a argumentação, a solução do problema, a produção de explicações, a construção do raciocínio proporcional que envolve a seleção e a relação de variáveis relevantes à solução do problema e à necessidade de introdução de nova palavra ou conceito (Bellucco; Carvalho, 2014).

Nas atividades investigativas e experimentais, um bom problema é aquele que possibilita que os alunos “[...] passem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica)”, bem como “[...] construam explicações causais e legais (os conceitos e as leis)” (Carvalho, 2018, p. 772).

Qualquer problema experimental divide-se em etapas (Carvalho, 2013):

- a) Distribuição do material experimental e proposição do problema. Nessa etapa o professor introduziu o problema e se certifica que os estudantes compreenderam o que lhes foi apresentado. O professor disponibilizará o material – objetos manipulação – para ser manuseado pelos alunos a fim de chegarem à solução do problema proposto.
- b) Resolução do problema. Nessa etapa os estudantes são dispostos em pequenos grupos para facilitar as discussões sobre as hipóteses sugeridas com vista à solução do problema enunciado. É importante que eles testem suas hipóteses, e, em ocorrendo erro, levantem novas hipóteses para serem investigadas. Esse processo ocorre mais facilmente sem a presença do professor. Resolvido o problema proposto, o professor recolherá o material disponibilizado no início da atividade.
- c) Sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos. Essa etapa pode ser entendida como sistematização coletiva do conhecimento, pois consiste no momento em que todos os estudantes devem falar sobre a experiência de participação no desenvolvimento das etapas anteriores. Recomenda-se que os estudantes formem um círculo e que cada um descreva oralmente “como” e “porque” conseguiu chegar à solução do problema enunciado.
- d) Escrever e desenhar. Essa etapa é entendida como a sistematização do conhecimento individual. Nessa etapa cada estudante fará um registro escrito de “como” e “porque” conseguiu solucionar o problema. Esse registro pode ser feito por uma expressão gráfica, um desenho, por exemplo, pela criação/redação de um texto ou por ambas as maneiras.

Finda a etapa investigativa, encontrada e registrada a solução do problema, na próxima etapa a atividade inicial é a leitura de um texto para sistematização do conteúdo apresentado na SEI, a fim de possibilitar que os estudantes ordenem conceitos e ideias que surgiram nas atividades anteriores.

O texto de sistematização se torna necessário para relacionar o problema investigado com um problema social vivido/observado pelo estudante na etapa investigativa. Por tal razão, o texto precisa promover a releitura do processo de resolução do problema investigado associada ao conhecimento discutido em aulas anteriores e aos principais conceitos e ideias surgidas ao longo do processo de discussão e estruturação da aprendizagem do tema/problema (Carvalho, 2013).

A atividade que segue a sistematização, e que ocorre por meio da leitura de um texto, deve apresentar “[...] questões que relacionem o problema investigado com o problema social (ou tecnológico)” (Carvalho, 2013, p. 16).

No desenvolvimento da atividade relacional, observam-se as etapas: (i) discussão em grupo; (ii) abertura das discussões com toda a classe sob coordenação do professor; (iii) escrita individual pelos estudantes em seus respectivos cadernos (Carvalho, 2013).

Por fim, chega-se à etapa da atividade avaliativa – avaliação e/ou aplicação da SEI – que tem por objetivo mediar os processos de ensino e aprendizagem dos estudantes e sistematizar o conhecimento adquirido de forma estimulante. Contudo, a avaliação não apenas serve para avaliar a aprendizagem dos alunos, uma vez que busca desenvolver uma nova atividade como, por exemplo, a elaboração de filmagens (vídeos) que envolvam situações cotidianas, assim como outras atividades que possibilitem a aplicação do conteúdo já ensinado/aprendido.

Em uma SEI é importante que a avaliação da aprendizagem se distancie dos padrões tradicionalmente utilizados, cujos objetivos se concentram no aprendizado de conceitos, termos e noções científicas de modo a aprimorar na argumentação científica (Carvalho, 2013). É preciso também avaliar os conteúdos atitudinais – aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica (Carvalho, 2018). Dessa forma, a avaliação se afasta do tradicional caráter classificatório, isto é, daquele que tende a desencadear processos de discriminação e desmotivação entre os estudantes (Silva, 2015).

Na elaboração de uma SEI há que se pensar na avaliação da aprendizagem, a qual deve considerar a natureza do ensino investigativo a fim de criar

oportunidades para que o estudante realize sua autoavaliação (Silva, 2015). No contexto de ensino-aprendizagem, a avaliação deve se ater às necessidades do ensino científico, para tal, o professor deverá assumir “[...] a responsabilidade de refletir sobre toda a produção de conhecimento do aluno, favorecendo a iniciativa e a curiosidade no perguntar e no responder e construindo novos saberes junto com os alunos” (Hoffmann, 1996 *apud* Carvalho *et al.*, 1998, p. 34).

Uma avaliação pensada e realizada no decorrer dos processos de ensino-aprendizagem em uma SEI deve oportunizar a autoavaliação dos estudantes. Nesse processo de ensino por investigação, compete ao professor prestar orientação para o estudante quanto ao reconhecimento de seus avanços, suas conquistas e pontos que ainda precisam de maior atenção (Sasseron, 2015).

Com base nas informações registradas sobre o ensino por investigação, concorda-se que a atividade investigativa em sala de aula leva o estudante para o:

[...] desenvolvimento de liberdade intelectual para que os processos de construção de planos de trabalho, levantamento e teste de hipóteses, percepção de variáveis relevantes, coleta de informações, análise de dados e de informações e construção de explicações e de modelos explicativos sejam por eles realizados com ajuda do professor e em contato com os colegas, com os materiais e com os conhecimentos que já possuem. (Sasseron; Souza, 2019, p. 140).

Diante do exposto, apresenta-se, a seguir, o planejamento da SEI elaborado nesta dissertação, cuja aplicação ocorre em sala de aula da disciplina de Física na 1ª série do EM, a fim promover a investigação científica dos estudantes na busca pela solução do problema enunciado: Energia e Conservação de Energia Mecânica.

4.3 Planejamento e estruturação da SEI

Seguindo as instruções tais como definidas por Carvalho (2013) para elaboração de uma SEI, apresentam-se as atividades propostas para o ensino de Física Escolar sobre o conteúdo programático do EM, com abordagem no tema/problema: Energia e Conservação de Energia Mecânica.

Na elaboração das atividades investigativas propostas nesta SEI considera-se a proposição e a resolução de um problema; a leitura de um texto para sistematização do conhecimento; a realização de atividades que levam à contextualização social do conhecimento e/ou ao aprofundamento do conteúdo em pauta; uma atividade de avaliação e/ou aplicação finalizando uma SEI (Carvalho,

2013). Dessa forma, reafirma-se que a presente SEI visa impulsionar a prática pedagógica desenvolvida pelo professor em direção à aprendizagem do estudante, a qual é construída ao longo dos processos de ensino e de aprendizagem. A finalidade das atividades investigativas propostas é viabilizar uma atitude ativa-colaborativa-cooperativa por parte dos estudantes e uma postura mediadora do professor, de forma que a SEI, como estratégia didática, cumpra seu propósito de apresentar e desenvolver conteúdos ou temas científicos. Nessa compreensão, o tema/problema da SEI é abordado com a exploração de diferentes atividades investigativas, com ou sem a exploração de ferramentas tecnológicas digitais (TDIC).

A estruturação das atividades desta SEI se relaciona com os pressupostos conceituais quanto à Energia e Conservação de Energia Mecânica, às Sequências de Ensino Investigativas, às metodologias ativas de aprendizagem colaborativa, cooperativa e híbrida e à ferramenta tecnológica *PhET* Colorado e outros tipos de simuladores *on-line* encontrados na pesquisa.

Na estruturação das atividades desta SEI são observados alguns objetivos definidos para o ensino da Física e registrados na Base Nacional Comum Curricular do EM (BRASIL, 2018):

(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT308) Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos (Brasil, 2018, p. 541-5).

Registram-se também os pressupostos da avaliação sobre o tema Energia e o Princípio da Conservação de Energia retirados das DCEs de Física (PARANÁ, 2008), quando é esperado que o estudante de Física no EM perceba a ideia de:

[...] conservação de energia como uma construção humana, originalmente concebida no contexto da Termodinâmica, como um dos princípios fundamentais da Física e, a amplitude do Princípio da Conservação da Energia, aplicado a todos os campos de estudo da Física, bem como outros campos externos à Física (Paraná, 2008, p. 94).

Na abordagem sobre o tema Energia e o Princípio da Conservação de Energia, a prática pedagógica deve se encaminhar de forma que o estudante:

- conceba a energia como uma entidade física que pode se manifestar de diversas formas e, no caso da energia mecânica, em energias cinética, potencial elástica e potencial gravitacional;
- perceba o trabalho como uma grandeza física relacionada à transformação/variação de energia;
- compreenda a potência como uma medida de eficiência de um sistema físico. Ou seja, é importante entender com que rapidez no tempo ocorrem as transformações de energia, indicada pela grandeza física potência (Paraná, 2008, p. 94).

A estruturação das atividades desta SEI são assim determinadas:

- a) definição do tema, conteúdo e listagem dos principais conceitos;
- b) apresentação de diferentes situações-problemas próximas à realidade vivenciada pelos alunos para estimulá-los a discutir e buscar diferentes possibilidades para a resolução do problema de investigação;
- c) adoção de dinâmicas integrativas que estimulam a criação e a reflexão para tornar o estudante protagonista de seu processo de aprendizagem;
- d) organização de atividades relativas ao tema/problema com uso de TDICs em sala de aula ou no laboratório de informática para exploração dos diferentes conceitos que envolvem a Energia e a Conservação de Energia Mecânica: tipos de rampas em simuladores em duplas, por exemplo;
- e) manutenção contínua da avaliação em todo o processo de aprendizagem dos estudantes, propondo-lhes constantemente novas situações de aprendizagem e *feedback* sobre os conceitos estudados/aprendidos.

A SEI é estruturada para ser aplicada em quatro (4) encontros presenciais, formados por aulas com duração mínima de 45 minutos, com a participação de estudantes da 1ª série do EM sob orientações da professora/pesquisadora.

Apresenta-se uma síntese da estruturação da SEI (Quadro 3) por encontro, seu respectivo objetivo, conhecimento prévio esperado, estratégias e recursos explorados em sala de aula.

Quadro 3 – Estruturação da sequência de ensino investigativa

Objetivos Específicos	Conhecimento prévio	Estratégias e recursos explorados
Primeiro encontro – Explorando a turma, seu conhecimento e suas habilidades Duração: 90 minutos		
a) Iniciar o processo de interação professora/estudantes com apresentação do conteúdo proposto: Energia e Conservação de Energia Mecânica. b) Discutir conceitos a partir da análise de imagens e simulações virtuais. c) Avaliar o conhecimento prévio sobre o conteúdo proposto a partir da aplicação do pré-teste para validação do PE.	a) detenha breves noções sobre os conceitos de energia e de transformação de energia; b) habilidades básicas para ouvir, ler e interpretar imagens e expressões gráficas; c) operacionalização de simuladores <i>on-line</i> . d) habilidade para responder as questões proposta no pré-teste.	a) introdução do conteúdo, <i>link</i> de acesso ao site <phet.Colorado.edu> e atividades em pares; b) conversação e exploração de imagens virtuais em dupla; c) identificação de pontos referenciais no ensino de energia com uso de recursos tecnológicos; d) atividade avaliativa (pré-teste) individual e escrita em folha sulfite.
Segundo encontro – Energia potencial elástica: conceitos e aplicações Duração: 45 minutos		
a) Discutir conceitos e aplicação da energia potencial elástica. b) Desenvolver atividades escritas sobre energia potencial elástica. c) Aplicar o conceito de energia potencial elástica com auxílio do simulador PhET Colorado. d) Calcular a massa e a constante de uma mola pequena e de outra grande.	a) detenha breves noções sobre o conceito de energia potencial elástica; b) mostre habilidade na aplicação dos conceitos em estudo; c) operacionalize o PhET de forma adequada; d) calcule a constante da massa de bolas.	a) estudo <i>on-line</i> em duplas para interações discursivas sobre o conteúdo; b) experiências com PhET e resolução de atividades. c) pesquisa individual <i>on-line</i> fora da escola sobre conceitos e exemplos de forças conservativa e dissipativa.
Terceiro encontro – Energia cinética e a conservação de energia Duração: 45 minutos		
a) Identificar a energia cinética e associá-la a contextos em que está envolvida. b) Analisar os sistemas de conservação da energia mecânica, reconhecendo perdas energéticas. c) Explorar os conceitos de conservação de energia mecânica e energia cinética por meio do PhET Colorado. d) Compreender que a energia cinética se relaciona a corpos em estado de movimento.	a) detenha breves noções sobre o conceito de energia cinética; b) correlação do conceito de energia cinética com práticas relativas à Conservação de Energia Mecânica; c) projeção <i>on-line</i> de uma pista de <i>skate</i> a partir dos conceitos de energia cinética e conservação de energia.	a) discussão em grupo sobre os conceitos e exemplos pesquisados sobre forças conservativa e dissipativa; b) simulações virtuais sobre forças conservativas e dissipativas em correlação com conservação de energia mecânica, energia mecânica e cinética, potencial gravitacional; c) discussão em grupo sobre o conteúdo explorado por meio de simulações.
Quarto encontro – Energia potencial gravitacional: conceitos e aplicações Duração: 90 minutos		
a) Identificar a energia potencial gravitacional e associá-la aos contextos envolvidos. b) Identificar e analisar perdas energéticas em sistemas de conservação da energia mecânica. c) Evidenciar a conservação de energia através de <i>looping</i> . d) Determinar velocidade e altura	a) habilidade para debate e discussão sobre conservação de energia; b) habilidades para aprendizagem e (re)elaboração do conhecimento; c) habilidade para expressar o	a) experiência, descrição e exploração de maquete experimental para medida do <i>looping</i> ; b) atividades investigativas e observação em atividades sobre a utilização do <i>looping</i> ; c) apontamentos e relato das atividades investigativas na forma escrita

mínima de uma esfera maciça ao completar o <i>looping</i> e a energia dissipada pelo atrito. e) Aplicar o pós-teste para validação do PE.	aprendizado adquirido; d) prontidão intelectual para a resolução das questões do pós-teste.	d) atividade avaliativa (pós-teste) individual e escrita, impressa em folha sulfite e <i>on-line</i> .
--	--	--

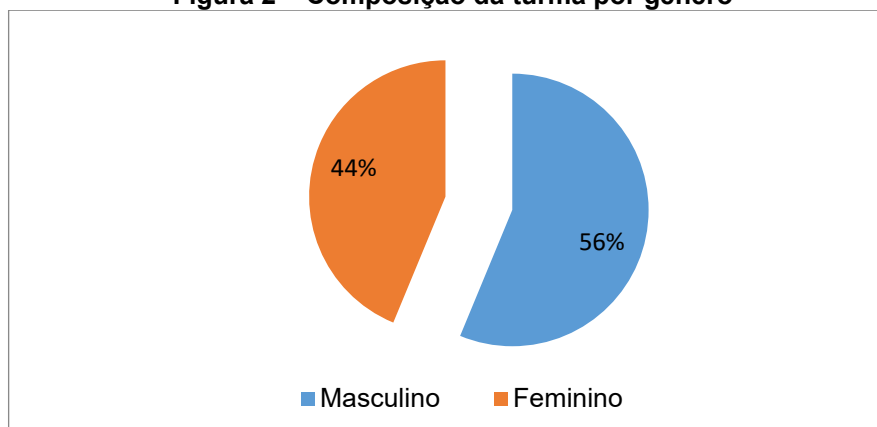
Fonte: Autoria própria (2023).

4.4 Sujeitos da pesquisa

Participaram desta pesquisa trinta e dois (32) estudantes, conforme listados no Diário de Classe referente à 1ª série do Ensino Médio, turno matutino do Colégio Estadual Presidente Vargas, Ensino Fundamental e Médio, Município de Pinhal de São Bento, Estado do Paraná.

Durante a aplicação da SEI na prática pedagógica constatou-se que a maioria dos estudantes era representada pelo gênero masculino (Figura 2).

Figura 2 – Composição da turma por gênero

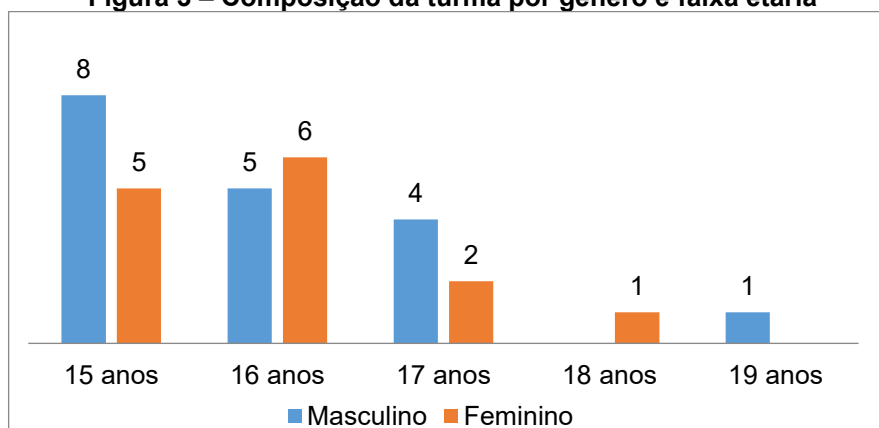


Fonte: Autoria própria (2023).

Do total de trinta e dois (32) estudantes partícipes observou-se variação etária entre 15 e 18 anos, sendo quatorze (14) pertencem ao gênero feminino e dezoito (18) ao gênero masculino. Deste total, nem todos têm acesso facilitado à *internet*, alguns possuem *notebook* ou celular em suas residências.

Quanto à faixa etária (Figura 3), considerada a idade completa até a data do desenvolvimento da atividade do PE, em 2003, observou-se predomínio 15 anos, sendo em maior quantidade entre o sexo masculino (8 meninos). Na idade de 16 anos predomina a presença do sexo feminino (6 meninas). Maior presença do sexo masculino também é observada na faixa etária de 17 anos. Já nas faixas etárias de 18 anos e 19 anos, aparece uma representante do sexo feminino e outro do sexo masculino, respectivamente.

Figura 3 – Composição da turma por gênero e faixa etária

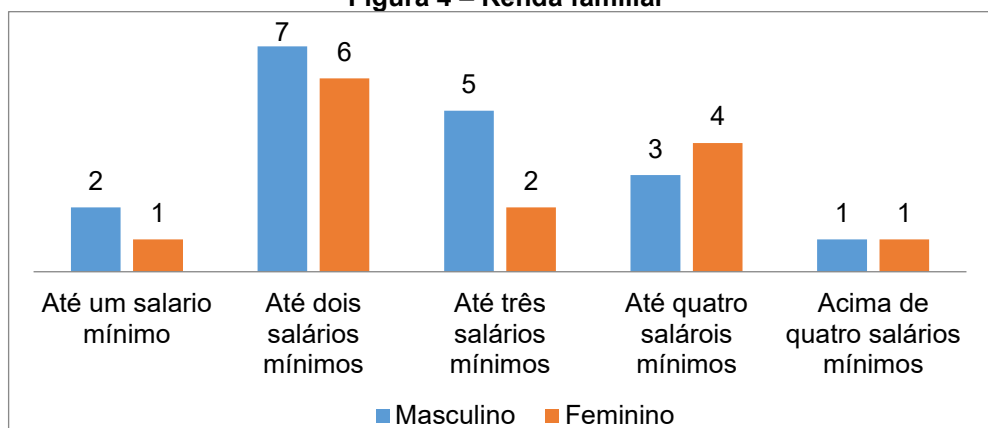


Fonte: Autoria própria (2023).

Nem todos têm condições socioeconômicas favoráveis e, por isso, não têm acesso facilitado a *lan house* para realizar tarefas educativas que necessite explorar as ferramentas *on-line*. Nesse grupo, os estudantes não participam de grupos de estudos, exceto a frequência no Ensino Médio regular. Há nove alunos frequentes na Sala de Recursos Multifuncionais, Educação Especial, ofertada em contraturno.

Para análise sobre a renda domiciliar (Figura 4), tomou-se como valor base o salário-mínimo, o valor-referência de R\$ 1.749,02, correspondente ao menor valor do Piso Regional Nacional adotado no Estado do Paraná em 2023. Assim, pela informação coletada junto aos estudantes, notou-se predomínio da renda domiciliar na faixa de até dois salários-mínimos entre 13 estudantes, sendo 7 meninos e 6 meninas. A maior renda domiciliar está na faixa salarial acima de quatro salários-mínimos. Esta maior renda aparece entre jovens de maior idade (18-19 anos) que, em hipótese, já contribuem para a composição da renda domiciliar.

Figura 4 – Renda familiar



Fonte: Autoria própria (2023).

Historicamente, Pinhal de São Bento é um dos municípios da região Sudoeste do Paraná que revela baixa renda domiciliar em comparação com outros municípios de pequeno porte dessa região. Conforme registrado pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico (Ipardes, 2023), no ano de 2021, a renda média domiciliar *per capita* no município de Pinhal de São Bento era de R\$ 612,61, sendo que o salário médio mensal dos trabalhadores formais se situava na faixa de até dois (2) salários-mínimos que, na época, correspondia (2 x R\$1.467,40). Contudo, diante do quadro socioeconômico existente no município, individualmente, a população com rendimento fixo mensal *per capita*, em 2021, atingia a média de meio salário-mínimo (\approx R\$ 733,70). Essas informações parecem ser concordantes com aquelas prestadas pelos estudantes que participaram da aplicação da SEI/PE.

Ao longo da apresentação dos resultados sobre aplicação da SEI/PE para fins de identificação de cada estudante, utilizaram-se números cardinais de 1 a 32, precedidos pela letra E, significando Estudante.

4.5 Instrumento de avaliação da aprendizagem no pré-pós-teste da SEI

O desenvolvimento da SEI/PE parte do pressuposto que os estudantes – participantes da pesquisa – detêm prévia noção sobre o significado da palavra Energia no campo da Física Escolar. A partir desse pressuposto, no primeiro contato da professora com os estudantes, em sala de aula, é questionado sobre tal significado, o que a turma pensa quando ouve ou lê ou escreve a palavra energia e como a energia se expressa no mundo.

Na sequência dessa interação discursiva entre professora-estudantes são apresentadas duas figuras ilustrativas sobre as formas de energia e um *print* de GIF,⁶ retirado da página inicial do simulador *PhET* Colorado, em que há uma *skatista* na pista de *skate* que não precisa fazer qualquer tipo de força para se movimentar sobre o *skate*. A análise dessas ilustrações é seguida por interações verbais professora-estudantes sobre o que é energia, como se comporta e como se transforma. Em seguida, todos se deslocam para o Laboratório de Informática, de agora em diante denominado LabInfo, e a professora propõe acesso ao *site* do simulador *PhET* Colorado para observar o movimento de subida e descida da *skatista* na pista de *skate* e procede alguns questionamentos verbais.

⁶ GIF: em inglês significa *Graphics Interchange Format*, que traduzido para o português é entendido como Formato de Intercâmbio Gráfico.

No retorno a sala de aula, os estudantes são convidados a ler e responder cinco questões contidas em um impresso, as quais compõem o pré-teste e são valoradas quantitativamente no total de dez (10) pontos. Depois de respondidas, o impresso deverá ser devolvido à professora (Apêndice 1A).

Por ordem sequencial, as questões propostas no pré-teste são:

- 1) Defina o que é Energia?
- 2) Como a energia se comporta na natureza? Explique.
- 3) Como a energia se transforma na natureza? Cite um exemplo.
- 4) Na experiência observada sobre o movimento da *skatista* quando desliza sobre a pista de *skate* em uma situação peculiar quando não há qualquer força exercida pela *skatista* sobre o *skate*, responda: Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta.
- 5) Em caso de opiniões divergentes em sala, elenque as justificativas sobre aquela(s) julgada(s) correta(s).

As quatro (4) primeiras questões do pré-teste são repetidas no pós-teste, com valor total de quatro (4) pontos. A quinta questão do pós-teste, que contém seis (7) afirmações propositivas de resposta, busca oportunizar que o estudante apresente uma sistematização do conhecimento adquirido/aprimorado no final dos encontros. A referida quinta questão tem valor total de seis (6) pontos.

As questões repetidas no pós-teste serão respondidas presencialmente no final do quarto encontro. Já a quinta questão, formulada especialmente para a testagem da aprendizagem no pós-teste, será respondida individualmente de forma *on-line*. A quinta questão do pós-teste, que contém seis (6) afirmações propositivas de resposta, busca oportunizar que o estudante apresente uma sistematização do conhecimento adquirido/aprimorado no final dos encontros.

Seguindo a escala *Likert*, cada afirmação propositiva é composta por cinco (5) alternativas de resposta: (i) discordo totalmente, (ii) discordo, (iii) não tenho certeza, (iv) concordo, (v) concordo totalmente.

Para essa atividade avaliativa, a professora elabora um questionário digital na plataforma *Google Forms*, define o período que permanecerá disponível *on-line* e, no último encontro de aplicação da SEI, disponibilizar o *link* para acesso, bem como a informação sobre o período disponível para ser acessado, respondido e enviado para avaliação final no pós-teste.

As afirmações propositivas presentes no questionário envolvem: (a) princípio de conservação de energia mecânica; (b) energia potencial gravitacional; (c) energias cinética, gravitacional e elástica; (d) transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética; (e) transformação de energia potencial estática em energia cinética; (f) forças conservativas e dissipativas (Apêndice 1B).

4.6 Procedimentos de coleta de dados e informações relevantes

Por considerar-se que a exploração de atividades experimentais realizadas com apoio do simulador *PhET* Colorado motiva os estudantes para relacionar conceitos a linguagem científica com o mundo empírico, propõe-se, então, despertar um olhar crítico nos participantes da SEI a partir das atividades propostas e apontamentos de resultados. Para tal, utiliza-se a coleta de dados de forma empírica que vem sendo caracterizada como uma “[...] tentativa de reunir dados naturais (como a gravação de conversas cotidianas) sem a utilização explícita de métodos de reconstrução como são as entrevistas” (Flick, 2009, p. 31).

Dessa forma, a coleta de dados e informações relevantes ocorre em todos os encontros, seja na sala de aula e/ou no LabInfo, mediante a realização das atividades propostas na SEI/PE

Para anotação sobre a prática de ensino e coleta de dados e informações relevantes, utiliza-se um ‘diário de pesquisa’, que serve para “[...] documentar o processo de abordagem do tema em um campo de estudo, as experiências e os problemas no contato com o campo ou com os entrevistados e a aplicação de métodos” (Flick, 2009, p. 269).

No ‘diário de pesquisa’ da professora, além de conter o planejamento de ensino de cada encontro (Quadro 3), nele são anotados os resultados observados sobre o desempenho dos estudantes na participação ativa-colaborativa-cooperativa e reflexiva, bem como o empenho e a dedicação revelados durante a realização das atividades presenciais ou *on-line* com vista à efetividade da SEI.

Qualitativamente, observa-se: a participação de cada estudante em contexto de trabalho individual e/ou em grupo, a interdependência de tarefas e do grupo, a responsabilidade individual e coletiva na realização das tarefas propostas, a interação (des)estimuladora, as habilidades e competências cognitivas, sociais e socioemocionais (Brasil, 2008; Paraná, 2018), a ajuda mútua e troca de informações entre participantes no interior do grupo e/ou entre grupos e a maximização de

resultados. O foco da avaliação do conhecimento apropriado ou não pelos estudantes recai sobre os conceitos contemplados nos conteúdos curriculares de Física no EM, programados na SEI, detalhados no PE, trabalhados em sala de aula.

5 APLICAÇÃO DA SEI, RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo deste capítulo comenta-se sobre a aplicação da SEI e discutem-se os resultados observados sob uma análise comparativa de resultados no pré e pós-testes, considerado o referencial teórico que sustenta esta dissertação.

5.1 Primeiro encontro da SEI: aprendizagem e conhecimento prévio no pré-teste

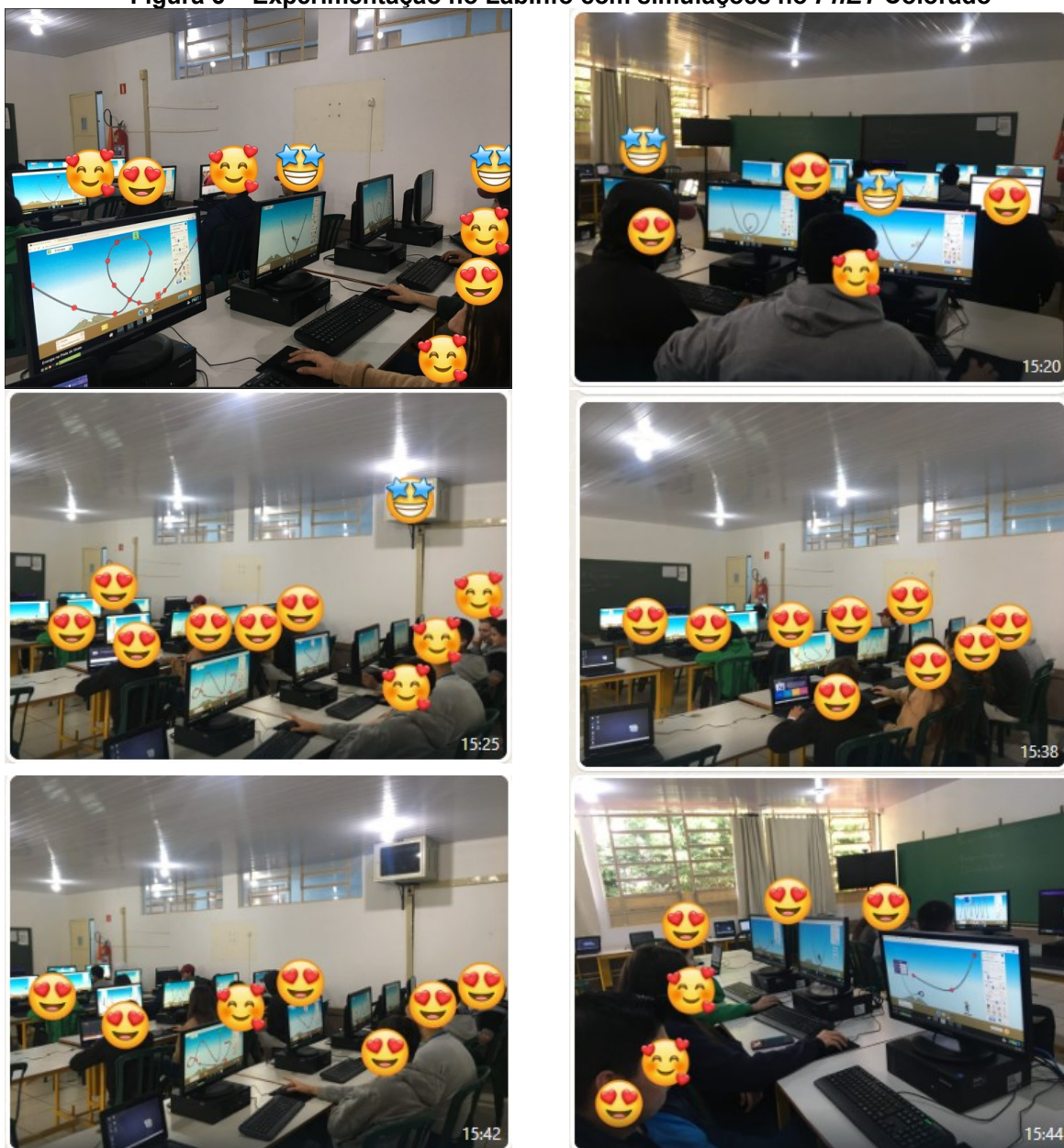
Para contextualizar o trabalho realizado com a SEI em sala de aula, anotam-se peculiaridades da apresentação e desenvolvimento seguindo os passos de gerenciamento da classe, da turma, conforme Carvalho (2013), assim: (i) distribuição do material e proposição do problema de investigação; (ii) resolução do problema a partir de concepções pessoais de pequenos grupos de alunos; (iii) sistematização coletiva do conhecimento elaborado nos grupos, nas etapas: (a) levantamento de dados para a resolução dos problemas enunciado; (b) construção de uma justificativa e uma argumentação científica para o fenômeno, proporcionando uma explicação causal e permitindo a passagem da linguagem cotidiana para a científica; (iv) escrever e/ou desenhar a construção pessoal do conhecimento.

O primeiro encontro teve por objetivo definir energia, energia mecânica (E_{mec}) e conservação de energia mecânica de um sistema físico, seu balanço energético final; perdas energéticas por aquecimento ou atrito e necessidade de se fornecer energia ao sistema para repor essas perdas.

Para iniciar o encontro, primeiramente a professora questionou sobre o significado de energia e de conservação de energia mecânica a fim de sondar o conhecimento prévio da turma. Apresentou o conteúdo programático, os objetivos a serem alcançados nesse primeiro encontro e a atividade conceitual: definição de energia mecânica (E_M ou E_{mec}) e de conservação de energia mecânica.

Em seguida, depois da introdução conceitual feita pela professora e turma foi conduzida ao LabInfo (Figura 5) para a realização de experimentações/simulações no *PhET Colorado on-line* a partir de duas (2) questões propostas para serem respondidas por escrito: O que é Energia? Como ela se comporta e se transforma?

Figura 5 – Experimentação no LabInfo com simulações no *PhET* Colorado



Fonte: Autoria própria (2023).

Respondidas tais questões, foi oportunizado um momento de discussão e trocas de informação sobre o tema proposto. Em seguida, aplicou-se o pré-teste (Quadro 4) contendo cinco (5) questões: quatro (4) de natureza conceitual e a última opinativa, de natureza consensual.

Quadro 4 – Conceituação de energia e conservação de energia no pré-teste

Colégio: Turma: 1ª série do Ensino Médio Nome:	Disciplina: Física Professora:
1) Defina o que é Energia?	Resposta:
2) Como a energia se comporta e se transforma?	Resposta:
3) Como a energia se transforma na natureza? Cite um exemplo.	Resposta:
4) Na aula experimental, observamos que uma <i>skatista</i> não faz nenhum tipo de força para movimentar o <i>skate</i> e mesmo assim o movimento dela é infinito. Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta.	Resposta:
5) Em caso de opiniões divergentes em sala, elenque as justificativas das opiniões para julgarem qual é a correta.	Resposta:

Fonte: Autoria própria (2023).

As respostas registradas para a primeira questão do pré-teste – defina o que é energia – envolveram diferentes abordagens, desde associar ‘energia’ como um conceito restrito à produção de calor, conceito genérico associado à força motriz até transcrever o conceito de energia E_m tal como registrado pela professora no início do encontro. Porém, surgiram respostas próximas ao conceito geral de energia tal como abordado pela professora em sala de aula e pesquisado no LabInfo. Transcrevem-se algumas respostas registradas pelos estudantes no formulário de pré-teste. Aqui, como já registrado, os estudantes foram identificados pela letra E, seguida de um número cardinal. A identificação numérica-alfabética dos estudantes não tem correlação com a ordem numérica registrada no Diário de Classe e sequer com possível e aleatória ordem alfabética. O critério adotado foi a ordem numérica a partir da entrega do Pré-teste totalmente respondido.

Seguindo alguns exemplos ilustrativos de respostas (Quadro 4), assim se define: “Energia é vida” (E1). “A energia vem do sol” (E2). “A energia é a capacidade de produzir trabalho” (E6); Energia “é capacidade de deslocar, rodar, transformar” (E7); “Energia é a capacidade de produzir força” (E12). “A energia gera trabalho” (E17). “A fotossíntese é a maior fonte de energia na natureza” (E25).

A Figura 6 ilustra as respostas registradas pela estudante E31, com destaque em particular quanto à primeira questão do pré-teste.

Figura 6 – Resposta às questões do pré-teste no primeiro encontro

Colégio: Turma: 1ª série do Ensino Médio Nome do estudante:	Disciplina: Física Professora: Maria Sécia
1) Defina o que é Energia?	Resposta: capacidade que um corpo tem de realizar trabalhos
2) Como a energia se comporta e se transforma?	Resposta: quantidade de energia em uma cadeia alimentar vai aumentando de acordo com a posição
4) Como a energia se transforma na natureza? Cite um exemplo.	Resposta: um exemplo é a água sob o rio dos ventos ou das marés
4) Acesse o site abaixo e veja que a skatista não está fazendo nenhum tipo de força para movimentar o skate e mesmo assim o movimento dela é infinito. Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta. Link: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_pt_BR.html	Resposta: eum, pois ele está em cima da pista de skate sendo assim ela em forma de um círculo não dependendo a física parado
5) Em caso de opiniões divergentes em sala, elenque as justificativas das opiniões para julgarem qual é a correta.	Resposta: há este opiniões divergentes porém considera que é possível também na vida real

Fonte: Anotações de E31.

As respostas dadas à segunda questão do primeiro encontro – como a energia se comporta na natureza – foram mais direcionadas e, particularmente, associadas à atividade realizada com a exploração do *PhET* Colorado no LabInfo. Transcrevem-se algumas respostas registradas pelos estudantes, nem sempre coerentes quanto à questão proposta e/ou totalmente verdadeiras diante dos conceitos científicos estudados. Assim: “A energia se comporta diferente. Ela pode se transformar pelo calor” (E10). “As energias se transformam umas nas outras” (E11). “[...] o total de energia nunca muda” (E19). “[...] a energia é passada para cada organismo da cadeia alimentar de forma unidirecional [...]” (E23). “A energia do sol se comporta de várias maneiras. Ela produz calor (E26)”.

As respostas à terceira questão – como a energia se transforma na natureza e exemplificar uma transformação – parecem estimulantes, e surgem algumas coerentes a partir da experiência vivenciada *on-line* no LabInfo, inclusive algumas associadas aos tipos de energia, como, por exemplo: “A energia não pode ser criada, mas sim transformada” (E3) ou “[...] toda energia pode se transformar em outra energia” (E32). “A energia se comporta conforme o meio e a força (E4)”. “A energia se transforma em outra como a energia solar, a eólica, a térmica, a hidráulica podem virar energia elétrica” (E18). “Quando a gente corre, a energia é obtida dos nutrientes dos alimentos e vira a corrida” (E21).

A partir da observação do momento em que a skatista sobre a rampa de skate, com auxílio do *PhET* Colorado, as respostas à quarta questão – simular e observar o movimento do skate, responder e justificar sua resposta – se revelam coerentes. Ao ser observada a posição da skatista sobre o skate e o movimento do skate sobre a rampa, a grande maioria dos estudantes afirma concordantemente: a

skatista estava parada sobre o *skate* e somente ele, o *skate*, desliza sobre a rampa sob a ação da força peso da personagem. Nesse sentido, transcrevem-se algumas anotações retiradas do pré-teste:

“A pessoa fica parada sim. A massa da pessoa faz ela ter uma energia sobre a rampa, daí causa que a pessoa fique parada e faça força de movimento do skate na rampa, que faz com ele se repete; quanto maior a massa maior a gravidade; quando ela – a skatista, grifo nosso – atinge um ponto alto a força diminui...” (E9).

“A massa da pessoa tem uma energia que faz uma força sobre a rampa e daí ela se desloca. A pessoa fica parada e o skate se movimenta. Quando o skate atinge um ponto alto da rampa, a força diminui, mas se ele desce a força aumenta” (E20).

Surgiram algumas interpretações específicas, nem sempre verdadeiras sobre a proposição afirmativa: a *skatista* está parada sobre o *skate* enquanto ele se movimentava. Assim: *“Não dá pra ficar parada quando o skate fica no movimento”* (E5). *“Não é possível ficar parada, por causa da gravidade; tem a massa do skate e da skatista”* (E14). *“Sim ela fica parada e tem de fazer força, daí ele desce a rampa”* (E16). *“Esse tipo – em referência ao movimento do skate sobre a rampa – na vida real não é infinito, o movimento vai perdendo velocidade e se não usar a força do corpo, o skate para totalmente”* (E18) *“Não, a força realizada no jogo não será impossível realizar o movimento real”* (E22).

A quinta questão estimulou alguns participantes a responderem e discutirem suas respectivas respostas – em caso de opiniões divergentes em sala, elenque as justificativas das opiniões. Aqui, a turma já parecia cansada da atividade orientada, preferindo usar o *PhET* Colorado para explorar suas próprias questões. Contudo, um estudante se reporta, conclusivamente sobre a necessidade de o *skate* ser alimentado por uma nova força para continuar seu vai-e-vem, e, assim registra: *“Não. Dependendo da força, o skate não irá aguentar e irá parrar”* (E22).

Por fim, alguns estudantes comentaram sobre a prática educativa no LabInfo com uso do *PhET* Colorado que estimularam a aplicação do PE. *“A gente pode continuar aqui?”* (E11). *“É muito legal estudar assim”* (E30).

Sob uma análise inicial, percebe-se que a grande maioria dos estudantes carrega, da aprendizagem do Ensino Fundamental (Paraná, 2008), breves noções conceituais sobre energia, as formas pelas quais ela se expressa e se transforma no Universo a fim de reunir condições para a vida cotidiana da humanidade.

5.2 Segundo encontro da SEI: conceitos e aplicações da energia potencial elástica (E_{pel})

No segundo encontro da SEI, o objetivo de aprendizagem se concentra na conservação da energia mecânica de um sistema físico, em seu balanço energético final: perdas energéticas por aquecimento ou atrito e necessidade de se fornecer energia ao sistema para repor essas perdas, com foco específico no significado de energia potencial elástica (E_{pel}), abordada como a energia armazenada em molas, elásticos, cordas ou objetos que podem se comprimir ou se distender, sendo diretamente proporcional à dureza da mola, constante elástica k , diretamente proporcional ao quadrado da distensão ou compressão, x , do objeto em estudo e apresentou a equação matemática $E_{pel} = \frac{k \cdot x^2}{2}$ usada para o cálculo da E_{pel} .

Inicialmente, a professora questiona sobre o significado de E_{pel} . Instiga os estudantes a discutir tal significado. Em seguida, é feita uma introdução expositivo-conceitual sobre o conteúdo programado para esse encontro e os estudantes são convidados a se deslocar para o LabInfo. Com o *PhET* Colorado realizam-se simulações e a medida da deformação x (de 1 a 6 metros) de uma mola em relação ao ponto de equilíbrio e calcula-se a constante de associação (equivalente) de molas em série e paralelo a fim de verificar as relações para o cálculo das constantes em cada tipo de associação de massa – mola pequena – pela Lei de Hooke.

Desde a introdução da atividade no LabInfo, a professora dá um novo direcionamento às atividades programadas no PE para que os estudantes conseguissem realizar as atividades de observação e anotar os dados sobre o deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola grande e mola pequena (em kg) – 0,100; 0,125; 0,150; 0,175; 0,200 e 0,225 – em até seis metros (6 m). Ainda assim, os resultados foram bastante díspares, possivelmente devido ao pouco tempo disponível e ao interesse revelado pela atividade.

Assim, todos os grupos de estudantes, nos respectivos quadros impressos, anotaram os valores observados no experimento, porém nem todos registraram os cálculos e/ou elaboraram os gráficos, como previsto na SEI/PE, de forma que a resolução das atividades presenciais propostas foi insuficiente. Ficou comprometido o momento para argumentação e sistematização do conhecimento e a própria elaboração do relatório das atividades extraclases.

Os recortes nas Figuras 7 e 8 registram as anotações e cálculos realizados pelas estudantes E30 e E32.

Figura 7 – Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola pequena

Constante mola "pequena"						
Massa (kg)	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225
Deslocamento 1 (m)	0,28	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30
Deslocamento 2 (m)	0,19	0,28	0,25	0,30	0,30	0,30
Deslocamento 3 (m)	0,30	0,28	0,25	0,30	0,30	0,30
Deslocamento 4 (m)	0,28	0,28	0,25	0,30	0,30	0,30
Deslocamento 5 (m)	0,30	0,22	0,15	0,30	0,30	0,30
Deslocamento 6 (m)	0,30	0,22	0,15	0,30	0,30	0,30
Deslocamento (m)	0,27	0,25	0,15	0,30	0,30	0,30

Fonte: Autoria própria (2023).

100N/m
 $F = K \cdot X$
 $10,28 = K \cdot 0,128$
 $K = 100$
 $K = 337 \text{ N/m}$

$E_p = \frac{K \cdot X^2}{2}$

X deformação mola
 K/N/m
 $F = 125$
 $F = K \cdot X$
 $125 = K \cdot 0,25$
 $0,125K = 125$
 $K = 1000 \text{ N/m}$

4. Repita o item 2 e 3 movendo o cursor da constante de mola para a posição "grande" (Figura 7). Anote todas as medidas correspondentes na tabela 2.

$F = K \cdot X$
 $150 = K \cdot 0,15$
 $0,15K = 150$
 $0,10K = 175$
 $K = 1750 \text{ N/m}$

$F = K \cdot X$
 $200 = K \cdot X$
 anote como Eixo

Fonte: Anotações de E30.

Figura 8 – Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola grande

Constante mola "grande"						
Massa (Kg)	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225
Deslocamento 1 (m)	0,75	0,55	0,47	0,45	0,42	0,40
Deslocamento 2 (m)	0,75	0,55	0,51	0,45	0,43	0,40
Deslocamento 3 (m)	0,75	0,55	0,50	0,46	0,42	0,40
Deslocamento 4 (m)	0,75	0,55	0,47	0,45	0,49	0,40
Deslocamento 5 (m)	0,75	0,45	0,50	0,45	0,41	0,40
Deslocamento 6 (m)	0,75	0,44	0,50	0,46	0,42	0,40
Média do Deslocamento	0,75	0,51	0,49	0,45	0,42	0,40

Fonte: Autoria própria (2023).

Percebemos que na mola grande quanto menor o peso, força, maior a deformação quanto maior peso menor deformação da mola. Ex: peso $100 \text{ g} \div 1000 \text{ kg} = 0,1 \text{ m}$. Se a deformação da mola for $7,5 \text{ cm}$ então $1 \text{ N} / 7,5 \text{ cm}$.

Fonte: Anotações de E32.

Apesar do interesse pelo trabalho em grupo no LabInfo com simulações no PhET Colorado, considerada a realidade socioeconômica vivida na instituição acolhedora, a aplicação do PE e o desenvolvimento das atividades das SEI, tais como propostas para o segundo encontro, pouco alcançaram os esperados resultados. Um dos fatores decisivos que parece ter impedido o alcance de aprendizagem significativa reside na quantidade de atividades programadas na SEI em correlação com o fator tempo previsto para as esperadas simulações.

Dessa experiência resulta que a aplicação do segundo encontro do PE, em semelhantes contextos socioeconômico e cultural, requer seja redimensionado o tempo previsto para a experimentação, a quantidade e o nível de dificuldade das atividades programadas e, igualmente, repensar sobre a importância de prévia e mais efetiva sondagem sobre o conhecimento já adquirido e armazenado pelos estudantes durante o Ensino Fundamental.

Aqui se retoma a ideia primordial de que o conhecimento prévio deve ser tomado como hipótese de pesquisa na resolução do problema, na argumentação, na produção de explicações, na construção do raciocínio proporcional que envolve a seleção e a relação de variáveis relevantes à solução do problema proposto (Bellucco; Carvalho, 2014).

Diante da realidade observada na instituição educacional, acredita-se que, para alcance dos objetivos propostos nesse segundo encontro da SEI/PE, o ideal seria realizar os experimentos no LabInfo e, depois, oportunizar o desenvolvimento de atividades mais simples para a apreensão/fixação do conteúdo em pauta como, por exemplo, variadas atividades de cálculo da E_{pel} .

Pondera-se, ainda, que diante da brevidade da sondagem do conhecimento prévio antes da introdução da atividade educativa prevista para o segundo encontro do PE, é importante ser considerado que o trabalho pedagógico no LabInfo com simulações no PhET Colorado oportuniza a ampliação ou, ao contrário, a dispersão da atenção e do interesse dos estudantes para o tema proposto no estudo experimental (Alves; Sousa, 2021). O estudante necessita receber instruções precisas e estímulo para operacionalizar adequadamente o *PhET* Colorado (Silva; Franco, 2021), dado que suas simulações “[...] animam o que é invisível ao olho através do uso de gráficos e controles intuitivos” (Juca, 2013, p. 12).

No caso em análise, concluiu-se que o grande interesse revelado pelos estudantes em experienciar na prática *on-line* a realização da atividade proposta sofre decisiva influência do fator tempo *versus* quantidade de atividades propostas, apontando para o necessário redimensionamento do tempo previsto, associado ou não, com possível redução da quantidade de atividades propostas na SEI/PE.

5.3 Terceiro encontro da SEI: energia cinética (E_c) e a conservação de energia mecânica

A partir de uma conceituação básica, o objetivo do terceiro encontro foi identificar o significado de Energia Cinética (E_c), associando-a aos contextos em que está envolvida; analisar os sistemas e a conservação da energia mecânica e reconhecer as perdas energéticas dos sistemas, assim como compreender que a energia cinética é a energia relacionada aos corpos em estado de movimento.

Oralmente, a professora estimula os estudantes a se expressarem sobre o significado de E_c . Em seguida, introduz o tema e a definição de E_c , apresenta um carrinho de brinquedo movido à corda e convida um aluno para acioná-lo a fim de discutir com a turma o significado de E_c , energia potencial elástica (E_{pel}) e conservação de energia. Logo a seguir, convida os estudantes para o LabInfo para o desenvolvimento da atividade sobre E_c em correlação com os conceitos de forças conservativas e dissipativas e conservação da energia mecânica.

No primeiro momento de exploração no LabInfo utilizaram-se simulações virtuais – Energia na Pista de Skate – com exploração do *PhET* Colorado, ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Energia cinética e conservação de energia



Fonte:

<https://www.google.com.br/search?q=imagens+de+loop+em+parque+de+diversoes&biw=1366&bih=631&tbm=isch&imgil=xCs0mr7yQ7kM-M%25>, acessado no dia 21/02/2023

Na sequência, em grupos, os estudantes discutem o significado de forças conservativas e dissipativas, anotam resultados observados a partir de várias simulações *on-line* (Figuras 10 e 11) para observar o movimento realizado por um *skatista*, a variação da E_c , da E_{pel} , e da energia potencial gravitacional (E_{pg}) – sendo o último conteúdo abordado com mais especificidades no quarto encontro.

Figura 10 – Captura de tela do simulador de energia na pista de skate



Fonte: PhET Colorado (2023).

Figura 11 – Captura de tela da simulação no modo parque



Fonte: PhET Colorado (2023).

Nem todos os grupos registram suas respectivas anotações conceituais, porém todos realizam a atividade com revelado interesse. Transcrevem-se alguns recortes dessas anotações: “[...] ele desce a rampa – refere-se ao movimento do skatista na pista – porque a gravidade puxa ele” (E8); “[...] o skatista parado – no topo da pista de skate – é força conservativa; quando ele desce a rampa é força dissipativa” (E17); “[...] o atrito é uma força conservativa que age de forma contrária ao movimento de um objeto” (E21) “[...] o peso do skatista parado é força conservativa (E28).

Nesse terceiro encontro, as animações/simulações com exploração do PhET Colorado no LabInfo despertam o interesse da turma pela realização das atividades que, em hipótese, conduzem à aprendizagem dos conteúdos abordados. Na pesquisa nacional, as simulações computacionais são apontadas como eficazes instrumentos didáticos, capazes de oportunizar a adoção de práticas de ensino de Física mais dinâmicas e interativas (Alves; Sousa, 2021; Juca, 2021).

No final do terceiro encontro, além das simulações feitas no LabInfo com exploração do PhET Colorado, foi estimulada a montagem, em maquete, de uma

pista de *skate* ou uma rampa de força de atrito – plano inclinado – para futuras simulações a ser apresentadas e exploradas no quarto encontro.

5.4 Quarto encontro da SEI: aprendizagem de conceitos e avaliação no pós-teste

O quarto encontro teve por objetivo identificar e conceituar energia potencial gravitacional (E_{pg}) associada aos contextos em que ela está envolvida, analisar os sistemas e a conservação de Energia Mecânica; reconhecer as perdas energéticas dos sistemas, deixar evidente a conservação de energia através de um *looping*.

Inicialmente, a professora estimula os estudantes a expressarem o prévio conhecimento que detêm sobre os conceitos de energia potencial (E_p) e Energia Potencial Gravitacional (E_{pg}). Em seguida apresenta o conceito de E_p como sendo aquela que provém de um trabalho formado por forças conservativas, que independe da trajetória da partícula, apenas da posição inicial e final do objeto. “Energia potencial é uma energia que é armazenada em um corpo esperando para ser convertida em trabalho ou em energia cinética” (Barreto; Xavier, 2006).

Na sequência, comenta sobre o conceito de E_{pg} , exemplifica e apresenta a equação para cálculo da E_{pg} e desenvolve a atividade conceitual com aplicação do princípio da Física na maquete experimental.

A professora e os estudantes apresentam suas respectivas maquetes e desenvolvem o primeiro experimento sobre conservação de energia com exploração do *looping* (ou *loop-the-loop*, em inglês) que é um tradicional equipamento utilizado em laboratórios de Física e outros espaços de divulgação científica para discutir aspectos geralmente relacionados à conservação da energia (Silva, 2015).

Posterior ao experimento com a bolinha solta no *looping*, comentários e anotações, foi realizado o segundo experimento que começa com os procedimentos de pesagem da esfera, medida do diâmetro e cálculo do raio do *looping*, a experimentação propriamente dita e as anotações, que são reservadas para posteriores resoluções da atividade avaliativa extraclasse (Quadro 5).

Quadro 5 – Atividade avaliativa extraclasse do quarto encontro

Nome completo:

A partir das observações e anotações feitas durante a realização do experimento 2, responda:

- 1) Qual o tipo de energia que a esfera possui quando está na posição de 2,5 R de altura?

- 2) Desconsiderado o atrito, a altura mínima que a esfera deverá ter para realizar o *looping* é $h = 2,5 R$. Considerada essa altura e $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule a Energia Mecânica Inicial ($E_{m \text{ inicial}} = E_c + E_{pe}$).

- 3) Determinar a velocidade mínima que a esfera tem no ponto mais alto do *looping*, considerada a altura de 2,5 R e a exploração do conceito de energia mecânica ($E_{m \text{ inicial}} = E_{m \text{ final}}$),

- 4) A esfera realizou o *looping* quando foi liberada da altura de 2,5 R?

- 5) Qual foi a altura necessária para a esfera realizar o *looping*?

- 6) Determine a energia mecânica necessária para realização do *looping*.

- 7) Elabore uma hipótese para explicar a necessidade de mais energia do que o valor encontrado na questão 2 para que a esfera realize o *looping*.

- 8) Determine o valor da energia dissipada por atrito ($E_{\text{dissipada}} = E_{PA} - E_{CB}$), sendo E_{PA} a energia mecânica no ponto A, o mais alto da rampa e E_{CB} a energia no ponto B, o mais baixo da rampa.

Fonte: Autoria própria (2023).

Antes do término do quarto encontro, a professora retomou a atividade avaliativa do pré-teste para ser respondido presencial e individualmente no formato de pós-teste. Fala sobre a importância de a atividade avaliativa do pós-teste (Quadro 6) ser respondida com responsabilidade, explica sobre a facilidade de registros de resposta no questionário extraclasse (Apêndice 1B) – segunda parte do pós-teste –, disponibiliza o *link* de acesso e, por fim, comenta sobre a importância da avaliação do conhecimento apreendido por cada aluno da turma sobre o conteúdo de Física Escolar trabalhado durante a aplicação na prática docente da SEI/PE.

Nesse momento, a professora pauta a importância das anotações feitas durante o quarto encontro, a relevância do acesso ao questionário *on-line* para ser respondido sem consulta e alerta que o respondente considere, em cada resposta, apenas o conhecimento que realmente aprendeu durante as aulas da SEI/PE.

Os resultados apurados referentes às quatro questões do pós-teste (Quadro 6) sobre o conhecimento acumulado diante da aplicação do PE, em comparação com o pré-teste, apontam evolução do conhecimento conceitual. Registram-se alguns casos que chamaram a atenção na análise comparativa de respostas pela evolução ou não desse conhecimento.

Quadro 6 – Conceituação de energia e conservação de energia no pós-teste

Colégio: Turma: 1ª série do Ensino Médio Nome:	Disciplina: Física Professora:
1) Defina o que é Energia?	Resposta:
2) Como a energia se comporta e se transforma?	Resposta:
3) Como a energia se transforma na natureza? Cite um exemplo.	Resposta:
4) Na aula experimental, observamos que uma <i>skatista</i> não faz nenhum tipo de força para movimentar o <i>skate</i> e mesmo assim o movimento dela é infinito. Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta.	Resposta:

Fonte: Autoria própria (2023).

Na análise comparativa de resultados pré-pós-teste – primeira questão do pós-teste –, observa-se que, por exemplo, o aluno E22 no pré-teste escreve que energia é “[...] *qualquer coisa que faz trabalho*”, no pós-teste registra uma resposta reelaborada que carrega o mesmo sentido registrado no pré-teste ao anotar que energia “[...] *é a capacidade de executar um trabalho*”:

Nessa mesma linha segue a definição dada por outro estudante que, no pós-teste, escreveu que energia é “[...] *algo que não é obtido, só se transforma*” (E29), referindo-se à característica fundamental envolvida no conceito de energia, tanto nas respostas registradas no pré-teste como no pós-teste.

Contudo, no pré-teste, outro aluno conceitua energia como “[...] *potencial inato para executar um trabalho ou realizar uma ação*”, enquanto no pós-teste escreve apenas que energia “[...] *é movimento, ação*” (E25).

No primeiro caso, o aluno citado mantém coerência em suas respostas no pré-pós-teste. No segundo caso, o aluno também mantém coerência, mas não registra um conceito mais elaborado do que seria energia, apenas se refere a uma de suas características. Já no terceiro caso, pode-se pressupor que a resposta mais elaborada no pré-teste tenha origem nas anotações feitas no primeiro encontro da SEI/PE durante a experimentação com uso do *PhET* Colorado.

A análise da segunda questão do pós-teste – Como a energia se comporta e se transforma? – segue linha de raciocínio/resposta semelhante, com alguns avanços em termos de do conhecimento.

No pré-teste, quando colocada a questão de como a energia se comporta ou se transforma, um estudante escreve: “[...] *A energia se comporta diferente. Ela*

pode se transformar pelo calor". No pós-teste, esse mesmo estudante registra: "[...] *em outro lugar*" (E10). Aqui a respostas do pós-teste parece, no mínimo, 'estranha, surpreendente', parecendo adequado o pressuposto anteriormente citado.

Outro estudante no pré-teste registra: "[...] *toda energia pode se transformar em outra energia*" (E32). No pós-teste mantém essa mesma afirmativa e ainda acrescenta um exemplo, assim "[...] *a energia solar se transforma em energia elétrica*" (E32). E, assim, parece ter antecipado a resposta à terceira questão do pós-teste: Como a energia se transforma na natureza? Cite um exemplo.

O aluno que no pré-teste registra que o comportamento da energia na natureza está relacionado ao meio e à força, em suas palavras: [...] "*A energia se comporta conforme o meio e a força* (E4)", no pós-teste, possivelmente tenta complementar esta ideia ao afirmar "[...] *um exemplo é a correnteza do rio*" (E4).

As respostas atribuídas à terceira questão do pós-teste são coerentes e, em grande medida, os alunos registram semelhantes respostas no pré-teste.

Pauta-se a quarta questão do pós-teste, assim formulada: Na aula experimental, observamos que uma *skatista* não faz nenhum tipo de força para movimentar o *skate* e mesmo assim o movimento dela é infinito. Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta.

Na análise comparativa de respostas entre o pré-teste e o pós-teste essa questão parece ter requerido maior concentração do estudante para rememorar as experiências vivenciada com as simulações no *PhET* Colorado. Além disso, é importante registrar que esta quarta questão colocada no pré-pós-teste foi a que alcançou maior índice de não resposta.

Entre as respostas afirmativas (sim) ou negativas (não), registradas no pré-teste e pós-teste predominou o 'não'. Um aluno registrou seu 'não' no pré-teste e explicou que "[...] *na vida real temos o atrito que impede o movimento infinito*" (E7) e manteve igual opinião no pós-teste.

Outro registrou que este tipo de movimento não ocorre na vida real, pois "[...] *ela está em cima do skate, sendo assim está em forma de um ângulo que não a deixa ficar parada*" (E25). No pós-teste este aluno continua com o 'não', e justifica que na vida real "[...] *a força da gravidade faz o corpo parar*". Ainda, outro que no pré-teste escreve: "[...] *Não, porque na vida real você precisa de um impulso constante*" (E28). No pós-teste, esta questão foi deixada sem resposta, o que parece indicar dúvidas quanto à resposta correta.

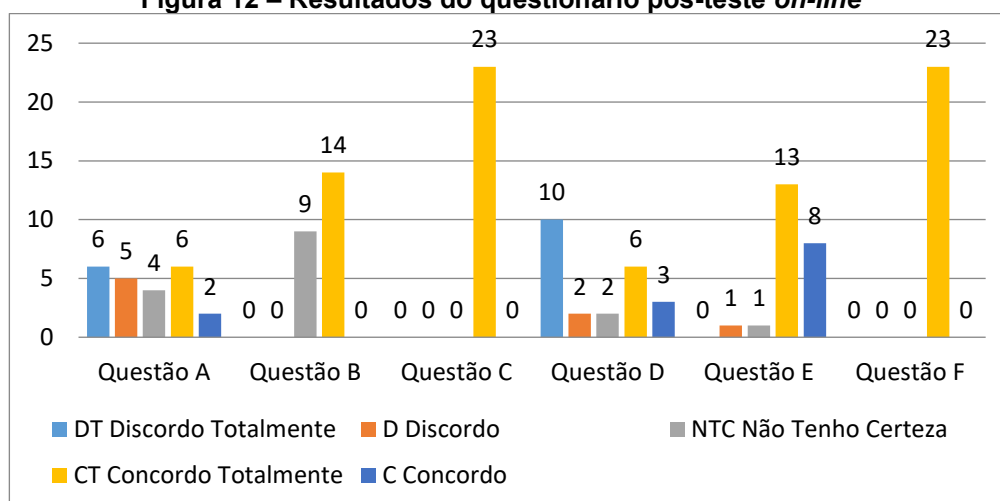
No pós-teste, outros alunos se manifestam concordantes 'sim', pois “[...] *ela não consegue ter equilíbrio devido à força da gravidade que age sobre o skate*” (E10) ou sim porque “[...] *o peso do corpo atua sobre o skate e o impulso faz o skate continuar o movimento*” (E32). No pré-teste, o primeiro estudante mencionado não registra qualquer resposta a esta questão. Já o segundo escreve: “[...] *o peso do corpo faz o skate descer e subir a rampa até que ela faça outra força*” (E32).

Aqui, a intenção era discutir a correlação de conceitos de energia potencial gravitacional, de energia cinética, energia mecânica, potencial gravitacional e forças conservativas e dissipativas, acredita-se que a escolha da quarta questão parece ter sido adequada para aplicação nesta turma. Essa perspectiva tende a se confirmar a partir da análise dos resultados da segunda parte do pós-teste – questionário pós-teste *on-line* – com abordagens nesses mesmos conceitos.

Nem todos os estudantes participaram da segunda parte do pós-testes *on-line*, em particular aqueles assistidos na Sala de Recursos Multifuncionais (total=9) por falta de um profissional para atendimento educacional especializado. Ao todo, 23 (vinte e três) responderam às questões propostas na segunda parte do pós-teste *on-line*. Os resultados computados a partir das respostas do questionário pós-teste *on-line* foram reunidos por alternativa de resposta: DT= Discordo Totalmente, D = Discordo, NTC = Não Tenho Certeza, CT = Concordo Totalmente ou C = Concordo.

Para efeito de análise em relação à compreensão dos conceitos estudados em sala de aula considera-se que as alternativas DT e CT indicam maior nível de segurança de a resposta ser correta; D e C apontam menor médio de segurança e NTC indica nível médio de segurança, ou seja, o aluno estaria indeciso quanto à resposta correta ou mais adequada para cada proposição do questionário pós-teste *on-line*. As respostas a cada questão, segundo a alternativa escolhida pelo estudante, foram computadas quantitativamente e registradas na Figura 12, a seguir.

Figura 12 – Resultados do questionário pós-teste *on-line*



Fonte: Autoria própria (2023).

Seguindo-se os resultados apresentados na Figura 12, pela análise de respostas à Questão A, observa-se que maior quantitativo de resposta correta se estabelece nas alternativas DT e D (total =11 estudantes), indicativo de que esses alunos detêm maior clareza sobre o princípio de conservação da energia em relação aos que marcaram CT e C.

Na Questão B somente duas opções de resposta foram registradas. A maioria dos estudantes (total=14) opta pela alternativa incorreta CT e o restante (total=9) registra a alternativa NTC, indicando maior nível de insegurança quanto ao domínio dos conceitos de E_c e E_{pg} .

Na Questão C se observa unanimidade de respostas corretas CT (total=23), o que aponta compreensão sobre o tipo de energia envolvida em cada um dos três momentos em que o atleta realiza seu salto com vara.

Na Questão D aparece divergência entres as respostas, sendo os estudantes que marcaram CT e C (total=9) os que revelam maior compreensão sobre a relação existente entre energia potencial gravitacional e energia cinética e a conversão de uma na outra.

Na Questão E, os estudantes (total=21) que marcam DT e D mostram compreensão sobre o processo de transformação da energia potencial elástica em energia cinética. O exemplo do carrinho de brinquedo movido à corda auxilia o aluno a entender que a energia potencial elástica armazenada na mola se transforma em energia cinética no momento que o carrinho é liberado para deslizar sobre chão/solo.

A Questão F alcança unanimidade de respostas corretas em CT (total=23), posto que a soma da energia potencial e da energia cinética resulta na energia mecânica, porém esse resultado independe da atuação de forças dissipativas. Nesse sentido, regista-se a compreensão de que “[...] a energia mecânica de um sistema isolado é conservada quando não existem forças dissipativas agindo no sistema” (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 662).

O nível médio de segurança de respostas (NTC) aparece com maior frequência nas questões A, B, D e E, com destaque para a Questão A (total=4) que contempla o princípio de conservação da energia, e Questão B (total=9) que aborda a relação entre os conceitos de energia potencial gravitacional e energia cinética.

A divergência de respostas quanto à situação-problema apresentada na Questão A indica insegurança de resposta (NTC=4) e/ou pode que significativa parcela de estudantes (total=8) não domina o conceito básico da Física Escolar que envolve o princípio de conservação da energia mecânica.

Em análise sobre as respostas à Questão B, os estudantes que optam pela resposta NTC são os que mais revelam dúvidas quanto à compreensão dessa situação-problema, a qual requer se entender que há redução da E_{pg} quando há diminuição da altura do ciclista em relação a determinado ponto referencial. Então, a referida redução da E_{pg} não é decorrente da ação da força contrária provocada pelo vento, tal como proposta nessa Questão. Além disso, nesse caso, a E_c se mantém constante devido ao acréscimo de energia à bicicleta dado pelo ciclista.

As Questões D e E revelam baixos níveis de insegurança de respostas, respectivamente NTC=2 e NTC=1. O que se destaca na Questão D é o quantitativo de respostas incorretas em DT (total=10) e D (total=2), indicativo de que há necessidade de ser rediscutida a relação existente entre E_{pg} e E_c e a conversão de uma energia em outra.

Considerados os níveis de segurança – maior, médio e menor – a análise das respostas registradas às Questões (Figura 12) convida a ponderar se a estratégia usada nessa avaliação somente testada no pós-teste se revela adequada à prontidão dos estudantes para respondê-lo adequadamente. O que se observa nos registros dos participantes é que, diante do nível de dificuldade conceitual presente na questão, repetidamente é marcado o nível médio NTC. É o caso, por exemplo, de quatro estudantes que marcam NTC às Questões A e B. Desses, dois deles marcam NCT para a Questão D e apenas um repete NTC para a Questão E.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve por objetivo geral oportunizar a exploração de atividades investigativas com o conteúdo de Física relativo à Energia e Conservação da Energia Mecânica com exploração de simuladores *on-line PhET* Colorado. Para o alcance de tal objetivo, a abordagem metodológica do tema foi orientada na perspectiva do ensino por investigação com a aplicação na prática pedagógica de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI). Cada atividade da SEI foi programada e desenvolvida de forma prévia, observadas as orientações e etapas definidas por Carvalho (2011; 2013; 2018).

Para o alcance do objetivo geral foram observados os seguintes objetivos específicos: (a) produzir, implementar e avaliar a aplicação da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) no ensino de Energia e Conservação de Energia Mecânica com o uso do simulador específico, o *PhET* Colorado; (b) incentivar os educandos a desenvolverem atividades que despertem suas habilidades cognitivas e emocionais com aulas participativas, práticas e interativas; (c) observar a motivação e a aprendizagem ao término da cada atividade proposta; (d) ampliar as possibilidades de o aluno expor e defender de forma clara e objetiva suas respostas às atividades de experimentação em Física na Educação Básica, Ensino Médio.

A base teórico-conceitual que orienta a mediação da aprendizagem se sustenta na Teoria da Aprendizagem de Lev Semionovich Vygotsky e na Teoria da Experiência da Aprendizagem Mediada de Reuven Feuerstein.

Fundamentalmente, o desenvolvimento e a aplicação na prática pedagógica das atividades propostas e relatadas nesta dissertação se encaminharam em direção ao reconhecimento e à validação do processo de construção e aplicação do Produto Educacional (PE) com abordagem no Ensino de Física por Investigação. A construção e apresentação do PE atende a um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira.

As simulações realizadas *on-line* com o *PhET* Colorado servem para fundamentar a hipótese de que a aprendizagem dos conteúdos de Física Escolar se torna mais efetiva quando o aluno é estimulado a investigar, descobrir e se apropriar de novos conhecimentos. Então, considerados os objetivos e os resultados alcançados na prática pedagógica anotam-se algumas observações relevantes a

título de conclusão. Inicia-se com a aplicação da SEI na prática pedagógica, quando se evidencia efetiva participação dos alunos nas atividades investigativas, a qual permite o desenvolvimento de atitudes científicas na busca pela solução das situações-problemas propostas e testadas com auxílio do simulador *on-line PhET Colorado*. Esse desenvolvimento foi observado em sala de aula e/ou no LabInfo pelas discussões, argumentações, testagem de hipóteses em simulações *on-line* com o *PhET Colorado*, medição experimental e resolução das atividades propostas em cada encontro/aula definido na SEI/PE.

O percurso da construção do conhecimento científico quanto à Energia e Conservação da Energia Mecânica em sala de aula, observado e anotado durante as atividades experimentais no LabInfo, bem como o resultado da aprendizagem observado pela análise das respostas às questões do pré-pós-teste tendem a indicar que houve apropriação de parte do conteúdo sobre Energia e Conservação da Energia Mecânica contemplado no SEI/PE, o que revela ampliação do conhecimento sobre o conteúdo científico da Física Escolar já apreendido no Ensino Fundamental.

Nesse sentido, anota-se que a aplicação na prática pedagógica das atividades programadas na SEI, com exploração didática do simulador *on-line PhET*, permite o alcance do objetivo geral e dos objetivos específicos.

Conclui-se que a prática pedagógica sustentada na investigação a partir da organização da SEI para abordagem em conteúdos da Física Escolar, no Ensino Médio, viabiliza a realização de uma aula investigativa, interativa, capaz de instigar, estimular, incentivar, permitir e viabilizar a melhoria da qualidade do ensino da Física Escolar. Acredita-se que, quando o professor elabora uma SEI adaptada a sua realidade e se utiliza de recursos didáticos *on-line*, ocorre efetiva relação professor-aluno acompanhada pela construção do esperado conhecimento científico.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, W. N. C.; MALHEIRO, J. M. S. A aprendizagem mediada de Reuven Feuerstein: uma revisão teórico-conceitual dos critérios de mediação. **Revista Cocar**, Belém, v. 14, n. 30, p. 1-22, 2020.
- ALVES, O. A. F.; SOUSA, L. L. L. **Experimentação virtual de mecânica clássica com o PhET**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró: Ufersa, 2021.
- ARAÚJO, R. M.; ALMADA, A. C. S.; OLIVEIRA, J. A.; CONTREIRA JÚNIOR, P. C. A.; OLIVEIRA, A. G.; SILVA, M. C. Ensino remoto de conteúdos de física para a 1ª série do ensino médio por bolsistas do programa de residência pedagógica. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 4, n. 1, p. 317-30, 2022.
- BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISAN, F. M. Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre, RS: Penso, 2019. In: BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISAN, F. M. (org.) **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre, RS: Penso, 2019, p. 47-66.
- BACICH, L. **WebQuest**: como organizar uma atividade significativa de pesquisa. 2020. Disponível em: <https://lilianbacich.com/2020/03/22/webquest-como-organizar-uma-atividade-significativa-de-pesquisa>. Acesso em: 20 jan. 2023.
- BALDIÓN-ACEVEDO, T. L. La Influencia de la aplicación de la teoría de la experiencia del aprendizaje mediado de Reuven Feuerstein en el afianzamiento lector y escritor de los estudiantes de sexto grado. **RTED: Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0**. Lara, Venezuela, v. 9, n. 2, p.170-81, 2020.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARRETO, B.; XAVIER, C. **Física aula por aula: 3.º ano**. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino da Física**, Florianópolis, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Tradução Maria Teresa Estrela e Albano Estrela. Coleção Ciência da Educação. Porto, Portugal: Porto e Jitara, 1994.
- BÖHLKE, A. E.; EVANGELISTA, F. L.; ALVARENGA, L. L. Uso de simulações virtuais e experimentos na docência: conservação da energia mecânica e colisões mecânicas. **Physicae Organum**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 1-14, 2021.
- BRAGA, C. R.; GONÇALVES, R. S.; LAMEU, L. P. Peer instruction em aulas remotas no ensino de física no período da pandemia da covid-19. **CEMeR: caminhos da educação matemática em revista on-line**. Aracajú, v. 11, n. 4, 2021.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**.

Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL. **Lei nº 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: CC, 1996.

BRASIL. **Base nacional comum curricular**: educar é a base – ensino médio. Brasília: MEC, 2018.

BUNGE, M. Energia entre a física e a metafísica. **Ciência & Educação**. Bauru, v; 9, n. r, p. 457-61, set. 2000.

CAMPOS, J. F. **Uma proposta de sequência didática para o ensino de energia mecânica**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Sociedade Brasileira de Física. Instituto Federal do Espírito Santo. Cariacica: IFES, 2018.

CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C.; VANNUCCHI, A I. **Conhecimento físico no ensino fundamental**. 1998. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/367817533/Carvalho-A-m-p-Vannucchi-A-i-Barros-m-a-Goncalves-m-e-r-Rey-r-c-Ciencias-No-Ensino-Fundamental-o-Conhecimento-Fisico-Sao-Pa>. Acesso em: 25 jan. 2023.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011. Cap. 18, p. 253-66.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap.1.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **RBPEC**: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 765–94, dez., 2018.

CARVALHO, A. M. P. Ensino por investigação: as pesquisas que desenvolvemos no LaPEF. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 16, n. 3, 2021.

CHRISTENSEN, C., M.; HORN, M. B.; STAKER, H. **Ensino híbrido**: uma inovação disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos, 2013. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/porvir/wp-content/uploads/2014/08/PT_Is-K-12-blended-learning-disruptive-Final.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

CONCEIÇÃO, E. F. V.; SIQUEIRA, L. B.; ZUCOLOTTI, M. P. R. Aprendizagem mediada pelo professor: uma abordagem vygotskyana. **Research, Society and Development**, Itajubá, v. 8, n. 7, p. 1-14, 2019.

DANTAS, M.; PEREZ, S. Gamificação e jogos no ensino de mecânica newtoniana: uma proposta didática utilizando os aplicativos *bunny shooter* e *socratic*. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 84-103, 2018.

DIAS, C. B. **Uma sequência de ensino investigativa para o ensino e a aprendizagem dos conceitos de “massa” e “peso”**: análise do engajamento

disciplinar produtivo dos alunos. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Câmpus Jataí. Jataí: IFG, 2020.

DODGE, B. WebQuests: a technique for *internet*: Based Learning. Tradução de Jarbas Novelino Barato. **The Distance Educator**, v.1, n. 2, 1995.

DOWBOR, F. F. **Quem educa marca o corpo do outro**. São Paulo: Cortez, 2008.

EVANGELISTA, F. L.; CHAVES, L. T. Uma proposta experimental e tecnológica na perspectiva de Vygotsky para o ensino de física. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 177-200, Brasília, 2019.

FERNANDES, M. B.; HARTMANN, A. M.; DORNELES, P. F. T. A física no ensino médio integrado: uma sequência didática sobre eletricidade com aplicação do arduíno. **RBFTA: Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 19-34, dez. 2014.

FEUERSTEIN, R. The theory of structural cognitive modifiability. 1990. In: ALMEIDA, W. N. C.; MALHEIRO, J. M. S. A aprendizagem mediada de Reuven Feuerstein: uma revisão teórico-conceitual dos critérios de mediação. **Revista Cocar**, Belém, v. 14, n. 30, p. 1-22, 2020.

FIASCA, A. B. A.; BELMONTE, V. N.; TAVARES, B. M.; BASTITA, M. C. A utilização de metodologias ativas no ensino de física: uma possibilidade para o ensino de relatividade restrita na educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.16, n.2, p. 367-83, 2021.

FLICK, V. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução de Joice Elias Costa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FORTES, A. G.; BEIRÃO, H. H. A.; RAIMUNDO, B.; CHAU, M. J. Metodologias ativas no ensino de física na Unirovuma – Moçambique: perspectivas dos estudantes. **Ensaio Pedagógico**, Sorocaba, v.5, n.2, p.1-16, maio/ago. 2021.

GUDWIN, R. R. **Aprendizagem ativa**. 2018. Disponível em: <https://faculty.dca.fee.unicamp.br/gudwin/activelearning>. Acesso em: 20 jan. 2023.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da física: mecânica**. Tradução de Ronaldo Sérgio Biasi. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico; **Caderno estatístico**. Município de Pinhal de São Bento, 2023. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=85845;caderno>. Acesso em: ago. 2023.

JUCA, R. S. **Uso de simulações computacionais no ensino de física: sugestão didática para exploração do tema energia mecânica**. Monografia (Licenciatura em Física). Universidade Federal Fluminense. Niterói: UFF, 2013.

JUNGER, A. P.; FERRAZ, A. C.; VILELA, J. L. B. A utilização do *peer instruction* no ensino de física moderna no ensino médio como sistematizador para uma aprendizagem significativa. **Revista Triângulo**. Uberaba, v. 14, n. 1, p. 57-70, jan/abr. 2021.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e tempo docente**. Campinas: Papirus, 2014.

LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; SILVA, C. B.; LORETTO, E. L. S. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**. Canoas, v. 20 n. 2 p.154-71, mar./abr. 2018.

MATTOS, P. C. **Tipos de revisão de literatura**. 2015. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-evisao-de-literatura.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2023.

MENDONÇA, A. P. **Ensino investigativo sobre energia mecânica com uso de simulações computacionais para o ensino de física no ensino fundamental**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização no Ensino de Ciências por investigação). Centro de Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal de Minas Gerais. Bom Despacho: UFMG, 2015.

MORAN, J. M. Metodologias ativas e modelos híbridos na educação. In: YAEGASHI, S. *et al.* (Org.). **Novas tecnologias digitais: reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento**. Curitiba, PR: CRV, p. 23-35. 2017.

MORAN, J. M. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre, RS: Penso, 2018, Parte I.

NASCIMENTO, A. M. S. **Utilização de experimentos de baixo custo e de simulações computacionais no ensino de física em escolas públicas**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais). Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá: UFMT, 2014.

OLIVEIRA LOUREIRO, B. C.; SILVA, M. C. Ensino de física para a primeira série do novo ensino médio por meio de *Webquest*. In: **Anais**. Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022. Brasília: UnB, 12-16 dez. 2022.

PADILHA JÚNIOR, A. A.; NETO, M. J. Aprendizagem de física no ensino médio por meio do *peer instructions*. **Revista do Professor de Física**. Brasília, v. 6, n. Especial, p. 396–401, 2022.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes curriculares da educação básica física**. Curitiba: Seed, 2008.

PEREIRA, N. V.; ARAÚJO, M. S. T. Análise de publicações sobre o tema Energia com enfoque CTS no Ensino de Ciências no Brasil entre 2006 e 2017. **Research, Society and Development**, Itajubá, v. 10, n. 11, e160101119556, p. 1-13, 2021.

PETTER, A. A.; ESPINOSA, T., ARAUJO, I. S. Inovação didática no ensino da física: um estudo sobre a adoção do método instrução pelos colegas (*peer instructions*) no contexto de mestrado profissional em Ensino no Brasil. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 43, e20210070, p. 1-15, 2021.

RAMALHO, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. D. T. **Os fundamentos da física 1: mecânica**. V. 1. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física no ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 29, n. 2, p. 251-66, 2007.

RODRIGUES, L. B. **Solução de problemas no ensino de física utilizando softwares de simulação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física). Instituto de Física. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia: UFU, 2013.

RODRIGUES, L. G.; LEMOS, G. A. Metodologias ativas em educação digital: possibilidades didáticas inovadoras na modalidade EaD. **Ensaio Pedagógico**. Sorocaba, v. 3, n. 3, p. 29-36, 2019.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2008.

ROZA, R. H. TICS na aprendizagem sob a perspectiva sociointeracionista. **RPGE**– Revista on-line de Política e Gestão Educacional, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 498-506, maio/ago., 2018.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333–52, 2008.

SASSERON, L. H. **Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor**. 2013. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1926810/mod_resource/content/1/Sasseron_2013_Interac%CC%A7o%CC%83es%20discursivas%20em%20sala%20de%20aula.pdf. Acesso em: 20 jan. 2023.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensino Pesquisa Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 17, n. esp., p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a base nacional comum curricular. **RBPEC: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 1066-85, 2018.

SILVA JÚNIOR, J. M. **A construção de conceitos científicos em aulas de física utilizando atividades investigativas**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória: UFES, 2015.

SILVA, J. P. A. **Uso de simulações virtuais interativas no ensino de física das primeiras séries do ensino médio do IF Goiano – Campus Ceres**. Dissertação (Mestrado no Ensino de Ciências Naturais). Universidade Federal de Mato Grosso. Ceres: UFMG, 2022.

SILVA, C. H. A.; FRANCO, L. A. M. **O uso do PhET como ferramenta de ensino dos conceitos de mecânica: relatos e experiências**. 2021. Disponível em: <https://www.ced.seduc.ce.gov.br/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

SILVA, J. B.; SALES, G. L.; CASTRO, J. B. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 41, n. 4, e20180309, 2019.

SILVA, J. B.; SALES, G. L. Um panorama da pesquisa nacional sobre Gamificação no ensino de Física. **Tecnia**. Goiânia, v. 2, n.1, p. 105–21, 2017.

SOUZA, V. R. D.; SANTOS, A. C. F. D. **Uma aula sobre energia mecânica e sua conservação através do uso de analogias**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, UFRJ, 2015.

STAKER, H.; HORN, M. B. Classifying K–12 blended learning. **Innosight Institute**. 2012. Disponível em: <https://www.christenseninstitute.org/wp-content/uploads/2013/04/Classifying-K-12-blended-learning.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

STUDART, N. Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas. **Revista do Professor de Física**. Brasília, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros. Tradução de Paulo Machado Mors. 6. ed. V. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

VALENTE, J. A. *Blended learning* e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**. Dossiê – Educação a Distância. Curitiba, n. 4, 2014.

VILLALTA-PAUCAR, M. C.; MARTINIC-VALENCIA, S.; ASSAEL-BUDNIK, C.; ALDUNATE-RUFF, N. Presentación de un modelo de análisis de la conversación y experiencias de aprendizaje mediado en la interacción de sala de clase. **Revista Educación**. Costa Rica, v. 42, n. 1, p. 1-18, 2018.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. ed. São Paulo; Martins, Fontes, 2007.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, [1998], 2010.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

APÊNDICE 1: ATIVIDADES AVALIATIVAS: PRÉ-PÓS-TESTAGENS

QUESTIONÁRIO DO PRÉ-TESTE

Nome do respondente: _____

1) Defina o que é Energia?

2) Como a energia se comporta na natureza? Explique.

3) Como a energia se transforma na natureza? Cite um exemplo.

4) Na experiência observada sobre o movimento da *skatista* quando desliza sobre a pista de *skate* em uma situação peculiar quando não há qualquer força exercida pela *skatista* sobre o *skate*, responda: Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta.

5) Em caso de deter opiniões divergentes em relação a expressa em sala, elenque as justificativas sobre aquela(s) julgada(s) correta(s).

QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE (ON-LINE)

Nome do respondente: _____

CONTEÚDOS ABORDADOS

Questão A: Princípio de Conservação da Energia Mecânica

Questão B: Energia Potencial Gravitacional

Questão C: Energias Cinética, Gravitacional e Elástica

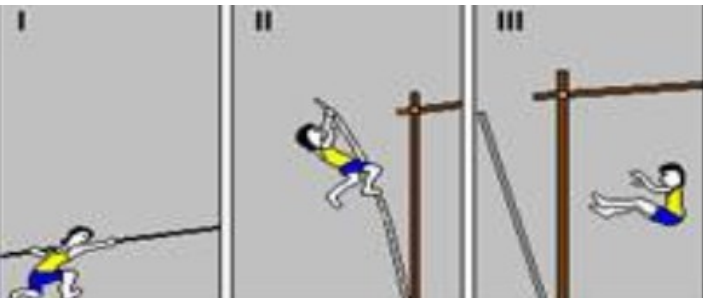
Questão D: Transformação da Energia Potencial Gravitacional em Energia Cinética

Questão E: Transformação de Energia Potencial Elástica em Energia Cinética

Questão F: Forças Conservativas e Dissipativas

Assinale com um X apenas uma alternativa de resposta em cada questão. Lembre-se do significado de cada abreviatura:

DT = Discordo Totalmente D = Concordo NTC = Não Tenho Certeza
 CT = Concordo Totalmente C = Concordo

Questão	Alternativas de resposta				
	DT	D	NTC	CT	C
<p>Questão A: Considerado o princípio de conservação da energia mecânica pode-se afirmar seguramente que a energia total de um sistema isolado sempre é variável, nunca constante.</p>					
<p>Questão B: Sob forte vento na direção contrária ao movimento de um ciclista que desce por uma rua bastante inclinada e mantém a velocidade constante é possível se afirmar que, devido à ação da força contrária, há diminuição de sua energia potencial gravitacional, porém sua energia cinética permanece constante.</p>					
<p>Questão C: A figura abaixo mostra três momentos que um atleta faz um salto com vara.</p>  <p>Considerados os três momentos do salto, é correto afirmar que no primeiro (I) apenas está envolvida a energia cinética. No segundo (II), estão envolvidas a energia cinética, a energia gravitacional e energia elástica. No terceiro (III) somente a energia cinética e a gravitacional estão envolvidas</p>					
<p>Questão D: A figura abaixo representa um bate-estaca, que é uma ferramenta usada na fase inicial da construção de um prédio ou uma casa, por exemplo. Essa ferramenta é útil para a colocação/fixação de estacas nas fundações. No bate-estaca, um</p>					

motor suspende um peso, o martelo, por um cabo de aço (10,0 metros). Ao ser abandonado em certa altura, o martelo atinge a estaca posicionada logo abaixo (2,0 metros). O processo de suspensão e abandono do martelo é contínuo até que a estaca esteja firme na posição desejada.



Mediante o conteúdo estudado, **é correto se afirmar** que durante a queda do martelo ocorre um processo de transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.

Questão E: Observe que no interior de um carrinho brinquedo movido à corda há uma mola que é comprimida quando o carrinho é puxado para trás. Ao ser solto, o carrinho entra em movimento e a mola aos poucos volta à sua forma inicial. Nos movimentos de puxar e soltar o carrinho ocorre um processo de conversão de energia. Então, **é exatamente** quando é solta a mola que ocorre a transformação de energia cinética em energia potencial elástica.

Questão F: Análise estas três afirmativas e depois responda.

- (I) o trabalho realizado por uma força não conservativa representa uma transferência irreversível de energia;
- (II) em um sistema físico, a soma das energias cinética e potencial resulta em energia mecânica somente quando não há atuação de forças dissipativas sobre esse sistema.
- (III) se em um sistema físico houver atuação de forças dissipativas, haverá energia dissipada correspondente ao trabalho realizado por essas forças

Então, **seguramente**, apenas a segunda afirmativa (ii) está totalmente incorreta.

Fonte: Autoria própria com base em Ramalho, Ferraro e Soares (2007) e consultas *on-line*:
http://projetoeduc.cecierj.edu.br/eja/recurso-multimedia-professor/fisica/novaeja/m2u01/lista_exercicios_unidade6.pdf;
<https://fisicaevestibular.com.br/novo/enem/transformacoes-de-energia-energia-mecanica-exercicios-com-caracteristicas-de-enem/>
<https://webfisica.com/fisica/curso-de-fisica-basica/exercicio/o-bate-estacas-e-um-dispositivo-muito-utilizado-na-fase-inicial-de-uma-construcao>

OBS: Ao ser transcrito no *Google Form*, este questionário terá nova formatação, mas as questões e as alternativas de respostas permanecem inalteradas.

APÊNDICE 2 – PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARIA LUCIA GEITTENES CAMERA

**PROPOSIÇÃO E USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA
A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA EM AULAS DE FÍSICA DO
ENSINO MÉDIO**

MEDIANEIRA

2024

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARIA LUCIA GEITTENES CAMERA

**PROPOSIÇÃO E USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA
A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA EM AULAS DE FÍSICA DO
ENSINO MÉDIO**

**PROPOSITION AND USE OF AN INVESTIGATIVE TEACHING SEQUENCE TO
APPROACH THE CONCEPT OF ENERGY IN HIGH SCHOOL PHYSICS CLASSES**

Produto Educacional apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira (UTFPR-MD).

Orientador: Prof. Dr. Fabio Rogerio Longen.

**MEDIANEIRA
2024**



4.0 Internacional

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

11/03/2024, 15:34



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira



MARIA LUCIA GEITTENES CAMERA

**PROPOSIÇÃO E USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA A ABORDAGEM DO
CONCEITO DE ENERGIA EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

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: 21 de Fevereiro de 2024

Dr. Fabio Rogerio Longen, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Marcos Fernando Soares Alves, Doutorado - Instituto Federal do Paraná

Dra. Sheyse Martins De Carvalho, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 21/02/2024.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Formas de energia.....	15
Figura 2 – Simulador de energia com <i>skate</i>	15
Figura 3 – Energia potencial elástica (E_{pel})	17
Figura 4 – Ilustração da Lei de Hooke	18
Figura 5 – Tela inicial do simulador de massas e molas com destaque para o ícone LAB.....	18
Figura 6 – Cursor do simulador para configuração da constante da mola.....	19
Figura 7 – Captura de tela demonstrando quais ícones devem ser selecionados e como utilizar a régua	19
Figura 8 – Energia cinética e conservação de energia	22
Figura 9 – Simulador de uma pista vertical de <i>skate</i>	23
Figura 10 – Captura de tela do simulador de energia na pista de skate	23
Figura 11 – Captura de tela da simulação no modo parque.....	24
Figura 12 – Posicionamento da bolinha na rampa	27
Figura 13 – <i>Looping</i> para demonstração da conservação de energia	27
Figura 14 – Posicionamento para medida do <i>looping</i>	28

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Estruturação da sequência de ensino investigativa.....	12
Quadro 2 – Conceituação de energia e conservação de energia.....	16
Quadro 3 – Atividade avaliativa extraclasse	29
Quadro 4 – Primeira parte da atividade avaliativa final do PE	30
Quadro 5 – Segunda parte da atividade avaliativa final do PE.....	31
Tabela 1 – Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola pequena	20
Tabela 2 - Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola grande	20

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	7
2 JUSTIFICATIVA.....	9
3 TUTORIAL	11
4 ENCONTROS E APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVERTIGATIVA DO PRODUTO EDUCACIONAL EM SALA DE AULA.....	12
4.1 Primeiro Encontro: Explorando a turma, seu conhecimento e suas habilidades.....	14
4.2 Segundo Encontro: Energia potencial elástica: conceitos e aplicações ...	16
4.3 Terceiro Encontro: Energia cinética e a conservação de energia mecânica	22
4.4 Quarto Encontro: Energia potencial gravitacional: conceitos e aplicações	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS.....	34

1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho descreve o Produto Educacional (PE) desenvolvido durante o processo de formação docente no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Medianeira – PR, e aplicado em aulas de Física na 1ª série do Ensino Médio (EM), em uma instituição educacional pertencente à rede estadual de Educação Básica do Estado do Paraná.

O PE contempla a prática docente com o conteúdo Energia e Conservação de Energia Mecânica, presente no currículo de Física do EM (Paraná, 2008), e tem sua base teórica sustentada na Teoria da Aprendizagem (Vygotsky, 2007) e na Teoria da Experiência da Aprendizagem Mediada (Feuerstein, 1990).

Na opção metodológica adotada no PE, explora-se a estratégia didática conhecida como Sequência de Ensino Investigativa (SEI), formulada por Carvalho que visa à utilização de atividades investigativas na abordagem do conteúdo Energia e Conservação de Energia Mecânica.

A aplicação prática da SEI é apoiada por metodologias ativas que levam à aprendizagem colaborativa, cooperativa e híbrida, pela exploração de simuladores computacionais. Nesse particular, utiliza-se a ferramenta tecnológica o *Physics Education Technology Project (PhET)*⁷, idealizada pela Universidade de Colorado Boulder, Estados Unidos da América, que funciona como uma plataforma *on-line* de fácil acesso a conteúdos curriculares e oportuniza a simulação de atividades e conceitos estudados em sala de aula do ensino presencial ou *on-line* de um modo dinâmico, ativo e interativo (Silva; Franco, 2021).

Na base teórico-conceitual da SEI são observadas as orientações de Carvalho (2011; 2013; 2018), para quem o ensino de Física deve promover habilidades investigativas nos discentes e com isso possibilitar a utilização e o aprendizado do conhecimento científico de forma a promover o espírito investigativo presente nos discentes. A aprendizagem promovida pela SEI é desenvolvida de forma gradual, ou seja, os discentes são instigados a participarem de atividades planejadas que ampliam as discussões e possibilitam a construção e aquisição mediada do conhecimento científico.

⁷ PhET Colorado disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_pt_BR.html

As atividades organizadas, construídas, esquematizadas na SEI apresentada neste PE têm por objetivo promover a aprendizagem sobre o conhecimento de Energia e Conservação da Energia Mecânica com o uso de simuladores do projeto PhET Colorado, pelos discentes de forma articulada e organizada.

Para alcançar tal objetivo, a abordagem do tema é orientada na perspectiva do ensino por investigação com a criação de uma SEI e cada atividade programada é desenvolvida de forma prévia, observadas as orientações de Carvalho (2013).

Nessa perspectiva de ensino, definem-se como objetivos específicos do PE:

- (a) produzir, implementar e avaliar a aplicação da SEI no ensino de Energia e Conservação de Energia Mecânica com exploração um simulador *on-line* específico: PhET Colorado;
- (b) incentivar os educandos a desenvolver atividades que despertem suas habilidades cognitivas e emocionais com aulas participativas, práticas e interativas;
- (c) observar a motivação, a participação e a aprendizagem no término de cada atividade proposta;
- (d) ampliar as possibilidades de o aluno expor e defender de forma clara e objetiva suas respostas às atividades de experimentação em Física na Educação Básica, Ensino Médio.

2 JUSTIFICATIVA

Na pesquisa, argumenta-se ser preciso que o ensino de Física se afaste do chamado ensino tradicional, “[...] no qual o aluno é considerado uma ‘jarra vazia’ na qual o professor irá ‘despejar’ o conhecimento” (Bellucco; Carvalho, 2014, p. 32). Afirma-se ser necessário que o professor perceba o ensino de Física “[...] com mais gente e com menos álgebra, a emoção dos debates, a força dos princípios e a beleza dos conceitos científicos” (Menezes, 2005 *apud* Paraná, 2008, p. 50) e que, em sua prática pedagógica, explore metodologias ativas, interativas, híbridas, cooperativas e colaborativas, pois “[...] o contato dinâmico, interativo e ativo com a Física poderá quebrar barreiras e, juntamente com a exposição/interação, solidificar os conceitos estigmatizados como difíceis e inacessíveis pelos alunos” (Campos, 2018, p. 13).

Registra-se, ainda, que o uso de *softwares* de simulação auxilia o professor de Física no ensino dos conteúdos curriculares de maneira mais simples e próxima ao cotidiano dos estudantes (Böhlke; Evangelista; Alvarenga, 2021). Nesse sentido, na exploração didático-pedagógica das ferramentas tecnológicas disponíveis para acesso *on-line* inclui-se o despertar do interesse pedagógico pelo PhET Colorado.

O *PhET* Colorado é uma ferramenta que resulta de um projeto específico que visa simular situação-problema para ajudar o estudante na compreensão de conceitos de Ciências e Matemática (Alves; Sousa, 2021). Criado em 2002 e idealizado pela Universidade de Colorado Boulder, Estados Unidos da América (EUA), o PhET Colorado funciona como uma plataforma *on-line* que permite acesso dos estudantes a conteúdos curriculares e lhes oportuniza simular atividades e conceitos estudados em sala de aula do ensino presencial ou da educação à distância (EaD) de um modo dinâmico, ativo e interativo (Silva; Franco, 2021).

A SEI elaborada e aplicada na prática docente do ensino de Física no EM, tem a finalidade de ampliar as possibilidades de desenvolvimento de atividades de experimentação na Educação Básica, especificamente no Ensino Médio. Nesse contexto, é importante ressaltar que o material didático elaborado e aplicado na SEI é mais um recurso para pesquisa e produção de atividades direcionadas ao ensino da Física na Educação Básica. Assim, acredita-se que a SEI elaborada e testada neste PE possa contribuir para o desenvolvimento da prática docente a partir das atividades de experimentação e, igualmente, estimule o professor para estruturar

outras atividades de experimentação e aplicá-las na prática pedagógica em suas aulas de Física na Educação Básica.

No contexto de ensino-aprendizagem neste PE, explora-se o simulador *online* PhET Colorado com o propósito de motivar o estudante à investigação e aplicação prática de conteúdos curriculares, o que tende a resultar em ganhos significativos no processo de aprendizagem (Alves; Sousa, 2021).

Entende-se que o processo interativo em aulas mediadas por tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) permite que cada um – estudante, colegas, professor – seja atuante na construção do saber, participe ativamente, troque opiniões e alcance aprendizagem ativa (Juca, 2013; Rodrigues, 2013; Mendonça, 2015). É nesse contato ativo, interativo e dinâmico que o estudante se aproxima de conceitos próprios de Física (Silva Júnior, 2015; Silva; Franco, 2021;).

A aproximação do estudante a conceitos próprios da Física tende a quebrar barreiras que se revelam no decorrer dos processos de ensino e aprendizagem e a desmistificar ideias estigmatizadas de que os conceitos trabalhados nos conteúdos da disciplina de Física Escolar são difíceis, que tem muitos cálculos e aprender esses conteúdos é praticamente impossível para grande parcela de estudantes do Ensino Médio (Ricardo; Freire, 2007).

PROPOSIÇÃO E USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

3 TUTORIAL

Caro professor!

Apresento, aqui, uma proposta de ensino de Física à primeira série do Ensino Médio, organizada no formato de Produto Educacional (PE), que tem por objetivo oportunizar a exploração de atividades investigativas relativas ao conteúdo curricular Energia e Conservação da Energia Mecânica, com aplicação didático-pedagógica do simulador *on-line PhET Colorado*.

Não se trata absolutamente de um manual a ser seguido à risca na prática docente, mas, sobretudo, trata-se de um PE que testado revelou ser a associação da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) com a aplicação do simulador *on-line PhET Colorado* eficiente estratégia didática para o ensino da Física Escolar.

Na leitura do PE, encontrará as especificidades sobre a estruturação e aplicação da SEI, seus objetivos específicos, conhecimento prévio requerido-esperado, as estratégias e os recursos explorados em cada um dos quatro encontros em que ocorreu a aplicação da SEI na prática docente.

Ótima leitura!

Sucesso na aplicação deste PE.

4 ENCONTROS E APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA DO PRODUTO EDUCACIONAL EM SALA DE AULA

A SEI foi estruturada para ser aplicada em quatro (4) encontros presenciais, formados por aulas com duração de 45 minutos, com a participação de estudantes da 1ª série do Ensino Médio sob orientação da professora/pesquisadora.

A síntese da estruturação da SEI, organizada por encontros com respectivos objetivos, conhecimento prévio requerido, estratégias e recursos explorados no desenvolvimento das atividades, está registrada no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Estruturação da sequência de ensino investigativa

Objetivos Específicos	Conhecimento prévio	Estratégias e recursos explorados
Primeiro encontro – Explorando a turma, seu conhecimento e suas habilidades Duração: 90 minutos		
a) Iniciar o processo de interação professora/estudantes com apresentação do conteúdo proposto: Energia e Conservação de Energia Mecânica. b) Discutir conceitos a partir da análise de imagens e simulações virtuais. c) Avaliar o conhecimento prévio sobre o conteúdo proposto a partir da aplicação do pré-teste para validação do PE.	a) detenha breves noções sobre os conceitos de energia e de transformação de energia; b) habilidades básicas para ouvir, ler e interpretar imagens e expressões gráficas; c) operacionalização de simuladores <i>on-line</i> ; d) habilidade para responder as questões proposta no pré-teste.	a) introdução do conteúdo, <i>link</i> de acesso ao site <phet.Colorado.edu> e atividades em pares; b) conversação e exploração de imagens virtuais em dupla; c) identificação de pontos referenciais no ensino de energia com uso de recursos tecnológicos; d) atividade avaliativa (pré-teste) individual e escrita em folha sulfite.
Segundo encontro – Energia potencial elástica: conceitos e aplicações Duração: 45 minutos		
a) Discutir conceitos e aplicação da energia potencial elástica. b) Desenvolver atividades escritas sobre energia potencial elástica. c) Aplicar o conceito de energia potencial elástica com auxílio do simulador PhET Colorado. d) Calcular a massa e a constante de uma mola pequena e de outra grande.	a) detenha breves noções sobre o conceito de energia potencial elástica; b) mostre habilidade na aplicação dos conceitos em estudo; c) operacionalize o PhET de forma adequada; d) calcule a constante da massa de bolas.	a) estudo <i>on-line</i> em duplas para interações discursivas sobre o conteúdo; b) experiências com PhET e resolução de atividades. c) pesquisa individual <i>on-line</i> fora da escola sobre conceitos e exemplos de forças conservativa e dissipativa.
Terceiro encontro – Energia cinética e a conservação de energia Duração: 45 minutos		
a) Identificar a energia cinética e associá-la a contextos em que está envolvida. b) Analisar os sistemas de conservação da energia mecânica, reconhecendo perdas energéticas. c) Explorar os conceitos de conservação de energia mecânica e energia cinética por meio do PhET Colorado. d) Compreender que a energia cinética se relaciona a corpos em estado de movimento.	a) detenha breves noções sobre o conceito de energia cinética; b) correlação do conceito de energia cinética com práticas relativas à Conservação de Energia Mecânica; c) projeção <i>on-line</i> de uma pista de <i>skate</i> a partir dos conceitos de energia cinética e conservação de energia.	a) discussão em grupo sobre os conceitos e exemplos pesquisados sobre forças conservativa e dissipativa; b) simulações virtuais sobre forças conservativas e dissipativas em correlação com conservação de energia mecânica, energia mecânica e cinética, potencial gravitacional; c) discussão em grupo sobre o conteúdo explorado por meio de simulações.
Quarto encontro – Energia potencial gravitacional: conceitos e aplicações Duração: 90 minutos		
a) Identificar a energia potencial gravitacional e associá-la aos	a) habilidade para debate e discussão sobre	a) experiência, descrição e exploração de maquete

contextos envolvidos. b) Identificar e analisar perdas energéticas em sistemas de conservação da energia mecânica. c) Evidenciar a conservação de energia através de <i>looping</i> . d) Determinar velocidade e altura mínima de uma esfera maciça ao completar o <i>looping</i> e a energia dissipada pelo atrito. e) Aplicar o pós-teste para validação do PE.	conservação de energia; b) habilidades para aprendizagem e (re)elaboração do conhecimento; c) habilidade para expressar o aprendizado adquirido; d) prontidão intelectual para a resolução das questões do pós-teste.	experimental para medida do <i>looping</i> ; b) atividades investigativas e observação em atividades sobre a utilização do <i>looping</i> ; c) apontamentos e relato das atividades investigativas na forma escrita d) atividade avaliativa individual e escrita, impressa em folha sulfite e <i>on-line</i> .
---	--	---

Fonte: Autoria própria (2023).

Em seguida são apresentadas e descritas as atividades investigativas desenvolvidas em cada um dos quatro (4) encontros da professora com os estudantes da 1ª série do EM durante a aula de Física Escolar.

Na organização, apresentação e desenvolvimento da SEI observam-se os passos de gerenciamento da classe, turma, conforme Carvalho (2013), assim:

- 1) distribuição do material e proposição do problema de investigação;
- 2) resolução do problema a partir de concepções pessoais de pequenos grupos de alunos;
- 3) sistematização coletiva do conhecimento elaborado nos grupos, nas etapas: (a) como ou levantamento dos dados para a resolução dos problemas enunciado; (b) porque ou construção de uma justificativa para o fenômeno e da argumentação científica, proporcionando uma explicação causal e a passagem da linguagem cotidiana para a científica.
- 4) Escrever e/ou desenhar a construção pessoal do conhecimento.

4.1 Primeiro Encontro: Explorando a turma, seu conhecimento e suas habilidades

Conteúdo programático: Energia e Conservação da Energia Mecânica.

Objetivos de aprendizagem: Conservação da energia mecânica de um sistema físico, em seu balanço energético final; perdas energéticas por aquecimento ou atrito e necessidade de se fornecer energia ao sistema para repor essas perdas.

Atividade conceitual: definição de energia mecânica (E_M) e de conservação de energia mecânica.

Inicia-se com discussões orais sobre o significado de energia mecânica (E_M) de um sistema. Em seguida, define-se E_M como a capacidade de um corpo de realizar trabalho e corresponde a soma algébrica da energia cinética (E_C) e potencial (E_P). O cálculo da E_M é dada pela equação 1:

$$E_M = E_C + E_P \quad \text{Eq. 1}$$

Esclarece-se que sem atrito, a soma da energia mecânica em um instante inicial de um objeto é igual à soma da energia mecânica num instante posterior. Em outras palavras, a energia mecânica de um objeto é sempre conservada.

Considerado o exemplo do lançamento de um objeto em ângulos diferentes na mesma altura. A energia potencial é a mesma (mesma altura). A energia cinética é a mesma (mesma velocidade). Conclui-se, então, que não há diferença na energia mecânica em razão do ângulo de arremesso.

Portanto, independentemente da direção, se a velocidade inicial e a posição inicial do objeto lançado forem as mesmas, a velocidade no momento de atingir o solo também será a mesma.

Atividades no Laboratório de Informática no primeiro encontro

Na sequência, explora-se o Laboratório de Informática a partir do acesso ao site <phet.Colorado.edu> a fim de simular os movimentos da *skatista* na rampa.

- 1) A partir das Ilustrações (Figura 1) apresentadas aos(as) alunos(as) propõe-se que enunciem o que é Energia? Como ela se comporta? Como ela se transforma?

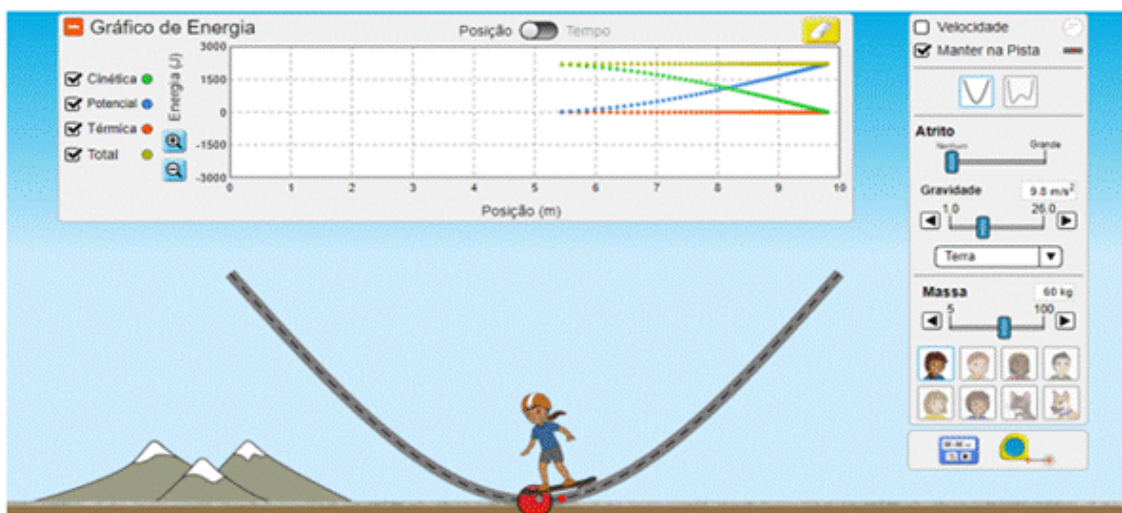
Figura 1 – Formas de energia



Fonte: Secretaria Estadual de Educação do Estado do Paraná (SEED) (2023). Disponível em: <https://rco.paas.pr.gov.br/livro>.

- 2) O professor poderá preparar um *GIF* conforme a sugestão abaixo (Figura 2) para estimular a experimentação/discussão a partir da premissa de que a *skatista* não faz nenhum tipo de força para movimentar o *skate* e mesmo assim o movimento dela é infinito. Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta. Em caso de opiniões divergentes em sala, elenque as justificativas das opiniões para julgarem qual é a correta.

Figura 2 – Simulador de energia com *skate*



Fonte: PhET Colorado (2023).

Momento de Argumentação – organização do pensamento –

Neste encontro, propõe-se, por meio de experiências, levar os alunos a concluir que a energia não se cria e não se destrói, mas apenas se transforma em

outro tipo de energia, em quantidades iguais. Para tal, será entregue aos alunos uma atividade avaliativa (Quadro 2) para ser respondida presencialmente sobre o significado de energia e conservação de energia, cujo objetivo é sondar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o conteúdo em pauta.

Quadro 2 – Conceituação de energia e conservação de energia

Colégio: Turma: 1ª série do Ensino Médio Nome do estudante:	Disciplina: Física Professora:
1) Defina o que é Energia?	Resposta:
2) Como a energia se comporta e se transforma?	Resposta:
3) Como a energia se transforma na natureza? Cite um exemplo.	Resposta:
4) Acesse o site abaixo e veja que a <i>skatista</i> não está fazendo nenhum tipo de força para movimentar o skate e mesmo assim o movimento dele é infinito. Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta. Link de acesso: https://phet.Colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_pt_BR.html	Resposta:
5) Em caso de opiniões divergentes em sala, elenque as justificativas das opiniões para julgarem qual é a correta.	Resposta:

Fonte: Autoria própria (2023).

No final do encontro, a professora disponibiliza o *link* do material que contém noções sobre energia potencial elástica (E_{pel}) a fim de despertar nos alunos o interesse para esse tema, que será pauta da próxima aula. O endereço de acesso é <https://www.youtube.com/watch?v=R_XjmpzlxjA>.

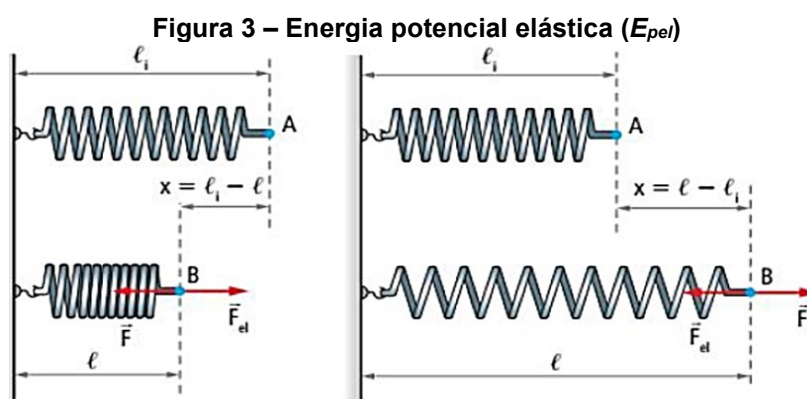
4.2 Segundo Encontro: Energia potencial elástica: conceitos e aplicações

Conteúdo programático: Energia potencial elástica (E_{pel}).

Objetivos de aprendizagem: Conservação da energia mecânica de um sistema físico, em seu balanço energético final: perdas energéticas por aquecimento ou atrito e necessidade de se fornecer energia ao sistema para repor essas perdas.

Atividade conceitual: definição de energia potencial elástica.

A aula se inicia com uma interação discursiva da professora-alunos sobre o conteúdo E_{pel} sugerido no encontro anterior para acesso *on-line*. A abordagem do tema de estudo segue princípios da metodologia híbrida sala de aula invertida (Staker e Horn, 2012; Valente, 2014). Nesse momento, abre-se um espaço para que o aluno e/ou um grupo de alunos discorra sobre o significado de E_{pel} e cite exemplos. A partir dessa interação é registrado o conceito de E_{pel} como sendo a energia armazenada em molas, elásticos, cordas ou objetos que podem se comprimir ou se distender, sendo diretamente proporcional à dureza da mola, constante elástica k , é diretamente proporcional ao quadrado da distensão ou compressão, x , do objeto em estudo (Figura 3).



Fonte: <https://www.preparaenem.com/fisica/energia-elastica.htm>

Novamente enfatiza-se que a quantidade de E_{pel} que um corpo armazena está relacionada à sua dureza e à sua distensão ou compressão. Assim, chega-se à equação 2 que permite calcular a energia potencial elástica.

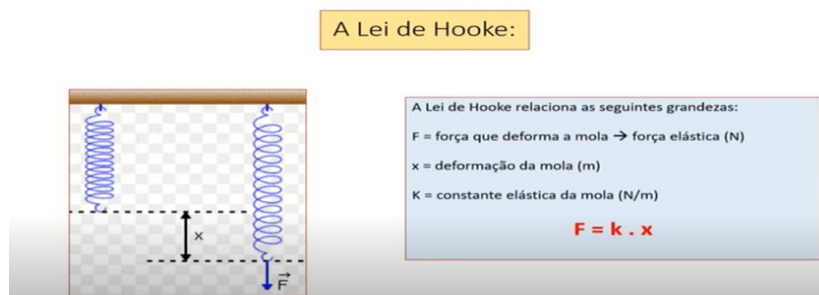
$$E_{pel} = \frac{k \cdot x^2}{2} \quad \text{Eq. 2}$$

onde, E_{pel} = Energia Elástica (J, joule); k = constante de deformação da mola (N/m Newton/metro); x = medida da deformação sofrida pelo corpo (m, metro).

Atividades no Laboratório de Informática no segundo encontro

No início, explica-se aos estudantes que será desenvolvido uma aula experimental prática para calcular a constante de associação (equivalente) de molas em série e paralelo e verificar as relações para o cálculo das constantes em cada tipo de associação. Para esta atividade utilizaremos a – **Lei de Hooke** (Figura 4).

Figura 4 – Ilustração da Lei de Hooke

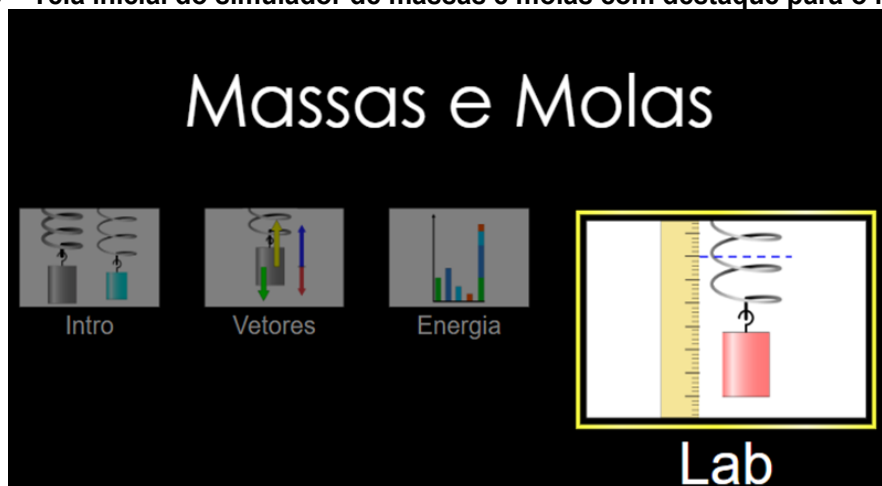


Fonte: <https://www.preparaenem.com/fisica/energia-elastica.htm>

Na sequência, os passos da atividade experimental a ser desenvolvida são assim descritos:

1. Utilizando o *link* abaixo, acessem o ícone **LAB** (Figura 5) e desenvolvam as etapas que serão descritas posteriormente:

Figura 5 – Tela inicial do simulador de massas e molas com destaque para o ícone LAB



Fonte: Phet Colorado (2023), disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_pt_BR.html

2. Cada aluno da turma deve colocar o bloco de massa (100 g) no gancho movendo o cursor da constante de mola (Figura 6) para posição “pequena”, em seguida medindo a deformação x da mola em relação ao ponto de equilíbrio. Para tal, utilizar a régua localizada à direita do simulador (Figura 7) e, posteriormente,

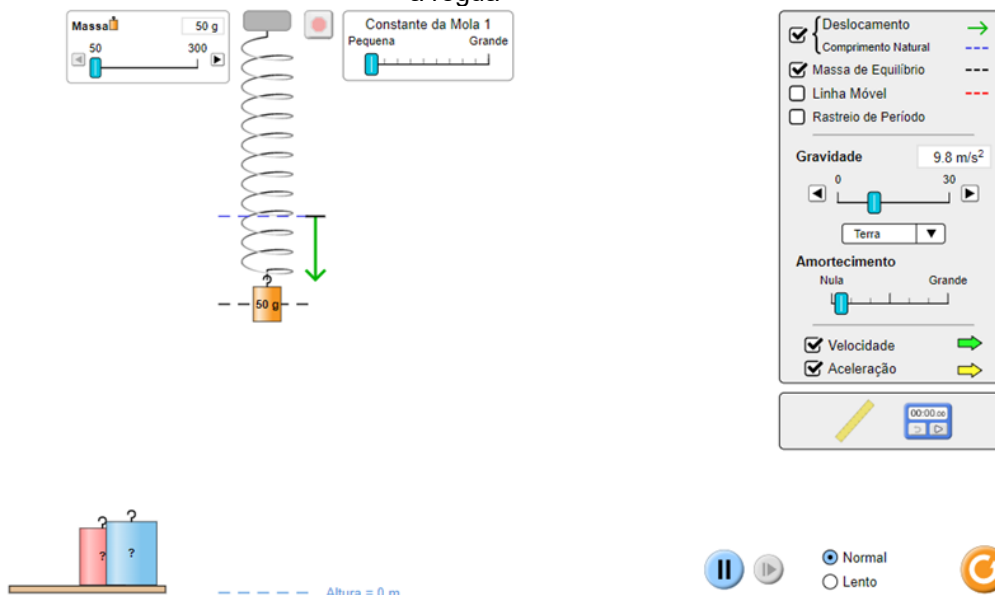
anotar a medida encontrada entre o comprimento natural (linha tracejada azul) e a massa de equilíbrio (linha tracejada preta). Para melhor compreensão, os alunos podem acessar no *YouTube* <<https://youtu.be/ZuHrXwbqTcw>> o sistema de massa mola utilizando simuladores.

Figura 6 – Cursor do simulador para configuração da constante da mola



Fonte: PhET Colorado (2023), disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_pt_BR.htm

Figura 7 – Captura de tela demonstrando quais ícones devem ser selecionados e como utilizar a régua



Fonte: PhET Colorado (2023), disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/masses-and-springs

3. Repita o item 2 alterando o peso do bloco para os seguintes valores: 125, 150, 175, 200 e 225 g. Agora, anote os valores das medidas de deslocamento x em uma tabela. (Tabela1).

Tabela 1 – Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola pequena

Constante mola “pequena”						
Massa (kg)	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225
Deslocamento 1 (m)						
Deslocamento 2 (m)						
Deslocamento 3 (m)						
Deslocamento 4 (m)						
Deslocamento 5 (m)						
Deslocamento 6 (m)						
Média do Deslocamento						

Fonte: Autoria própria (2023).

4. Repita o item 2 e 3 movendo o cursor da constante de mola para a posição “grande” (Figura 7). Anote todas as medidas correspondentes em uma tabela (Tabela 2).

Tabela 2 - Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola grande

Constante mola “grande”						
Massa (Kg)	0,1	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225
Deslocamento 1 (m)						
Deslocamento 2 (m)						
Deslocamento 3 (m)						
Deslocamento 4 (m)						
Deslocamento 5 (m)						
Deslocamento 6 (m)						
Média do Deslocamento						

Fonte: Autoria própria (2023).

Momento de Argumentação e Sistematização do Conhecimento – elaboração do relatório sobre o segundo encontro

Depois de realizado o levantamento de dados e preenchidas as tabelas, na sequência ocorre a elaboração dos gráficos de coluna e de linha relativos à força

peso associado à massa m versus o deslocamento x , para os conjuntos de dados anotados nas Tabelas 1 e 2.

Na construção de tabelas e gráficos é permitida a exploração da ferramenta *on-line* Excel, caso os estudantes já dominem esta habilidade digital. Na construção dos gráficos também se faz necessária ocorrer a conversão de todas as medidas anotadas para força, massa e deformação, em cada conjunto de molas, para o sistema internacional de unidades (SI).

Agora, pela leitura dos gráficos determine a constante elástica de cada mola e a energia potencial elástica armazenada para cada caso. Por fim, determine o desvio padrão das constantes calculadas a partir da Tabela 1.

Obs.: A elaboração do relatório deverá ser realizada como tarefa extraclasse.

4.3 Terceiro Encontro: Energia cinética e a conservação de energia mecânica

Conteúdo programático: Energia cinética

Objetivos de aprendizagem: identificar a energia cinética e associá-la aos contextos em que está envolvida; analisar os sistemas e a conservação da energia mecânica e reconhecer as perdas energéticas dos sistemas; compreender que a energia cinética é a energia relacionada aos corpos em estado de movimento.

Atividade conceitual: definição de energia cinética (E_c).

Ei aí, quem gosta da adrenalina da montanha russa? Quem já ‘andou’ de montanha russa? (Figura 8) Já reparou que em algumas partes do trajeto desse carrinho louco os carrinhos se locomovem sem ajuda de nenhum tipo de motor? Quando esses carrinhos atingem sua energia cinética máxima?

O que acontece quando os carrinhos começam a subir uma parte do trajeto sem nenhum tipo de auxílio motorizado?

Sabia que se não ocorresse dissipação da energia na forma de atrito, calor e ruído a montanha russa só precisaria de motores para impulsionar os carrinhos até o ponto mais alto? Quando os carrinhos se lançam naquela descida insana sua energia potencial é máxima em relação ao solo e quando chegam à parte mais baixa da montanha russa, sua energia cinética é máxima e sua velocidade também é a maior possível!

Figura 8 – Energia cinética e conservação de energia



Fonte:

<https://www.google.com.br/search?q=imagens+de+loop+em+parque+de+diversoes&biw=1366&bih=631&tbm=isch&imgil=xCs0mr7yQ7kM-M%25>, acessado no dia 21/02/2023

Atividade experimental no Laboratório de Informática no terceiro encontro: Simulações virtuais e conservação de energia

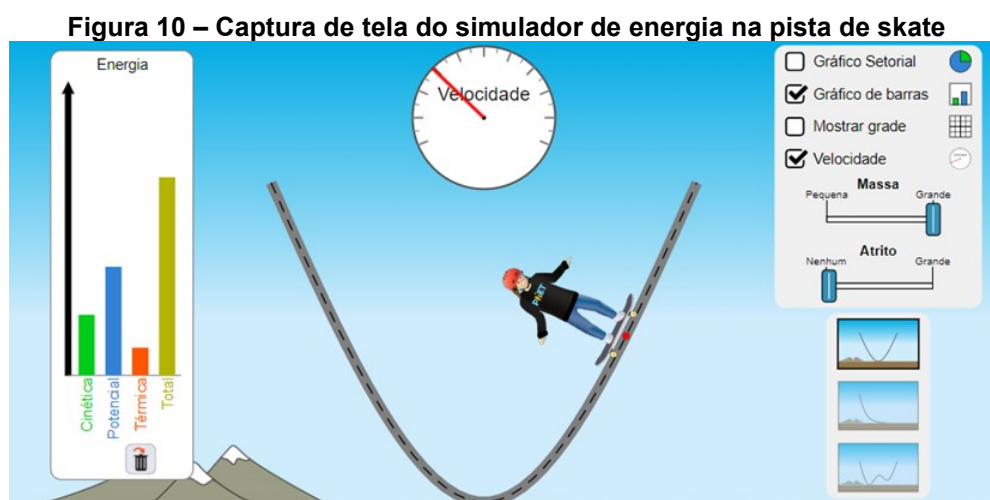
Esta aula consiste na apresentação dos conteúdos de forças conservativas e dissipativas e Conservação da Energia Mecânica, com a utilização de notas de aulas e simulações virtuais que envolvem a conservação e dissipação de energia.

Neste encontro utiliza-se o simulador “Energia na Pista de Skate”, disponível em: <<https://phet.Colorado.edu/pt/simulations/energy-skate-park>> (Figura 9).



Fonte: PhET Colorado (2023).

A simulação permite observar a variação da energia cinética e da energia potencial gravitacional, enquanto um *skatista* está na pista. São feitas observações na ausência de atrito e depois com a inclusão desta força dissipativa com o objetivo de mostrar o princípio da conservação da energia (Figuras 10 e 11).



Fonte: PhET Colorado (2023).

Figura 11 – Captura de tela da simulação no modo parque



Fonte: PhET Colorado (2023).

Momento de Argumentação e Sistematização do Conhecimento – interação discursiva professora-alunos

O professor deverá explorar diversas variáveis existentes nas simulações com o PhET Colorado, usando para tal os conceitos de atrito, velocidade e massa que são influentes na transformação e conservação de energia.

Interrogar se é possível demonstrar o aumento das energias cinética e potencial em função do aumento da massa, a dissipação da energia em forma de calor e a conservação da energia total do sistema. A professora estimula os alunos à pesquisa e discussão sobre o significado de energia potencial gravitacional a partir da consulta ao *like* <<https://www.youtube.com/watch?v=V3rTgcl2jvI>> e a montagem de uma pista de *skate* de diversas formas no simulador *on-line* para promover interação com a ferramenta e desenvolver diferentes formatos de montagem da pista, alternar as variáveis e observar o que aconteceria na prática. Além das simulações feitas no Laboratório de Informática, o professor pode estimular os estudantes a participarem da montagem de pistas a partir de materiais recicláveis. Essa atividade se revela como uma forma estimulante e divertida para demonstrar a conservação e a dissipação de energia.

4.4 Quarto Encontro: Energia potencial gravitacional: conceitos e aplicações

Conteúdo programático: Energia potencial gravitacional.

Objetivos de aprendizagem: identificar a energia potencial gravitacional e associá-la aos contextos em que está envolvida; analisar os sistemas e a conservação da energia mecânica; reconhecer as perdas energéticas dos sistemas, deixar evidente a conservação de energia através de um *looping*.

Atividade conceitual: definição de energia potencial gravitacional (E_{pg}).

A aula se inicia com interrogações sobre a montagem da pista de *skate*: quem montou? Quem utilizou o simulador para testagem? Quais as dificuldades encontradas? A que conclusão que chegou? Em seguida, discute-se o significado de energia potencial que é oriunda de um trabalho formado por forças conservativas, que independe da trajetória da partícula, apenas da posição inicial e final do objeto. *“Energia potencial é uma energia que é armazenada em um corpo esperando para ser convertida em trabalho ou em energia cinética”* (Barreto; Xavier, 2006).

A professora explica que a energia potencial é uma forma de energia encontrada em um determinado sistema e que pode ser utilizada a qualquer momento para realizar trabalho. Antes de fazer o *looping* a energia potencial está no seu valor máximo, já que a esfera está no ponto mais alto da trajetória. À medida que ela desce, essa energia potencial é convertida em energia cinética, e a esfera acelera, à medida que ela sobe, se transforma em energia potencial.

Para um corpo de massa m que se encontra a uma altura h de um nível de referência, este corpo possui uma energia potencial gravitacional. No cálculo da energia potencial gravitacional (E_{pg}) é aplicada a equação 3: $E_{pg} = m \cdot g \cdot h$. Onde: m é a massa da partícula, g a aceleração da gravidade e h a altura da partícula.

Atividade conceitual: Princípio da Física aplicado no experimento

Ao abandonar uma esfera em uma determinada altura na rampa observa-se que ela consegue realizar o *looping* completo apenas se sua energia for o suficiente para isso. Na altura da queda a esfera tem uma energia potencial gravitacional que se transforma e se iguala a soma das energias cinética e potencial na altura máxima do *looping*, conservando a energia mecânica do sistema durante todo o percurso. Essa energia determinará se o *looping* acontecerá ou não, pois quanto maior a

altura que se abandona a esfera, maior energia gravitacional será fornecida e, portanto, maior energia cinética a esfera terá para completar o *looping*.

Maquete experimental

O aparato experimental para a realização deste trabalho com abordagem no tema de energia mecânica (E_M) foi o PhET Colorado. As atividades de simulações *on-line* foram baseadas nos movimentos de uma montanha russa e nos conceitos de conservação da energia envolvendo *looping*.

Experimento 1: O *looping* (ou *loop-the-loop*, como é denominado em textos de língua inglesa) é um tradicional equipamento utilizado em laboratórios de física e outros espaços de divulgação científica para discutir aspectos geralmente relacionados à conservação da energia (Silva, 2015, p. 964).

O experimento funciona da seguinte maneira (Santos, 2019):

- 1) na rampa é solta uma pequena esfera (Figura 12);
- 2) a força peso faz a esfera descer “deslizar” sobre o trilho. Quanto mais alto a esfera estive posicionada na rampa maior será a velocidade adquirida na descida;
- 3) conforme adquire velocidade, a esfera faz ou não o contorno do *looping*;
- 4) se a maquete estiver com o sistema de mola (Figura 13) e a esfera alcançar velocidade suficiente para contornar o *looping*, então, atingirá e deformará a mola. Com a deformação, surge uma força elástica na mola que devolve novamente a esfera ao movimento de volta sobre os trilhos;
- 5) Caso o sistema de mola não esteja acoplado à maquete, a esfera terá todo o trajeto livre até abandonar o trilho.

Nesse experimento é possível trabalhar os principais tópicos envolvendo a energia mecânica: como energia potencial, energia cinética, energia elástica, analisar as conversões de energias umas nas outras e os princípios da conservação.

Figura 12 – Posicionamento da bolinha na rampa



Fonte: Santos (2019).

Figura 13 – Looping para demonstração da conservação de energia



Fonte: Autoria própria (2023).

Experimento 2: Utilização do *looping*. Esta atividade requer a adição de alguns materiais, tais como: *looping* semelhante ao da Figura 14, abaixo; régua ou trena; esfera de aço; balança digital, bloco ou caderno para anotações. Na realização do experimento, esses materiais são úteis para a medida do *looping*.

Figura 14 – Posicionamento para medida do *looping*



Fonte: Santos (2019).

Há necessidade de adoção de procedimento experimental para desenvolver a atividade proposta, a saber:

- 1) pesar a esfera de aço em uma balança digital e converter o resultado para quilograma (kg);
- 2) medir o diâmetro do *looping* e converter o resultado para metros (m);
- 3) considerando que a esfera realiza o *looping*, quando for abandonada a uma altura igual ou superior a 2,5 vezes o raio do *looping*, é preciso medir essa altura;
- 4) medir altura máxima do *looping* do experimento, por onde passa a esfera;
- 5) abandonar a esfera da altura de $2,5R$ e verificar se completa o *looping*;
- 6) abandonar a esfera em alturas superiores de $2,5R$, aumentada sempre de centímetro a centímetro até encontrar a altura mínima necessária para a esfera realizar o *looping*.

Momento de Argumentação e Sistematização do Conhecimento – atividade avaliativa para ser realizada como tarefa extraclasse em grupo ou individualmente

Propõe-se uma atividade avaliativa extraclasse (Quadro 3) a partir das observações feitas e anotadas sobre a atividade experimental realizada no LabInfo.

Quadro 3 – Atividade avaliativa extraclasse

Nome completo:
A partir das observações e anotações feitas durante a realização do experimento 2, responda:
1) Qual o tipo de energia que a esfera possui quando está na posição de $2,5R$ de altura?
2) Desconsiderado o atrito, a altura mínima que a esfera deverá ter para realizar o <i>looping</i> é $h = 2,5R$. Considerada essa altura e $g = 10 \text{ m/s}^2$ e calcule a energia mecânica Inicial ($E_{m \text{ inicial}}$).
3) Determinar a velocidade mínima que a esfera tem no ponto mais alto do <i>looping</i> , considerada a altura de $2,5R$ e a exploração do conceito de energia mecânica ($E_{m \text{ inicial}} = E_{m \text{ final}}$),
4) A esfera realizou o <i>looping</i> quando foi liberada da altura de $2,5R$?
5) Qual foi a altura necessária para a esfera realizar o <i>looping</i> ?
6) Determine a energia mecânica necessária para realização do <i>looping</i> .
7) Elabore uma hipótese para explicar a necessidade de mais energia do que o valor encontrado na questão 2 para que a esfera realize o <i>looping</i> .
8) Determine o valor da energia dissipada por atrito ($E_{\text{dissipada}} = E_{PA} - E_{CB}$), sendo E_{PA} a energia mecânica no ponto A, o mais alto da rampa e E_{CB} a energia no ponto B, o mais baixo da rampa.

Fonte: Autoria própria (2023).

No final do quarto encontro retomam-se as quatro primeiras questões da atividade avaliativa final devem ser respondidas de forma presencial e individual (Quadro 4).

Quadro 4 – Primeira parte da atividade avaliativa final do PE

Colégio: Turma: 1ª série do Ensino Médio Nome:	Disciplina: Física Professora:
1) Defina o que é Energia?	Resposta:
2) Como a energia se comporta e se transforma?	Resposta:
3) Como a energia se transforma na natureza? Cite um exemplo.	Resposta:
4) Na aula experimental, observamos que uma <i>skatista</i> não faz nenhum tipo de força para movimentar o <i>skate</i> e mesmo assim o movimento dele é infinito. Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta.	Resposta:

Fonte: Autoria própria (2023).

Também é no quarto encontro que a professora explica sobre a segunda parte da última atividade avaliativa final do PE (Quadro 5) que deverá ser respondida de forma *on-line*, como e quando deverá ser devolvida totalmente preenchida. Trata-se, pois, de uma atividade avaliativa extraclasse.

Comenta sobre os conteúdos abordados na avaliação da aprendizagem e fala sobre a importância de a atividade avaliativa ser respondida com afinco e responsabilidade e devolvida no dia/hora marcada. Alerta sobre a importância de a atividade avaliativa ser respondida sem consulta e que o respondente considere, em cada resposta, apenas o que realmente aprendeu durante as aulas do PE.

Os conteúdos contemplados na segunda parte da atividade avaliativa final do PE, por questão, são:

Questão A: Princípio de Conservação da Energia Mecânica

Questão B: Energia Potencial Gravitacional


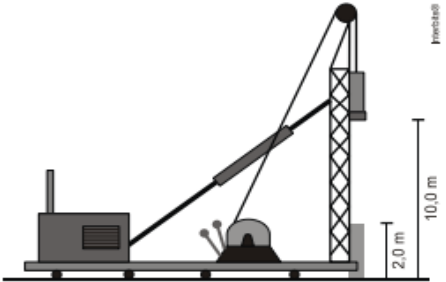
Questão C: Energias Cinética, Gravitacional e Elástica

Questão D: Transformação da Energia Potencial Gravitacional em Energia Cinética

Questão E: Transformação de Energia Potencial Elástica em Energia Cinética

Questão F: Forças Conservativas e Dissipativas

Quadro 5 – Segunda parte da atividade avaliativa final do PE

Nome do estudante: _____					
Assinale com um X apenas UMA alternativa de resposta para cada questão.					
Obs.: Lembre-se do significado de cada abreviatura:					
DT = Discordo Totalmente		D = Discordo		NTC = Não Tenho Certeza	
CT = Concordo Totalmente		C = Concordo			
Questão	Alternativas de resposta				
	DT	D	NTC	CT	C
<p>Questão A: Considerado o princípio de conservação da energia mecânica pode-se afirmar seguramente que a energia total de um sistema isolado sempre é variável, nunca constante.</p>					
<p>Questão B: Sob forte vento na direção contrária ao movimento de um ciclista que desce por uma rua bastante inclinada e mantém a velocidade constante é possível se afirmar que, devido à ação da força contrária, há diminuição de sua energia potencial gravitacional, porém sua energia cinética permanece constante.</p>					
<p>Questão C: A figura abaixo mostra três momentos que um atleta faz um salto com vara.</p>  <p>Considerados os três momentos do salto, é correto afirmar que no primeiro (I) apenas está envolvida a energia cinética. No segundo (II), estão envolvidas a energia cinética, a energia gravitacional e energia elástica. No terceiro (III) somente a energia cinética e a gravitacional estão envolvidas</p>					
<p>Questão D: A figura abaixo representa um bate-estaca, que é uma ferramenta usada na fase inicial da construção de um prédio ou uma casa, por exemplo. Essa ferramenta é útil para a colocação/fixação de estacas nas fundações. No bate-estaca, um motor suspende um peso, o martelo, por um cabo de aço (10,0 metros). Ao ser abandonado em certa altura, o martelo atinge a estaca posicionada logo abaixo (2,0 metros). O processo de suspensão e abandono do martelo é contínuo até que a estaca esteja firme na posição desejada.</p>  <p>Mediante o conteúdo estudado, é correto se afirmar que durante a queda do martelo corre um processo de transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.</p>					

<p>Questão E: Observe que no interior de um carrinho brinquedo movidos à corda há uma mola que é comprimida quando o carrinho é puxado para trás. Ao ser solto, o carrinho entra em movimento e a mola aos poucos volta à sua forma inicial. Nos movimentos de puxar e soltar o carrinho ocorre um processo de conversão de energia. Então, é exatamente quando é solta a mola que ocorre a transformação de energia cinética em energia potencial elástica.</p>					
<p>Questão F: Analise estas três afirmativas e depois responda.</p> <p>(I) o trabalho realizado por uma força não conservativa representa uma transferência irreversível de energia;</p> <p>(II) em um sistema físico, a soma das energias cinética e potencial resulta em energia mecânica somente quando não há atuação de forças dissipativas sobre esse sistema.</p> <p>(III) se em um sistema físico houver atuação de forças dissipativas, haverá energia dissipada correspondente ao trabalho realizado por essas forças</p> <p>Então, seguramente, apenas a segunda afirmativa (ii) está totalmente incorreta.</p>					

Fonte: Adaptação própria a partir de consulta *on-line* (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do desenvolvimento e da aplicação deste produto educacional (PE) é oportunizar a exploração de atividades investigativas relativas ao conteúdo curricular Energia e Conservação da Energia Mecânica, com aplicação didático-pedagógica do simulador *on-line PhET Colorado*.

A organização do PE teve o propósito de experienciar a associação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) com a exploração do simulador *on-line PhET Colorado* na sala de aula para o desenvolvimento da prática pedagógica do professor de Física no Ensino Médio (EM).

Com a participação de 32 (trinta e dois) estudantes da 1ª série do EM, Colégio Estadual situado no Município de Pinhal de São Bento, Estado do Paraná, o PE se mostra como eficiente estratégia didático-pedagógica para despertar o interesse do aluno, estimular a participação, interação e troca de ideias com colegas e, assim, promover a aprendizagem de conteúdos curriculares da Física Escolar.

Observa-se que a associação do simulador *on-line PhET Colorado* à prática didático-pedagógica com os conteúdos programados na SEI/PE se revela potente estratégia de ensino da Física Escolar, uma vez que torna as aulas mais dinâmicas e participativas, permite experienciar e correlacionar teoria e prática, abre espaço para discussão em equipe e, dessa maneira, oportuniza a construção conjunta do conhecimento científico.

REFERÊNCIAS

- ALVES, O. A. F.; SOUSA, L. L. L. **Experimentação virtual de mecânica clássica com o PhET**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró: Ufersa, 2021.
- BALDIÓN-ACEVEDO, T. L. La Influencia de la aplicación de la teoría de la experiencia del aprendizaje mediado de Reuven Feuerstein en el afianzamiento lector y escritor de los estudiantes de sexto grado. **Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0**, Lara, Venezuela, v. 9, n. 2, p.170-81, 2020.
- BARRETO, B.; XAVIER, C. **Física aula por aula: 3.º ano**. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino da Física**, Florianópolis, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.
- BÖHLKE, A. E.; EVANGELISTA, F. L.; ALVARENGA, L. L. Uso de simulações virtuais e experimentos na docência: conservação da energia mecânica e colisões mecânicas. **Physicae Organum**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 1-14, 2021.
- BRASIL. **Base nacional comum curricular: educar é a base – ensino médio**. Brasília: MEC, 2018.
- CAMPOS, J. F. **Uma proposta de sequência didática para o ensino de energia mecânica**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Sociedade Brasileira de Física. Instituto Federal do Espírito Santo. Cariacica: IFES, 2018.
- CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C.; VANNUCCHI, A I. Conhecimento físico no ensino fundamental. 1998. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/367817533/Carvalho-A-m-p-Vannucchi-A-i-Barros-m-a-Goncalves-m-e-r-Rey-r-c-Ciencias-No-Ensino-Fundamental-o-Conhecimento-Fisico-Sao-Pa> . Acesso em: 25 jan. 2023.
- CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011. Cap. 18, p. 253-66.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap.1, p. 1-15.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **RBPEC: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 765–94, dez., 2018.
- CARVALHO, A. M. P. Ensino por investigação: as pesquisas que desenvolvemos no LaPEF. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 16, n. 3, p. 1-19, 2021.

CONCEIÇÃO, E. F. V.; SIQUEIRA, L. B.; ZUCOLOTTI, M. P. R. Aprendizagem mediada pelo professor: uma abordagem vygotskyana. **Research, Society and Development**, Itajubá, v. 8, n. 7, p. 1-14, 2019.

EVANGELISTA, F. L.; CHAVES, L. T. Uma proposta experimental e tecnológica na perspectiva de Vygotsky para o ensino de física. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 177-200, 2019.

FEUERSTEIN, R. The theory of structural cognitive modifiability. 1990. In: ALMEIDA, W. N. C.; MALHEIRO, J. M. S. A aprendizagem mediada de Reuven Feuerstein: uma revisão teórico-conceitual dos critérios de mediação. **Revista Cocar**, Belém, v. 14, n. 30, p. 1-22, 2020.

JUCA, R. S. **Uso de simulações computacionais no ensino de física: sugestão didática para exploração do tema energia mecânica**. Monografia (Licenciatura em Física). Universidade Federal Fluminense. Niterói: UFF, 2013.

LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; SILVA, C. B.; LORETTO, E. L. S. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 20 n. 2 p.154-71, mar./abr. 2018.

MENDONÇA, A. P. **Ensino investigativo sobre energia mecânica com uso de simulações computacionais para o ensino de física no ensino fundamental**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização no Ensino de Ciências por investigação). Centro de Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal de Minas Gerais. Bom Despacho: UFMG, 2015.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes curriculares da educação básica física**. Curitiba: Seed, 2008.

RAMALHO, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. D. T. **Os fundamentos da física 1: mecânica**. V. 1. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física no ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 251-66, 2007.

RODRIGUES, L. B. **Solução de problemas no ensino de física utilizando softwares de simulação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física). Instituto de Física. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia: UFU, 2013.

RODRIGUES, L. G.; LEMOS, G. A. Metodologias ativas em educação digital: possibilidades didáticas inovadoras na modalidade EaD. **Ensaio Pedagógico**, Sorocaba, v. 3, n. 3, p. 29-36, 2019.

SANTOS, M. R. **O uso do kit experimental de energia mecânica no ensino médio: perspectivas e desafios**. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista: UFSB, 2019.

SILVA JÚNIOR, J. M. **A construção de conceitos científicos em aulas de física utilizando atividades investigativas**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória: UFES, 2015.

SILVA, C. H. A.; FRANCO, L. A. M. **O uso do PhET como ferramenta de ensino dos conceitos de mecânica**: relatos e experiências. 2021. Disponível em: <https://www.ced.seduc.ce.gov.br/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

SILVA, J. P. A. **Uso de simulações virtuais interativas no ensino de física das primeiras séries do ensino médio do IF Goiano – Campus Ceres**. Dissertação (Mestrado no Ensino de Ciências Naturais). Universidade Federal de Mato Grosso. Ceres: UFMG, 2023.

SOUZA, V. R. D.; SANTOS, A. C. F. D. **Uma aula sobre energia mecânica e sua conservação através do uso de analogias**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, UFRJ, 2015.

STAKER, H.; HORN, M. B. Classifying K–12 blended learning. **Innosight Institute**. 2012. Disponível em: <https://www.christenseninstitute.org/wp-content/uploads/2013/04/Classifying-K-12-blended-learning.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

VALENTE, J. A. *Blended learning* e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**. Dossiê – Educação a Distância. Curitiba, n. 4, 2014.

VILLALTA-PAUCAR, M. C.; MARTINIC-VALENCIA, S.; ASSAEL-BUDNIK, C.; ALDUNATE-RUFF, N. Presentación de un modelo de análisis de la conversación y experiencias de aprendizaje mediado en la interacción de sala de clase. **Revista Educación**, Costa Rica, v. 42, n. 1, p. 1-18, 2018.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.