

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo **ufsc** Sorocaba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO E USO DE
TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO (TDICs): PROPOSTA DE AULAS
PARA ENSINO DE MECÂNICA, FÍSICA TÉRMICA E
ELETROMAGNETISMO**

MARILIN CELISA CANNAVAN

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. ANA LÚCIA BRANDL

CO-ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. FERNANDA KEILA MARINHO DA SILVA

Sorocaba - SP
Abril de 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO E USO DE
TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO (TDICs): PROPOSTA DE AULAS
PARA ENSINO DE MECÂNICA, FÍSICA TÉRMICA E
ELETROMAGNETISMO**

MARILIN CELISA CANNAVAN

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Brandl

Sorocaba - SP
Abril de 2021

MARILIN CELISA CANNAVAN

**EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO E USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS DA
INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TDICs): PROPOSTA DE AULAS PARA
ENSINO DE MECÂNICA, FÍSICA TÉRMICA E ELETROMAGNETISMO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física no Ensino Médio Sorocaba, 01 de abril de 2021.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Brandl
Universidade Federal de São Carlos

Co-Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Fernanda Keila Marinho da Silva
Universidade Federal de São Carlos

Examinador:

Prof^o. Dr. Marco Aurélio Euflauzino Maria
Faculdade de Engenharia de Sorocaba - Facens

Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Laura Ramos de Freitas - Secretaria da Educação do Estado de São Paulo,
Diretoria de Ensino Campinas Leste.

Sorocaba - SP
Abril de 2021

Cannavan, Marilin Celisa

Experimentos de Baixo Custo e Uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs): Proposta de Aulas para Ensino de Mecânica, Física Térmica e Eletromagnetismo / Marilin Celisa Cannavan -- 2021. 123f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Brandl CO-ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Fernanda Keila Marinho da Silva

Banca Examinadora: Prof^a. Dr^a Laura Ramos de Freitas, Prof^o. Dr. Marco Aurélio Euflauzino Maria

Bibliografia

1. Ensino de Física. 2. Demonstração Experimental. 3. Teoria Histórico-Cultural do Desenvolvimento. . I. Cannavan, Marilin Celisa. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -CRB/8
6979

AGRADECIMENTO

Quero agradecer aos professores da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar-So), pelo ensino e dedicação, à minha orientadora Ana Lúcia Brandl pelo direcionamento nas pesquisas, escrita da dissertação e incentivos, à co-orientadora Fernanda Keila Marinho da Silva pelas orientações em relação às teorias de aprendizagem, à escrita da dissertação e incentivos. Aos amigos, pelo encorajamento e colaborações em vários momentos seja com os estudos, seja a perseverar nos afazeres da vida cotidiana (estudar, trabalhar e cuidar da família). Não poderia deixar de agradecer meus familiares, minha mãe pelo estímulo e colaborações durante todo o período de estudos, ao meu pai, meus irmãos e ao meu marido pelo incentivo e colaborações. E aos alunos do 3º ano B que participaram diretamente dessa pesquisa.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) durante todo o período de formação e pelo apoio financeiro por meio de bolsa concedida.

RESUMO

CANNAVAN, Marilin Celisa. Experimentos de baixo custo e uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs): propostas de aulas para ensino de mecânica, física térmica e eletromagnetismo. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2021.

Nessa dissertação são propostas três sequências didáticas que retomam alguns conteúdos de Física com os alunos do ensino médio (EM) regular, objetivando prepará-los para a prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e vestibulares. Partindo desse raciocínio, ao se estruturar essa pesquisa, buscou-se experimentos construídos com materiais de baixo custo, com opções de reaproveitamento de peças encontradas em objetos do nosso cotidiano e de fácil aquisição, esses experimentos envolvem em seu funcionamento conteúdos essenciais a serem trabalhados no Ensino Médio, acreditando que esses possam despertar o interesse dos alunos. Outras metodologias utilizadas nesse trabalho foram: demonstração de simulações do site PhET Colorado, trabalhos com pequenos grupos de alunos e vídeos.

Houve o cuidado de sugerir metodologias que fossem acessíveis em vários aspectos para serem utilizadas em escolas públicas.

O referencial pedagógico foi a teoria histórico-cultural de Lev Semenovich Vygotsky, que tem como ponto principal o estudo do desenvolvimento humano, sob a influência do meio em que o indivíduo está inserido.

As aulas propostas foram ministradas em uma turma do terceiro ano de ensino médio em outubro/2019, em uma escola estadual na Zona Norte da cidade de Sorocaba, sendo essa turma composta por quarenta e três alunos. No entanto, vale destacar que apenas onze deles participaram integralmente das atividades (não faltaram em nenhum dos dias da aplicação das aulas e entregaram assinados todos os termos de autorização para participarem da pesquisa), por esse motivo, foram considerados os dados das avaliações desses onze alunos.

A aplicação do produto foi dividida em três etapas com a duração de quatro aulas de cinquenta minutos cada, totalizando doze aulas para todo o processo. Os temas abordados em cada uma das etapas foram: Mecânica - Energias, Física Térmica e Eletromagnetismo. Para cada etapa foi proposto um experimento que colaborava com o aprendizado dos conceitos abordados nas aulas, sendo eles: montanha-russa de papel cartão, minigerador termoelétrico e gerador de indução eletromagnética.

Palavras-chave: Ensino de Física, Demonstração Experimental, Teoria Histórico-Cultural do Desenvolvimento.

ABSTRACT

CANNAVAN, Marilin Celisa. Low-cost experiments and the use of digital information and communication technologies (DICTs): class proposals for teaching mechanics, thermal physics and electromagnetism. 2021. Dissertation (Master in Physics Teaching) - Federal University of São Carlos, Sorocaba *campus*, 2021.

In this dissertation, three didactic sequences are proposed that take up some physics content with regular high school students (EM), aiming to prepare them for the National High School Exam (ENEM) and entrance exams. Starting from this reasoning, when structuring this research, we look for experiments built with low cost materials, with options for reusing parts found in everyday objects and of easy acquisition, these experiments involve in their functioning essential contents to be worked in High School, believing that these can awakening the students' interest. Other methodologies used in this work were: demonstration of simulations from the PhET Colorado website, work with small groups of students and videos.

Care was taken to suggest methodologies that were accessible in various aspects for use in public schools.

The pedagogical reference was the historical and cultural theory of Lev Semenovich Vygotsky, whose main point is the study of human development, under the influence of the environment in which the individual is inserted.

The proposed classes were taught in a third-year high school class in October/2019, at a state school in the North Zone of the city of Sorocaba, with this group consisting of 43 students. However, it is worth mentioning that only 11 of them participated fully in the activities (they did not miss any of the days of the application of the classes and signed all the authorization terms to participate in the research), for this reason, we consider the data of the evaluations of these 11 students.

The application of the product was divided into three stages with four classes of fifty minutes each, totaling 12 classes for the entire process. The topics covered in each of the stages were: Mechanics - Energies, Thermal Physics and Electromagnetism. For each stage, an experiment was proposed that collaborated with the learning of the concepts covered in the classes, which are: cardboard roller coaster, thermoelectric mini generator and electromagnetic induction generator.

Keywords: Teaching Physics, Experimental Demonstration, Historical-Cultural Development Theory.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Objeto se deslocando verticalmente, em (a) e (b) de y_1 para y_2 , respectivamente o objeto está subindo e depois descendo, havendo variação da energia potencial gravitacional do conjunto objeto - Terra nas duas situações devido à realização de trabalho pelas forças atuantes no sistema.....37
- Figura 2:** Todo o sistema está dentro de caixas com paredes isolantes e espessas; (a) corpo A em equilíbrio térmico com o termoscópio; (b) corpo b em equilíbrio térmico com o termoscópio e marcando a mesma leitura obtida em A; (c) assim sendo A e B estão em equilíbrio térmico entre si - lei zero da Termodinâmica.....41
- Figura 3:** Cilindro em corte lateral - paredes isolantes, contendo pistão móvel controlado por esferas de chumbo e fonte de calor (reservatório térmico) com controle de temperatura havendo trocas de calor e a realização de trabalho pelo gás contido no cilindro.....42
- Figura 4:** Diagramas pV, em que o trabalho realizado é igual à área da região em destaque na figura, em (a) nesse diagrama o volume está aumentando, conseqüentemente, o trabalho realizado será positivo; (b) o volume está reduzindo, então o trabalho será negativo; (c) o volume se eleva e a pressão é constante, a área do retângulo destacado na figura será igual ao trabalho realizado.....43
- Figura 5:** No diagrama pV temos representados quatro processos termodinâmicos, todos iniciando no estado a, que são: (1) adiabático, (2) isocórico, (3) isobárico e (4) isotérmico; para um gás ideal..... 46
- Figura 6:** Esquema de funcionamento da máquina térmica.....48
- Figura 7:** Ciclo de Carnot para um gás ideal. No diagrama pV as linhas 1 e 3 representam isotermas e as linhas 2 e 4 representam adiabáticas.....49
- Figura 8:** Três fios i_1 , i_2 e i_3 retilíneos longos perpendiculares ao plano do papel, uma amperiana arbitrária é traçada envolvendo apenas dois dos fios e com sentido anti-horário escolhido arbitrariamente.....51

Figura 9: Por meio dessa regra da mão direita, identifica-se os sinais das correntes elétricas envoltas pela amperiana, para isso, deve-se colocar o polegar no sentido da corrente elétrica e, se os demais dedos apontarem no mesmo sentido da integração a corrente será considerada positiva (+i), senão, a corrente será considerada negativa (-i).....	52
Figura 10: Utilizando a lei de Ampère para calcular o campo magnético produzido por uma corrente elétrica ao redor de um fio longo e retilíneo.....	53
Figura 11: Solenoide visto de perfil, representação do campo magnético por meio das linhas de campo, sendo essas: circulares nas proximidades da espira e quase paralelas no eixo, o espaçamento entre elas indica a intensidade do campo magnético que, nesse caso, é mais intenso no interior do solenoide e menos intenso no exterior.....	54
Figura 12: Utilizando a amperiana para o cálculo do campo magnético em um solenoide ideal, e nesse caso ela tem o formato retangular abcd.....	54
Figura 13: Imã se aproximando e se afastando de uma espira condutora, produzindo um campo magnético B_{ind} que se opõe ao campo do imã B, e induz à corrente elétrica na espira.....	58
Figura 14: Simulador do PhET Física - Formas de Energias e Transformações, propondo reflexões sobre as conversões das energias.....	62
Figura 15: Simulador do PhET Física - Energia na Pista de Skate, retomando os conceitos das energias: cinética, potencial gravitacional, mecânica e térmica. Fases do mesmo simulador: em (a) nessa fase da simulação é desconsiderada a energia térmica (dissipação) no movimento do skatista; já na segunda fase do mesmo simulador (b), a energia térmica é considerada no movimento do skatista.....	63
Figura 16: Esquema exemplificando o experimento montanha-russa de papel cartão, sendo: (1) estrutura da montanha-russa feita de isopor, (2) canaletas de papel cartão com inclinações diferentes, (3) bolinhas de silicone - projétil e (4) barreira de contenção do projétil.....	65
Figura 17: Montanha-russa finalizada com duas rampas de inclinações diferentes para testar a Energia Mecânica, construída com isopor e papel cartão.....	65
Figura 18: Experimento Minigerador Termoelétrico em funcionamento.....	67
Figura 19: Esquema da montagem experimental do Minigerador Termoelétrico (1) lata de azeite com água quente, (2) lata de azeite com água fria, (3) elásticos, (4) placa termoelétrica - Peltier com camada de pasta térmica em cada face da placa - face que esquenta e a que esfria e (5) LED.....	68

Figura 20: Demonstração do experimento Minigerador Termoelétrico.....	69
Figura 21: Esquema ilustrativo mostrando a montagem do experimento e comparando com o funcionamento das máquinas térmicas. O sistema é composto por (1) lata de azeite com água quente, (2) lata de azeite com água fria, (3) elásticos, (4) placa termoelétrica - Peltier com camada de pasta térmica em cada face da placa - face que esquenta e a que esfria e (5) LED.....	70
Figura 22: Esquema do motor e o eixo de transmissão do movimento para as rodas.....	71
Figura 23: Representação simplificada de um motor a combustão interna.....	71
Figura 24: Representação esquemática do primeiro tempo no funcionamento do motor e o diagrama pV ideal dessa etapa do processo termodinâmico.....	72
Figura 25: Representação esquemática do segundo tempo no funcionamento do motor e o diagrama pV ideal dessa etapa do processo termodinâmico.....	73
Figura 26: Representação esquemática do terceiro tempo no funcionamento do motor, em que: (a) máxima compressão e (b) explosão, diagrama pV ideal dessas etapas do processo termodinâmico.....	73
Figura 27: Representação esquemática do quarto tempo no funcionamento do motor e o diagrama pV ideal dessa etapa do processo termodinâmico - primeiro o volume permanece o mesmo e a pressão diminui, e posteriormente o volume diminui a pressão fica praticamente constante.....	74
Figura 28: Representação do ciclo Otto.....	74
Figura 29: Animação com o ciclo do motor Otto e seu diagrama pV.....	75
Figura 30: Animação com o ciclo do motor Diesel e o diagrama pV idealizado.....	75
Figura 31: Eolípila em funcionamento.....	77
Figura 32: Parte de uma locomotiva a vapor em movimento.....	78
Figura 33: Motor a combustão interna e os tempos de funcionamento.....	78
Figura 34: Esquema ilustrando o funcionamento de uma termoelétrica.....	79
Figura 35: Esquema ilustrando o funcionamento de uma termonuclear.....	79
Figura 36: Simulador PhET - Ímãs e Eletroímãs.....	81
Figura 37: Simulador PhET - lei de Faraday - indução eletromagnética.....	81
Figura 38: Experimento Gerador de Indução Eletromagnética.....	82
Figura 39: Montagem do experimento Gerador de Indução Eletromagnética: (1) bobina de fio de cobre esmaltado enrolado sobre cilindro de seringa, (2) fita adesiva para segurar a bobina e	

não desmontar, (3) dois cilindros de seringas que formam a estrutura do gerador, (4) extremidades da bobina, (5) super ímãs e (6) dois LEDs associados.....	82
Figura 40: Interação entre ímãs (campo magnético).....	83
Figura 41: Experimento de Oersted.....	84
Figura 42: Campo magnético em uma espira circular.....	84
Figura 43: Ímã se aproximando e se afastando de uma espira condutora produzindo um campo magnético B_{ind} que se opõe ao campo do ímã B, e induz à corrente elétrica na espira.....	85
Figura 44: Cópia da tela do vídeo explicativo sobre a lei de Lenz.....	85
Figura 45: Grupos dos Alunos resolvendo atividade.....	87
Figura 46: Gráficos elaborados com os dados do Quadro 4 da análise coletiva (Mecânica - Energias).....	91
Figura 47: Gráficos sobre a questão 9: inicial e final (Mecânica - Energias).....	94
Figura 48: Gráficos elaborados com os dados da tabela de análise coletiva (Física Térmica).....	95
Figura 49: Tabela e gráficos sobre a questão 8: inicial e final (Física Térmica).....	98
Figura 50: Gráficos elaborados com os dados da tabela de análise coletiva (Eletromagnetismo).....	100
Figura 51: Tabela e gráficos sobre a questão 6: inicial e final (Eletromagnetismo).....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Breve descrição das metodologias e materiais curriculares utilizados para trabalhar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, nas aulas dessa dissertação.....	35
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EM - *Ensino Médio*

ENEM - *Exame Nacional do Ensino Médio*

MNPEF - *Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física*

PROFIS-So - *Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba*

SI - *Sistema Internacional de Unidades*

UFSCar - *Universidade Federal de São Carlos*

USP - *Universidade de São Paulo*

ZDP - *Zona de Desenvolvimento Proximal*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	19
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO DE APRENDIZAGEM E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	23
2.1. VYGOTSKY E A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL	23
2.2. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	26
2.2.1. RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS E ESSE TRABALHO	29
2.3. CONTEÚDOS CONCEITUAIS, PROCEDIMENTAIS E ATITUDINAIS E A RELAÇÃO DOS MESMOS COM AS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PRODUZIDAS.	32
CAPÍTULO 3 - CONTEÚDOS DE FÍSICA	36
3.1. MECÂNICA - ENERGIAS	36
3.2. FÍSICA TÉRMICA	40
3.3. ELETROMAGNETISMO	50
CAPÍTULO 4 - DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DAS AULAS E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	59
4.1. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA	59
4.1.1. MECÂNICA - ENERGIAS	61
4.1.2. FÍSICA TÉRMICA	66
4.1.3. ELETROMAGNETISMO	80
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL (AULAS).....	89
5.1. MECÂNICA - ENERGIAS	90
5.2. FÍSICA TÉRMICA	94
5.3. ELETROMAGNETISMO	99
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
REFERÊNCIAS.....	107
ANEXO A.....	112

APÊNDICE A	117
QUESTIONÁRIOS DIAGNÓSTICOS DAS AULAS.....	118
PRODUTO EDUCACIONAL.....	124

APRESENTAÇÃO

Neste tópico, farei uma breve apresentação do meu histórico de estudos e da minha vida profissional.

Estudei durante todo o ensino fundamental e médio em escolas públicas, iniciando em São Roque (minha cidade natal) e aos nove anos, mudei com minha família para Sorocaba, onde conclui o ensino básico em 2004 e iniciei o ensino superior em Física (licenciatura) pela Universidade de Sorocaba (Uniso) em paralelo com o curso profissionalizante Normal (magistério).

No último ano da faculdade ingressei na rede estadual como professora eventual, mas nesse ano, assumi função de Auxiliar da Educação na rede municipal de Sorocaba por meio de um processo seletivo, com o contrato por prazo de um ano; esse período de estabilidade foi importante, pois colaborou com os custeios dos estudos universitários. Depois de encerrado o contrato, retornei como professora eventual na rede estadual em Sorocaba, também realizando substituições de curto período na rede Sesi de ensino.

Em 2009, assumi, pela primeira vez, substituições com duração de um ano na rede estadual, onde passei a estabelecer vínculos maiores com os alunos por conviver por períodos mais prolongados com as turmas no contexto de sala de aula se comparados às substituições como eventual, nas quais não há uma regularidade na frequência, pois somos solicitados para as aulas conforme necessidade, e acredito que essa experiência foi muito importante. Um ponto negativo desse período foi o cansaço causado pelo deslocamento entre cinco escolas para lecionar as trinta e duas aulas de minha carga horária, pois devido à minha baixa pontuação pelo pouco tempo de atuação na área, não conseguia vaga com todas as aulas em uma única escola.

Em 2010, lecionei aulas de Física, nas turmas de ensino médio em uma escola particular de Sorocaba, onde permaneci por três anos, uma experiência um pouco diferente da rede estadual, mas também relevante para meu amadurecimento como professora.

Efetivei-me na rede estadual em 2014 como Professora de Física em uma escola da Zona Norte de Sorocaba, onde estou até hoje, 2020.

Durante esse período em que lecionei, senti necessidade de me aperfeiçoar, e cursei algumas extensões universitárias de curta duração oferecidas pela Universidade de São Paulo (USP), nas áreas de Óptica, Energias, Física Moderna e Astronomia (de 2008 a 2012).

Em 2010, cursei uma complementação em Matemática (licenciatura) na Universidade Metropolitana de Santos. E em 2016, fiz outra complementação em Pedagogia pela Faculdade da Aldeia de Carapicuíba (FALC). Nos anos de 2017 e 2018, cursei duas especializações em Psicopedagogia e Psicologia Educacional pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI). E então, em 2019, iniciei o Mestrado Profissional em Ensino de Física pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), desejosa de fazer uma pós-graduação na área de Física que fosse focada no ensino buscando um suporte maior para a prática educativa.

O direcionamento desse trabalho na área de experimentação é fruto da minha trajetória. Desde a infância tenho curiosidade em compreender como alguns objetos funcionam e agora, como professora, reconheço a relevância desse tipo de estratégia didática para o processo de ensino-aprendizagem, além de ser atrativa para os discentes. Um exemplo de recordação marcante que evidencia esse meu interesse ocorreu no período da pré-escola, em que foi organizada uma feira de Ciências e nós, os pequenos, fomos levados ao pátio onde estavam expostos os trabalhos. Recordo-me de um xilofone de copos de vidro com líquidos coloridos, lembro da imagem e da minha admiração por aquele experimento.

Outra lembrança dessa época está vinculada aos programas o Mundo de Beakman e X-Tudo, em especial o quadro dos experimentos, em que tinha muito interesse nos temas apresentados, como muitas crianças dos anos 90, nesses programas, eram abordadas questões relativas às Ciências voltadas para o público infantil.

Tenho boas recordações das aulas com atividades experimentais realizadas no período em que frequentei a escola no ensino básico; hoje, atuando como professora, reflito sobre essa ação com as possíveis dificuldades enfrentadas por esses professores nas escolas públicas para a realização dessas práticas. Ao atuar na sala de aula com esse tipo de atividade, verifico os possíveis impactos positivos para o aprendizado dos meus alunos e há uma expectativa de que eles guardem boas memórias das aulas.

Gostaria de esclarecer que, em relação à escrita desse trabalho, utilizei a primeira pessoa (singular e plural) nessa apresentação, introdução, produto educacional sua aplicação e análise dos dados. No restante do trabalho farei uma descrição mais impessoal utilizando a terceira pessoa dos pronomes pessoais.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Trabalhando como professora em escolas públicas do Estado de São Paulo desde 2007, reconheço as dificuldades que os professores encontram para ministrarem suas aulas; dentre elas, uma das principais é a falta de recursos. Por esse motivo, é necessário adaptar materiais e minimizar custos das aulas para não inviabilizá-las e, com esse objetivo, proponho nesse trabalho o uso de experimentos construídos com materiais de baixo custo, com opções de reaproveitamento de peças encontradas em objetos do nosso cotidiano e de fácil aquisição, elaborando e disponibilizando os roteiros de montagem (produto educacional) com descrição detalhada e exposição de propostas de adaptações de materiais na tentativa de facilitar o trabalho do professor que desejar utilizá-los. Outro ponto importante das aulas dessa dissertação é a utilização de simuladores do site PhET Colorado¹, pois o acesso é gratuito e não necessita de internet, se realizado previamente o *download*, sendo que no site são disponibilizados variados simuladores envolvendo várias áreas da Física.

Ao estruturar essa pesquisa, buscamos experimentos que envolvem em seu funcionamento conteúdos essenciais a serem trabalhados no Ensino Médio, bem como houve o cuidado de selecionar trabalhos que acreditamos despertar o interesse dos alunos. Partindo desse raciocínio, foram elaboradas três sequências didáticas que retomam esses mesmos temas envolvidos no funcionamento dos experimentos, objetivando prepará-los para a prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e vestibulares.

Os temas abordados nessa dissertação se relacionam com o tema estruturante da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), Matéria e Energia, que é bastante abrangente e muito importante para o estudo das Ciências em geral.

¹PhET Colorado: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

Assim, para além dos compromissos firmados no Ensino Fundamental, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe um aprofundamento conceitual nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Elas são consideradas essenciais para que competências cognitivas, comunicativas, pessoais e sociais possam continuar a ser desenvolvidas e mobilizadas na resolução de problemas e tomada de decisões (BNCC, 2017, p. 539).

Por sua relevância, esse tema é abordado em várias questões do Enem e em algumas situações nota-se que não é necessário nenhum (ou pouco) cálculo para sua resolução, mas conhecimentos sobre várias modalidades de energia e suas peculiaridades. Por esse motivo, durante as aulas propostas nessa dissertação foram feitas as conexões dos conceitos abordados com esse tema estruturante, destacando-se a sua importância.

O produto educacional dessa dissertação é composto por roteiros de montagem de experimentos, com detalhamentos de cada etapa, propondo materiais alternativos de baixo custo e fácil acesso, a fim de otimizar o tempo do professor que irá utilizá-los; uma vez que os experimentos escolhidos não apresentam roteiros de montagem disponíveis na internet, apenas os vídeos explicativos. Nos experimentos propostos no produto educacional foram feitas pequenas adaptações didáticas em relação aos vídeos explicativos disponíveis na internet, objetivando facilitar sua execução e possibilitando evidenciar os conceitos da Física sugeridos nas sequências didáticas.

A minha motivação em propor um produto educacional relacionado à atividade experimental está diretamente vinculada ao meu interesse por essa prática. Desde a infância, tenho curiosidade em compreender como alguns objetos funcionam e agora, como professora, reconheço a relevância desse tipo de estratégia didática para o ensino-aprendizagem, além de ser atrativa para os discentes.

Nas sequências didáticas propostas nessa dissertação para aplicação do produto educacional foram utilizadas aulas demonstrativas experimentais, que são atividades importantes para ilustrar e tornar mais agradável as explicações dos conceitos físicos. Outro aspecto favorável desse tipo de atividade é a possibilidade de minimizar custos com materiais para tornar seu uso viável, considerando a construção de apenas uma unidade experimental demonstrativa.

Atividades de demonstração/observação - a principal característica dessas atividades é a possibilidade de ilustrar fenômenos físicos, tornando-os mais perceptíveis e com a possibilidade de proporcionar aos alunos a elaboração de modelos concretos. Esse tipo de atividade favorece maior abertura e flexibilidade para discussões, possibilidades de se levantar hipóteses e incentivo à reflexão crítica. Isto faz da demonstração o ponto de partida para uma discussão mais ampla dos fenômenos observados. A importância dessas atividades é o de ilustrar e tornar menos abstratos os conceitos físicos abordados e, ao mesmo tempo, tornar mais interessante, fácil e agradável o seu aprendizado, e, ao mesmo tempo, motivar a participação dos alunos. (ARAÚJO; ABIB, 2003 *apud* REIS JÚNIOR; SILVA, 2013, p. 44 – 42).

Como cita Araújo e Abib, as atividades experimentais demonstrativas são importantes para iniciar as discussões dos fenômenos observados, provocando reflexões, possibilitando a exposição de dificuldades conceituais dos discentes, confrontando e esclarecendo conceitos mal interpretados e despertando a curiosidade sobre várias outras questões que envolvem o experimento.

Pretendendo dedicar-se às aulas que busquem a formação global do ser humano, essas foram planejadas levando em conta os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, possibilitando o desenvolvimento de habilidades da construção conceitual, da prática e dos valores necessários para o bom convívio social.

O presente trabalho se desenvolveu tendo como referencial pedagógico a teoria histórico-cultural de Lev Semenovich Vygotsky, que tem como ponto principal o estudo do desenvolvimento humano sob as influências do meio em que o indivíduo está inserido. Com base nessa teoria, iremos desenvolver as aulas, reconhecendo a interação social como fator importante para o desenvolvimento humano e intentando colaborar para a construção de conceito científico dos discentes.

Durante a aplicação das aulas dessa dissertação houve a preocupação de possibilitar as interações sociais envolvendo questões relativas às aulas, por meio de conversas e reflexões durante a apresentação dos conceitos e dos experimentos e em determinados momentos com atividades realizadas em grupos.

Essas aulas foram ministradas em uma turma do terceiro ano do ensino médio em outubro de 2019, em uma escola estadual na Zona Norte da cidade de Sorocaba, sendo essa turma bastante participativa nas atividades escolares.

Todo o processo foi dividido em três etapas, cada qual abordando um tema estruturante da Física, sendo eles: Mecânica - Energias, Física Térmica e Eletromagnetismo, em que foram utilizados: experimentos, simulador computacional e vídeos com o intuito de colaborar para o processo de ensino-aprendizagem.

Iniciamos cada etapa do processo com os alunos respondendo à avaliação diagnóstica contendo questões dissertativas e de múltipla escolha - questões do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) com o objetivo de realizar um levantamento dos seus conhecimentos prévios sobre os conteúdos: Mecânica - Energias, Física Térmica e Eletromagnetismo.

O objetivo principal deste trabalho é disponibilizar o produto educacional, o qual apresenta roteiros de experimentos com sugestões de materiais de baixo custo, com opções de reaproveitamento de peças encontradas em objetos do nosso cotidiano e de fácil aquisição para a construção desses “equipamentos” que poderão ser utilizados em sala de aula. Além disso, planejamos e disponibilizamos sequências didáticas, as quais utilizam esses mesmos experimentos com o intuito de auxiliar o trabalho do professor que desejar utilizá-los.

Capítulo 2

REFERENCIAL TEÓRICO DE APRENDIZAGEM E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo, fez-se uma revisão geral na literatura sobre a teoria Histórico-Cultural de Vygotsky, as atividades experimentais e tipologia dos conteúdos, engendrando conexões entre essas teorias e a prática pedagógica utilizada no desenvolvimento das aulas dessa dissertação.

Na teoria Histórico-Cultural vygotskyana, avaliou-se as contribuições das atividades realizadas em pequenos grupos para a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) dos alunos. Outro ponto avaliado nas aulas em relação à teoria é o uso de elementos mediadores, como experimentos e simuladores educacionais objetivando colaborar com o processo de ensino-aprendizagem.

Intencionando compreender um pouco mais sobre esses temas, foram feitas leituras de autores que se dedicaram de forma mais aprofundada a esses assuntos.

2.1. VYGOTSKY E A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL

Lev Semenovich Vygotsky nasceu na Bielorrússia em 1896. Durante sua vida escolar teve excelente desempenho e era muito curioso, lendo sobre assuntos variados, como

literatura, filosofia, arte, história, entre outros. Sua formação acadêmica era interdisciplinar e sua atuação profissional foi bastante eclética. As obras de Vygotsky têm grande influência do contexto histórico e cultural por ele vivenciados na década de 1920, se interessando por uma psicologia essencialmente marxista para o estudo da consciência humana. Faleceu em 1934 de tuberculose, com 38 anos, tendo convivido com a doença durante 14 anos. Em dez anos de produção de pesquisa na área da Psicologia, Vygotsky, junto de um grupo de pesquisadores como Luria e Leontiev, revolucionaram o pensamento que se tinha na época sobre desenvolvimento psicológico e sobre educação. Em seus estudos com esse grupo, no que concerne à essência da abordagem histórica, foi realizada a distinção de dois períodos na filogenia humana (história da espécie humana):

[...] a evolução biológica (explicada na teoria da evolução de Darwin) e a história humana (conforme análise de Marx e Engels). Embora Vigotski concorde com a ideia da evolução, ele separa o comportamento dos animais e dos homens pela emergência da cultura e atribui um papel limitado à base genética do comportamento humano (BRAGA, 2018, p.22).

A abordagem histórica é importante na teoria proposta por Vygotsky, influenciado pelo darwinismo e marxismo, mas com ênfase à contribuição da história do indivíduo no desenvolvimento intelectual do ser.

O autor teve muitos trabalhos científicos publicados, mas sua teoria não foi um sistema explicativo completo, sendo considerado um autor interacionista por propor que o ser não nasce pronto, mas sim, se desenvolve em meio a interações com o meio social, cultural e histórico. Por esse motivo sua teoria é conhecida como histórico-cultural.

Para esse pensador, a educação formal é importante, pois segundo sua teoria o desenvolvimento, se dá de fora para dentro, intermediado pela construção social que será influenciada pelo meio cultural e pelas particularidades de cada ser em seu aprendizado. As interações sociais são essenciais para o desenvolvimento que, segundo a teoria vygotskyana, ocorre mediante as zonas real, proximal e potencial. A zona de desenvolvimento real é aquela em que a pessoa consegue resolver um problema sozinho, já na proximal é necessário o auxílio de outra pessoa com mais conhecimento sobre o problema a ser resolvido e a potencial é a zona de desenvolvimento que se pretende alcançar. Como citado por Vygotsky:

A zona de desenvolvimento proximal provê psicólogos e educadores de um instrumento através do qual se pode entender o curso interno do desenvolvimento. Usando esse método podemos dar conta não somente dos ciclos e processos de maturação que já foram completados, como também daqueles processos que estão em estado de formação, ou seja, que estão apenas começando a amadurecer e a se desenvolver. (VYGOTSKY, 2007, p. 58).

Em um ambiente de ensino e aprendizagem é importante identificar as zonas de desenvolvimento dos alunos para que ações sejam planejadas com o objetivo de colaborar com o desenvolvimento. Contudo, existem as dificuldades de realizar o processo de identificação em salas de aulas muito numerosas, pois exigem atenção individualizada às respostas apresentadas pelos alunos sobre os seus conhecimentos prévios.

Uma maneira didática de enfrentar essa dificuldade é por meio de atividades em pequenos grupos, o que possibilita a colaboração entre alunos e professor - alunos na tentativa de atuar na zona de desenvolvimento proximal (ZDP).

As interações sociais são muito importantes no desenvolvimento cognitivo dos indivíduos e, em sala de aula, a proposta de realizar atividades em pequenos grupos facilita o contato entre os alunos, propiciando que cada um exponha seu ponto de vista (que está diretamente ligado às suas vivências) e chegue a conclusões muitas vezes diferentes daquelas obtidas por meio de atividades individualizadas. As atividades realizadas em pequenos grupos colaboram com o envolvimento de estudantes, propiciando uma melhor aprendizagem, além de fortalecer as relações intrapessoais e interpessoais. Isso permite que os indivíduos construam relações mais solidárias a partir de ideias e ações coletivas, tomando decisões mais ponderadas e equilibradas.

Reconhece-se, então, a importância das interações sociais no processo de ensino e aprendizagem, em que é necessário valorizar as relações assimétricas no que se refere aos níveis de conhecimento dos indivíduos envolvidos em vários fatores que compõem uma atividade.

Na medida em que vê a aprendizagem como um processo essencialmente social - que se dá na interação com adultos e companheiros mais experientes, onde o papel da linguagem é destacado - Vygotsky afirma que é na apropriação de habilidades e conhecimento socialmente disponíveis que as funções psicológicas humanas são construídas (DAVIS, 1989, p. 51).

Outro ponto importante na teoria de Vygotsky é a mediação, pois agimos no mundo físico e social de forma mediada por instrumentos e signos, em interações entre processos sociais e históricos e processos individuais.

Vigotski, estendendo essa análise, distinguiu o instrumento e o signo na sua função mediadora pela orientação: enquanto os instrumentos são externamente orientados, para o controle da natureza, levando a transformações nos objetos, os signos são orientados internamente, para comunicação e a autorregulação (controle e domínio do comportamento) (BRAGA, 2018, p.24).

Relacionamo-nos com o mundo utilizando instrumentos (objetos do cotidiano), e os signos são simbologias que colaboram com as funções mentais (como lembrar, raciocinar, comparar, classificar, etc.). A linguagem é um tipo de signo compartilhado socialmente. De

forma geral, os signos são essenciais para o desenvolvimento do indivíduo e contribuem no processo de internalização, em que se dá significado à ação.

Em relação à mediação, é relevante destacar que, segundo a perspectiva vygotskyana, o professor não é um mediador, mas um agente ativo que faz uso da mediação por meio dos signos.

Nas aulas dessa dissertação, os experimentos e os simuladores educacionais foram utilizados como elementos de mediação no processo de ensino e aprendizagem, na tentativa de colaborar para a construção de conceito dos alunos do espontâneo para o científico.

Outro ponto importante relativo as aulas propostas nessa dissertação, foi a utilização de alguns ensinamentos de Vygotsky em relação à atuação na ZDP dos discentes, já que tentou-se a todo o momento promover interações sociais que contribuíssem para o desenvolvimento intelectual dos alunos, por meio do uso de elementos mediadores como experimentos e simuladores educacionais, reconhecendo que há diferentes maneiras de produzir os significados e objetivando colaborar com o processo de ensino-aprendizagem.

2.2. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Neste texto são abordadas as atividades experimentais e os motivos de terem destaque metodológico nesse trabalho. As atividades experimentais, quando utilizadas em sala de aula, são metodologias didáticas que contribuem para o processo de ensino e aprendizagem. Segundo Chaves e Hunsche (2014, p. 1) “as atividades experimentais são estratégias importantes para o ensino de Física, por possibilitarem maior aproximação do aluno com o cotidiano, e assim, os conceitos serem menos abstratos”.

As escolhas dos recursos didáticos e metodológicos na elaboração do plano de aula devem levar em consideração as habilidades que podem colaborar para o desenvolvimento.

É preciso entender o recurso didático como o elemento que irá mediar a relação do aluno com o conteúdo e que essa mediação deve se dar a partir do planejamento consciente por parte do professor - baseado nos objetivos que se quer atingir. É preciso entender que a seleção dos conteúdos é concomitante e indissociável da seleção dos recursos (SANTOS, PIASSI, FERREIRA, 2004, p. 4).

Vários autores destacam a importância de utilizar atividades experimentais em aulas, mas essas devem ser planejadas envolvendo o contexto da sequência didática e, assim, possibilitando haver colaboração para o desenvolvimento cognitivo dos alunos, um aspecto

essencial nesse processo são as interações sociais, segundo Francisco Júnior, Ferreira e Hartwing (2008, p. 36), “no caso dos experimentos com fins educativos, estes devem ser deliberadamente elaborados com o intuito de proporcionar a leitura fenomenológica de eventos que ocorrem, via de regra, de forma natural no mundo”.

Em Santos, Piassi e Ferreira também se destaca a importância e os cuidados necessários em relação à metodologia na utilização de experimentação em aula:

A experimentação, dissociada de uma estratégia de ensino mais ampla e adequada, não seria suficiente para produzir o desenvolvimento intelectual do educando, mas ainda assim, seria uma contribuição significativa uma vez que lhe permitiria a possibilidade de manipulação de coisas e aparelhos além de incentivar o hábito da observação crítica de fenômenos (SANTOS, PIASSI, FERREIRA, 2004, p. 6).

Outro fator importante em relação às atividades experimentais é sua capacidade de colaborar para despertar e intensificar o interesse nas aulas, engajando e motivando os alunos em relação aos estudos. No artigo de Gaspar e Monteiro (2005, p. 230), é realizado um breve levantamento de pesquisas que tentam identificar a validade das atividades demonstrativas, citando três pesquisas isoladas (FIQUEROA *et al.*, 1994; MESEGUER DUENÑAS *et al.*, 1994; BARREIRO e BAGNATO, 1992) que enfatizam como resultado o caráter motivador desse tipo de atividade. Considera-se importante a motivação no processo de ensino e aprendizado, mas nas aulas propostas nesse trabalho buscou-se motivar os discentes e colaborar para seus aprendizados.

No processo de ensino e aprendizagem de todas as disciplinas em ambientes formais é desejável a construção do conceito científico e, no ensino de Ciências, o uso das atividades experimentais pode auxiliar nessa estruturação dos conceitos espontâneos (conhecimentos prévios) para o científico. Howe (1996 *apud* GASPAR, 2005, p. 231) destaca o significado de cada um desses conceitos

[...] na teoria formulada por Vygotsky, é considerado científico todo conhecimento de origem formal, relacionado às ciências sociais, línguas, matemática, ciências físicas e naturais. São conhecimentos sistemáticos e hierárquicos apresentados e apreendidos como parte de um sistema de relações, ao contrário do conhecimento espontâneo, composto de conceitos não-sistemáticos, não-organizados, baseados em situações particulares e adquiridos em contextos da experiência cotidiana.

É importante observar que no processo de ensino e aprendizagem a construção do conceito científico tem como ponto de partida o conceito espontâneo, segundo Vygotsky

O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos - cabe pressupor - são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro. [...] independentemente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se do desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo de duas formas de pensamento que desde o início se excluem (VYGOTSKY, 2001, p. 261).

Para que se eleve a probabilidade de ocorrer essa construção de conceito por meio das atividades experimentais no ensino, é essencial que essas estejam vinculadas a uma base conceitual e que o professor esteja preparado para realizar as conexões entre o trabalho prático e o conhecimento teórico científico

O ensino ministrado em laboratório - o ensino experimental - deve ser usado não como um instrumento a mais de motivação para o aluno, mas sim como um instrumento que propicie a construção e aprendizagem de conceitos e modelos científicos. Para que isto ocorra, é necessário, porém, que haja uma interação didática/pedagógica entre a atividade experimental e o desenvolvimento destas concepções; todo experimento deve ser realizado a partir de uma base conceitual. O professor deve estar preparado para interligar o trabalho prático à elaboração do conhecimento científico pelo aluno (BARBOSA, PAULO, RINALDI, 1999, p. 106).

O experimento, quando planejado e vinculado à aula, tem a capacidade de colaborar para o desenvolvimento da construção conceitual (espontâneo/científico) do aluno, possibilitando que ele interprete os fenômenos naturais e processos tecnológicos e utilize, quando necessário, o vocabulário científico.

Segundo Francisco Júnior, Ferreira e Hartwing, para que ocorra a aprendizagem, é necessária a criação de um significado pessoal para o que se pretende aprender

[...] só é possível explicar um fenômeno a partir do momento em que este seja pessoalmente significativo, a partir do momento em que a curiosidade seja despertada nos estudantes. Esse é o papel motivador da experimentação que tem, em uma das suas funções como recurso didático, mediatizar os educandos e o objeto cognoscitivo (FRANCISCO JUNIOR; FERREIRA; HARTWING, 2008, p. 40).

Vários autores destacam a importância das atividades experimentais para o processo de ensino e aprendizado de Ciências, mas existem abordagens que não atuam de forma eficaz nesse processo.

Ferreira (1978 *apud* GASPAR, 2005, p. 229) ressalta abordagens pouco produtivas das atividades experimentais demonstrativas, as quais sucumbem às interações sociais que são muito importantes no processo de ensino e aprendizado

[...] ressalta que a apresentação de experiências de demonstração em sala de aula geralmente negligencia as interações entre os estudantes e entre eles e o instrumental. São aulas expositivas nas quais o experimento realizado pelo professor equivale a um recurso audiovisual.

Outro ponto negativo de algumas abordagens das atividades experimentais são as demonstrações fechadas, restritas a uma exposição sem muitas reflexões sobre o observado

Ao contrário do desejável, a maioria dos manuais de apoio ou livros didáticos disponíveis para auxílio do trabalho dos professores consiste ainda de orientações do tipo “livro de receitas”, associadas fortemente a uma abordagem tradicional de ensino, restritas a demonstrações fechadas e a laboratórios de verificação e confirmação da teoria previamente definida, o que sem dúvida, está muito distante das propostas atuais para um ensino de Física significativo e consistente com as finalidades do ensino no nível médio (ARAÚJO, ABIB, 2003, p. 177).

Existem alguns tipos de atividades experimentais; iremos identificar algumas possíveis classificações com base em ARAÚJO e ABIB (2003), que são: demonstração, verificação ou investigação e esses tipos de abordagens podem ter ênfase matemática (quantitativa) ou pouco e nenhum formalismo matemático (qualitativo). Nesse trabalho foram desenvolvidas atividades experimentais, em sua maior parte, demonstrativas e qualitativas.

2.2.1. RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS E ESSE TRABALHO

As atividades demonstrativas experimentais são utilizadas há muitos anos em vários contextos e com certa variedade de intenções, acredita-se que a origem do uso dessas atividades foi no Museu de Alexandria (GASPAR, 2005). Nos últimos anos, houve uma retomada em seu uso fora e dentro das salas de aula: “A partir da década de 1970, começaram a surgir em todo mundo museus e centros de ciências, locais onde as demonstrações experimentais são o centro da atenção e do encantamento de seus visitantes” (GASPAR, 1998 *apud* GASPAR, 2005, p. 227).

Segundo Chaves e Hunsche (2014), as atividades demonstrativas experimentais em sala de aula relacionam a experiência do aluno com o conhecimento científico formal e abstrato. Gaspar enfatiza a importância desse tipo de atividade em sala de aula:

[...] alguns fatores parecem favorecer a **demonstração experimental**: a possibilidade de ser realizada com um **único equipamento** para todos os alunos, **sem a necessidade de uma sala de laboratório específica**, a possibilidade de ser **utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual** que está sendo trabalhada e, talvez o fator mais importante, a **motivação ou interesse** que desperta e que pode **predispor os alunos para a aprendizagem** (GASPAR, 2005, p. 228, grifo nosso).

Araújo e Abib (2003) salientam outros aspectos relevantes das atividades demonstrativas experimentais:

Assim, na linha de proposta de **atividades de demonstração** encontram-se autores que salientam justamente **a importância dessas atividades para ilustrar e tornar menos abstratos os conceitos físicos abordados, ao mesmo tempo que torna mais interessante, fácil e agradável o seu aprendizado, motivando a participação dos alunos [...]**. A compreensão de um fenômeno através de uma demonstração pode permitir aos alunos **compreenderem o funcionamento de outros equipamentos e generalizar** o comportamento dos sistemas observados para outras situações em que estes mesmos fenômenos estejam presentes [...] (ARAÚJO, ABIB, 2003, p. 181, grifo nosso).

Sobre esse mesmo tipo de atividade experimental, Araújo e Abib salientam a possível colaboração para a elaboração de representações concretas, sendo que as construções de imagens mentais relacionadas à Física contribuem com a compreensão, associação e transposição de conceitos para outras situações relacionadas aos temas.

Provavelmente, a característica mais marcante dessas atividades é a possibilidade de ilustrar alguns aspectos dos fenômenos físicos abordados, tornando-os de alguma forma perceptíveis e com possibilidade de propiciar aos estudantes a elaboração de representações concretas referenciadas (ARAÚJO, ABIB, 2003, p. 181).

Portanto, as atividades demonstrativas experimentais podem colaborar em vários aspectos com o ensino e aprendizado, sendo necessário espaço para levantamento de hipóteses, reflexões e discussões, a fim de que o processo seja mais eficaz.

Dentre os diversos aspectos que merecem ser salientados, destaca-se o fato das atividades de demonstração possibilitarem **ilustrar um determinado fenômeno**, podendo contribuir para a compreensão de diversos aspectos relacionados ao mesmo. Em geral, tais atividades demandam um **pequeno tempo de realização** e podem ser **facilmente integradas a uma aula** com ênfase expositiva, sendo utilizadas como um fechamento da aula ou como seu ponto de partida, procurando **despertar o interesse do aluno para o tema que será abordado**. Para que seja ampliada a eficiência do processo de aprendizagem, acredita-se que estas atividades devam ser conduzidas de modo que seja permitido o questionamento por parte dos alunos, incentivando-os a buscar explicações para os fenômenos estudados, possibilitando assim a elaboração de novas idéias a partir da vivência de situações capazes de propiciar o desenvolvimento de sua capacidade de abstração e de aprendizagem [...] (ARAÚJO, ABIB, 2003, p. 182, grifo nosso).

A proposta desse trabalho é voltada para atividades experimentais demonstrativas, com experimentos físicos e digitais (simuladores). A escolha dessa metodologia/abordagem foi feita por reconhecer que nas escolas públicas os problemas financeiros e o número reduzido de aulas de Física poderiam dificultar uma proposta que exigisse muito investimento financeiro e tempo de aula. Tentando amenizar essas carências encontradas no ensino público, as atividades demonstrativas podem ser executadas em um tempo reduzido se comparado a uma atividade investigativa e o investimento financeiro será realizado em apenas uma unidade experimental que poderá ser reutilizada nos anos subsequentes. Apesar dessas vantagens, reconhece-se suas limitações, pois os alunos não estão em ação direta com os objetos de estudos. Tentando contornar essas limitações, houve o incentivo as manipulações dos

trabalhos, quando possível, e levantamento de discussões com reflexões sobre resultados observados.

Os simuladores (experimentos digitais), conforme descritos anteriormente, foram utilizados nas aulas das sequências didáticas propostas de forma demonstrativa, sugerindo hipóteses e solicitando devolutiva dos alunos em relação aos seus conhecimentos espontâneos e em seguida realizando os testando nos simuladores. As hipóteses que se confirmaram e as que não se confirmaram foram discutidas, abrindo espaço para as reflexões, no sentido de contribuir para a reconstrução de conceito para interpretações mais científicas. Outro ponto importante em relação ao uso dos simuladores nas aulas foi o incentivo ao acesso dos alunos (que já dispunham de internet, pois essa escola conta com apenas cinco computadores na sala de multimeios e mesmo esses se encontram com frequência em manutenção) no site para explorar as simulações, e os discentes que realizaram essa ação se mostraram motivados com os testes de hipóteses e respostas, realizados nessa plataforma educacional - PhET Colorado.

As atividades experimentais (experimentos físicos e digitais) foram abordadas de forma qualitativa, praticamente sem ênfase matemática, mas posteriormente nas sequências didáticas foram retomados alguns conceitos considerados relevantes com objetivo de formalização matemática.

Dessa maneira acredita-se que as atividades experimentais, além de motivarem, podem colaborar para a construção do conceito científico dos discentes, já que durante a realização das atividades houveram momentos de interações dos alunos com os experimentos, foram realizadas reflexões sobre seu funcionamento e estabeleceram-se conexões com objetos de nosso cotidiano relacionados às atividades. Portanto, julga-se que houve colaboração das metodologias escolhidas para o desenvolvimento do aprendizado dos alunos.

As metodologias propostas neste trabalho têm o objetivo de contribuir para a construção do conceito científico dos alunos, utilizando para tanto as atividades experimentais (experimentos físicos e digitais) e recursos visuais (imagens e vídeos). Nos experimentos, se testaram hipóteses e realizaram-se reflexões, havendo em alguns momentos a necessidade de reformulação das hipóteses, logo colaborando para aperfeiçoar o conhecimento sobre a Física relacionada à atividade.

2.3. CONTEÚDOS CONCEITUAIS, PROCEDIMENTAIS E ATITUDINAIS E A RELAÇÃO DOS MESMOS COM AS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PRODUZIDAS

Na área da Educação, muitas vezes, os profissionais ficam hesitantes na escolha das metodologias, pois buscam utilizar estratégias didáticas que possibilitem resultados mais satisfatórios para cada situação, almejando colaborar para a compreensão dos conceitos e desenvolvimento de habilidades. No entanto, os processos de ensino e aprendizagem são complexos, não existem “receitas” prontas e infalíveis, aplicáveis a qualquer situação, como cita Zabala (2009)

Os processos de ensino/ aprendizagem que ocorrem nas aulas são extremamente complexos. A racionalidade positivista muitas vezes esqueceu essa complexidade, estabelecendo, a partir de estudos de laboratório ou de princípios descontextualizados, conclusões gerais e totalizadoras sobre os processos de ensino cuja utilidade é discutível, porque, na maioria das vezes, conduziram a uma visão simplificadora e reducionista das múltiplas dimensões que intervêm nas situações educativas (ZABALA, 2009, p. 153).

A concepção construtivista tem grande relevância na tentativa de compreender e analisar a prática educativa, oferecendo critérios para o planejamento, execução e avaliação do ensino.

As possibilidades de trabalho em sala de aula podem ser diversificadas, sendo que um mesmo tema pode ser abordado de várias maneiras e com metodologias diferentes. Muitas vezes o norte da escolha das estratégias didáticas fica por conta da experiência do profissional, mas é muito importante o conhecimento da teoria para a reflexão da prática educativa.

Faz-se necessário verificar de forma mais aprofundada os objetivos e resultados de uma determinada metodologia para identificar se essa atinge as metas a que se propõe. Intentando realizar essa análise, Zabala (2009) propõe o uso da *tipologia dos conteúdos de aprendizagem* e dos *princípios da concepção construtivista*.

Em relação aos princípios da concepção construtivista, um aspecto avultoso é a atuação do professor na zona de desenvolvimento proximal do estudante. Para tal, se propõe que o indivíduo aprenda em contato com outro que tem mais conhecimento na área que se deseja conhecer. Além desse, outros fatores são importantes nesse processo, como coloca Zabala (2009):

De forma muito sintética, esses princípios estabelecem que a aprendizagem é uma construção pessoal que o aluno realiza com a ajuda que recebe de outras pessoas. Essa construção, por meio da qual pode atribuir significado a um determinado objeto de ensino, implica a contribuição da pessoa que aprende, seu interesse e disponibilidade, seus conhecimentos prévios e sua experiência. Em tudo isso desempenha um papel imprescindível a figura do outro mais experiente, que ajuda a detectar um conflito inicial entre o que se sabe e o que se deve saber, que contribui para que o aluno se sinta capaz e com vontade de resolvê-lo, que coloca o novo conteúdo de forma que apareça como um desafio interessante, cuja resolução terá alguma utilidade, que intervém de forma ajustada aos progressos e dificuldades manifestados pelo aluno, apoiando-o, tendo em vista sua realização autônoma (ZABALA, 2009, p. 164-165).

Pensando na função social do ensino, no trecho do livro “O construtivismo em sala de aula”, Zabala fala sobre os importantes saberes que nós, professores, devemos nos atentar ao planejarmos nossas aulas, buscando metodologias que colaborem com o desenvolvimento do “saber”, do “saber fazer” e do “ser” de nossos alunos, que estão diretamente ligados aos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (tipologia dos conteúdos):

Das muitas possíveis classificações dos conteúdos de aprendizagem, a distribuição ou agrupamento de conteúdos em três tipos, de acordo com aquilo que os alunos e alunas devem saber, saber fazer e ser, ou seja, em conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (dada as características comuns de cada grupo em relação a como se aprende e como se ensina) são um instrumento-chave para determinar, em primeiro lugar, as idéias subjacentes a qualquer intervenção pedagógica a partir da importância que esta atribui a cada um dos diferentes tipos de conteúdos e, em segundo lugar, para avaliar sua potencialidade educativa (ZABALA, 2009, p. 161).

Vários componentes envolvidos nos processos que ocorrem no contexto e ambiente escolar se entrelaçam e se influenciam. Nas aulas, o movimento é semelhante: as atividades estão inseridas nas sequências didáticas com várias outras atividades que se relacionam e, sobre as metodologias, existem alguns fatores de destaque para a realização de reflexões, que são: as interações educativas, a organização dos conteúdos, a organização social da classe, a distribuição do espaço e do tempo, materiais curriculares e avaliação; nos quais a observação e ação docente são importantes para verificar e atuar na tentativa de aumentar a eficácia do processo educativo.

Buscando trabalhar a formação global do ser humano, as aulas descritas dessa dissertação foram planejadas levando-se em conta os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, possibilitando aos alunos o desenvolvimento do “saber”, do “saber fazer” e do “ser”. Por esse motivo, ao longo das aulas foram feitos questionamentos com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos alunos e fomentar reflexões globais (política, social, cultural, filosófica etc.).

A necessidade de indagar sobre os conhecimentos prévios que o aluno possui, para conhecer e intervir adequadamente conforme as necessidades dos alunos e alunas e ir adaptando as atividades e as ajudas de acordo com sua evolução ao longo do processo de ensino e para conhecer o grau de aprendizagem adquirido no final da unidade didática tornará necessário o uso de recursos sistemáticos no princípio, durante e no final de qualquer unidade didática (*ZABALA, 2009, p. 193-194*).

Outro ponto importante sobre as aulas propostas nessa dissertação foi a utilização de recursos materiais e metodológicos variados, com o objetivo de atender às necessidades diversas para a aprendizagem dos alunos.

As atividades em grupo foram desenvolvidas com um pequeno número de participantes, com a finalidade de compreender as dificuldades dos discentes e de esclarecer as suas dúvidas.

A distribuição em pequenos grupos, sejam eles fixos ou móveis, homogêneos ou heterogêneos, permite atribuir a cada um deles tarefas concretas e estruturadas, de modo que o professor ou professora possa ir se deslocando e prestando as ajudas adequadas conforme o grau de realização da tarefa (*ZABALA, 2009, p. 188-189*).

Os conteúdos procedimentais e atitudinais precisam de mais repetições para ser assimilados; portanto, os mesmos foram trabalhados com mais frequência, buscando um resultado mais efetivo ao final desse processo.

Outro aspecto importante relativo a maior assimilação dos conteúdos por parte dos alunos, foi à definição e ênfase dos pontos principais de cada tema abordado.

Segue uma breve descrição das metodologias e materiais curriculares utilizados para trabalhar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, nas aulas dessa dissertação (Tabela 1).

Tabela 1: Breve descrição das metodologias e materiais curriculares utilizados para trabalhar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, nas aulas dessa dissertação.

Breve descrição das metodologias e materiais curriculares utilizados para trabalhar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais

Conceituais: conteúdos relacionados a cada tema abordado nas sequências didáticas dessa dissertação (Mecânica - Energias, Física Térmica e Eletromagnetismo), por meio de aulas expositivas e recursos audiovisuais.

Procedimentais: atividades práticas como manipulação e teste dos experimentos e simuladores, debate de idéias nas atividades em pequenos grupos, leitura e interpretação de gráficos.

Atitudinais: atividades em grupos e momentos de diálogo durante as aulas, objetivando o desenvolvimento da cooperação e do respeito ao espaço de cada indivíduo.

As atividades propostas nessa dissertação têm o objetivo de desenvolver os conteúdos conceituais e, concomitantemente, os conteúdos procedimentais e atitudinais em diferentes níveis de aprendizagem.

Capítulo 3

CONTEÚDOS DE FÍSICA

Esse capítulo foi escrito com base principalmente nos livros de Young e Freedman - Física e Halliday, Resnick e Walker - Fundamentos de Física, com o objetivo de rever e aprofundar os conceitos abordados nas aulas de aplicação do produto educacional.

3.1. MECÂNICA - ENERGIAS

Energia

Não é muito simples definir o significado de *energia*. Pode-se colocar de forma genérica que é uma grandeza escalar associada ao estado (ou condição) de um ou mais objetos.

A *energia* total do Universo se conserva, sendo que sempre um tipo de energia se transforma em outro tipo de energia, e nunca a energia irá desaparecer, e esse é o *princípio da conservação de energia*.

Energia Cinética

A energia cinética está associada ao movimento de um corpo e essa grandeza é indicada pela letra K. Seu cálculo relaciona a massa (m) do objeto estudado com sua velocidade (v), sendo que essa é muito menor que a velocidade da luz, Eq. (1)

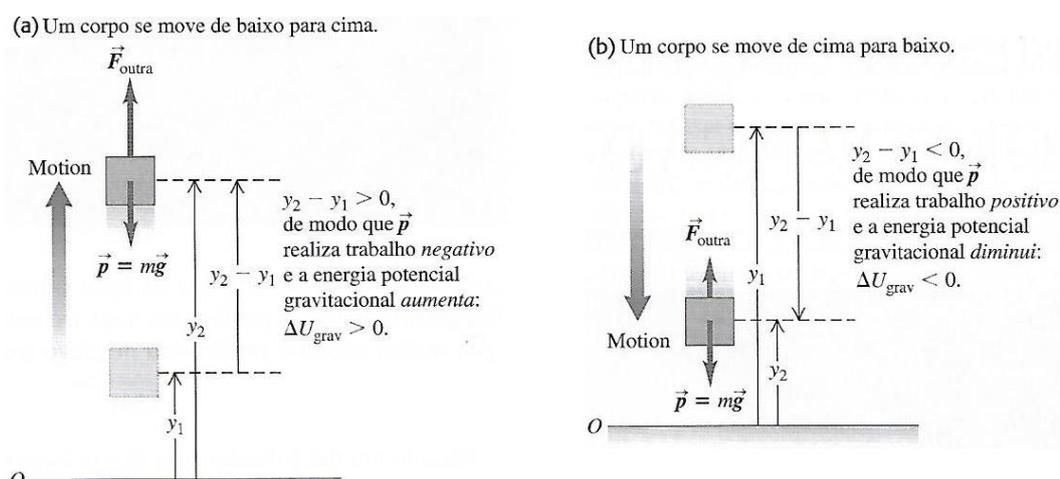
$$K = \frac{1}{2}mv^2. \quad (1)$$

A unidade de medida da energia cinética e de outras formas de energia no Sistema Internacional (SI) é o joule e seu símbolo é o J, em homenagem a James Prescott Joule, físico inglês que desenvolveu uma relação para a equivalência entre o trabalho mecânico e o calor.

Trabalho e Energia Potencial Gravitacional

As energias potenciais estão associadas à posição da partícula em um sistema. É possível se verificar a relação entre o trabalho e as energias potenciais por meio da seguinte situação; se arremessado um objeto para cima o trabalho da força gravitacional W_g é negativo, pois a força converte energia a partir da energia cinética do objeto. Nesse arremesso, durante a subida do objeto, a energia cinética é convertida para a forma de energia potencial gravitacional do sistema objeto - Terra, então, esse objeto subirá até o limite possível, fará uma pequena pausa e descenderá, nessa queda a força gravitacional transfere energia a partir da energia potencial gravitacional do sistema objeto - Terra para a energia cinética do objeto alterando, assim, sua velocidade, como na Figura 1.

Figura 1: Objeto se deslocando verticalmente, em (a) e (b) de y_1 para y_2 , respectivamente o objeto está subindo e depois descendo, havendo variação da energia potencial gravitacional do conjunto objeto - Terra nas duas situações devido à realização de trabalho pelas forças atuantes no sistema.



Fonte: YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A., *Física I - Mecânica*, 12a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008. P.214.

A **variação da energia potencial** (ΔU) é definida como igual ao **negativo do trabalho** realizado sobre o objeto pela força gravitacional, assim temos:

$$\Delta U = -W \quad (2)$$

Um fator importante na definição da equação das energias potenciais dá-se na associação com alguma **força conservativa**. Sabe-se que a força gravitacional é conservativa, pois ao observar uma partícula em movimento num percurso fechado de arremesso vertical para cima e depois queda, como na Figura 1, o trabalho resultante realizado pela força será nulo, e esse é um dos critérios para que essa grandeza (a força) seja considerada conservativa. Em uma condição mais geral, abrange-se o trabalho realizado por uma força variável (a força pode variar com a posição)

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F(x)dx. \quad (3)$$

Com o objetivo de encontrar uma relação geral para as energias potenciais, substituímos a Eq. (3) na Eq. (2) e teremos

$$\Delta U = - \int_{x_i}^{x_f} F(x)dx. \quad (4)$$

Agora, far-se-á uso da Eq. (4) para definir a equação da **energia potencial gravitacional**. Logo, se considerará uma partícula de massa m se movimentando na vertical (pelo eixo y) deslocando-se de y_i para y_f (sendo o sentido positivo para cima). Bem como empregou-se a força gravitacional (\vec{P}), sendo nessa situação negativa por estar contrária ao sentido positivo do eixo y e a aceleração da gravidade (g) da localidade

$$\Delta U = - \int_{y_i}^{y_f} (-mg)dy = mg \int_{y_i}^{y_f} dy = mg \left[y \right]_{y_i}^{y_f} = mg(y_f - y_i)$$

$$\Delta U = mg\Delta y \quad (5)$$

Simplificando a Eq. (5) e considerando $\Delta U = U_f - U_i$ e $\Delta y = y_f - y_i$ e que $U_i = 0$ e $y_i = 0$

$$U(y) = mgy, \quad (6)$$

chegou-se, assim, a equação da energia potencial gravitacional em um sistema partícula - Terra.

Conservação da Energia Mecânica

Ao definir a energia mecânica, se considerará que somente a força gravitacional (conservativa) está atuando no sistema objeto - Terra observado, portanto, desconsiderando a resistência do ar (força dissipativa). Segundo o teorema do trabalho - energia

$$W_{total} = \Delta K = K_2 - K_1, \quad (7)$$

sendo a força gravitacional a única a realizar trabalho sobre o sistema objeto - Terra

$$W_{total} = W_{grav} = -\Delta U_{grav}. \quad (8)$$

Retomando a Eq. (7) e relacionando com a Eq. (8)

$$\Delta K = -\Delta U_{grav} \Rightarrow K_2 - K_1 = -(U_{grav,2} - U_{grav,1}),$$

em que pode ser escrito como

$$K_1 + U_{grav,1} = K_2 + U_{grav,2}. \quad (9)$$

Definiu-se $K + U_{grav}$ como a energia mecânica E_{mec} total a uma determinada altura y do solo

$$E_{mec} = K + U. \quad (10)$$

Entretanto, considerando apenas os sistemas nos quais atuam forças conservativas (sem atrito e arrasto) e estando os mesmos isolados da vizinhança, dessa maneira poderão ocorrer variações nas energias cinética e potencial gravitacional, mas a soma (energia mecânica) não se altera.

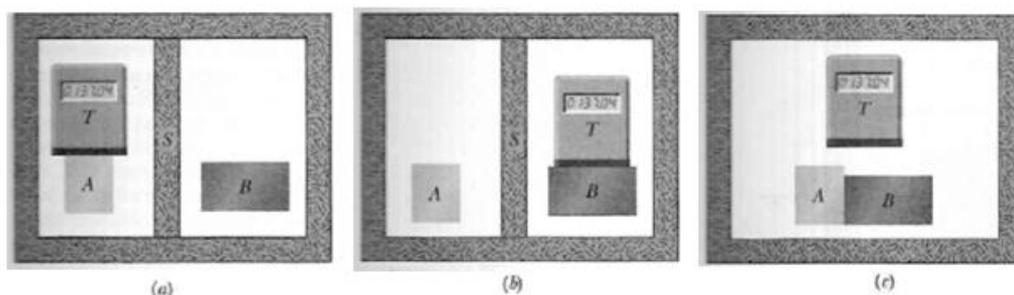
3.2. FÍSICA TÉRMICA

Lei Zero da Termodinâmica

A *lei zero da termodinâmica* foi desenvolvida posteriormente às suas outras leis, ocorrendo na década de 1930, mas como ela aborda o conceito de temperatura (fundamental na Termodinâmica) ela recebeu um nome que remete a sua antecedência às outras duas leis da Termodinâmica. A temperatura no Sistema Internacional (SI) é medida em kelvin (K), sendo uma das sete grandezas fundamentais do SI; por meio dela é possível medir a energia térmica em um sistema.

Segundo a *lei zero da termodinâmica*, se dois corpos A e B estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo T, então, estarão em equilíbrio térmico entre si, como na Figura 2.

Figura 2: Todo o sistema está dentro de caixas com paredes isolantes e espessas; (a) corpo A em equilíbrio térmico com o termoscópio; (b) corpo B em equilíbrio térmico com o termoscópio e marcando a mesma leitura obtida em A; (c) assim sendo, A e B estão em equilíbrio térmico entre si - lei zero da Termodinâmica.



Fonte: HALLIDAY, D; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 2. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, c 2008.P.171.

Calor e a Primeira Lei da Termodinâmica

Calor (Q) é a energia interna (ou térmica) em trânsito, devido à diferença de temperatura entre um sistema e seu ambiente. Sendo **positiva** se o sistema receber calor do ambiente, **negativa** se o sistema perde calor para o ambiente ou **nula** se o sistema e o ambiente estiverem com a mesma temperatura.

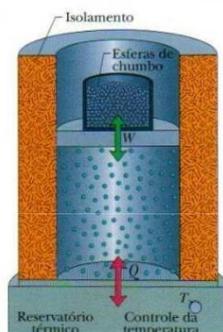
A unidade de medida de calor é a mesma usada para o trabalho, já que as duas grandezas se referem à transferência de energia, sendo medido em **joule (J)**.

Calor e Trabalho

Vamos analisar de forma mais detalhada a relação entre calor e trabalho, trocados entre um sistema e seu ambiente.

Considere um cilindro de paredes isoladas com um pistão móvel e em seu fundo há uma fonte de calor que pode ter a temperatura controlada, ver Figura 3. Dentro do cilindro há um gás ideal, sua pressão é controlada por esferas de chumbo que estão sobre o pistão. Esse gás será nosso sistema, estando esse em um estado inicial de: pressão, temperatura e volume; e sendo levado a um estado final de pressão, temperatura e volume; o processo para ir do início ao fim é chamado de **processo termodinâmico**. Supondo que todas as mudanças ocorrem de forma lenta, resultando em um sistema que está sempre aproximadamente em equilíbrio termodinâmico.

Figura 3: Cilindro em corte lateral - paredes isolantes, contendo pistão móvel controlado por esferas de chumbo e fonte de calor (reservatório térmico) com controle de temperatura havendo trocas de calor e a realização de trabalho pelo gás contido no cilindro.



Fonte: HALLIDAY, D; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 2. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, c 2008.P.188.

Se retirada uma esfera de cima do pistão, esse realizará um pequeno deslocamento dS com uma força F . Como o deslocamento é pequeno, então entende-se que a força será constante, assim $F = p.A$, onde p é a pressão e A área, o trabalho diferencial do gás durante esse deslocamento será:

$$dW = F.dS = (p.A) (dS) = (p) (A dS)$$

$$dW = p dV, \quad (11)$$

onde dV é a variação infinitesimal do volume do gás ao movimentar o pistão, realizando o trabalho total

$$W = \int dW = \int_{V_i}^{V_f} p dV . \quad (12)$$

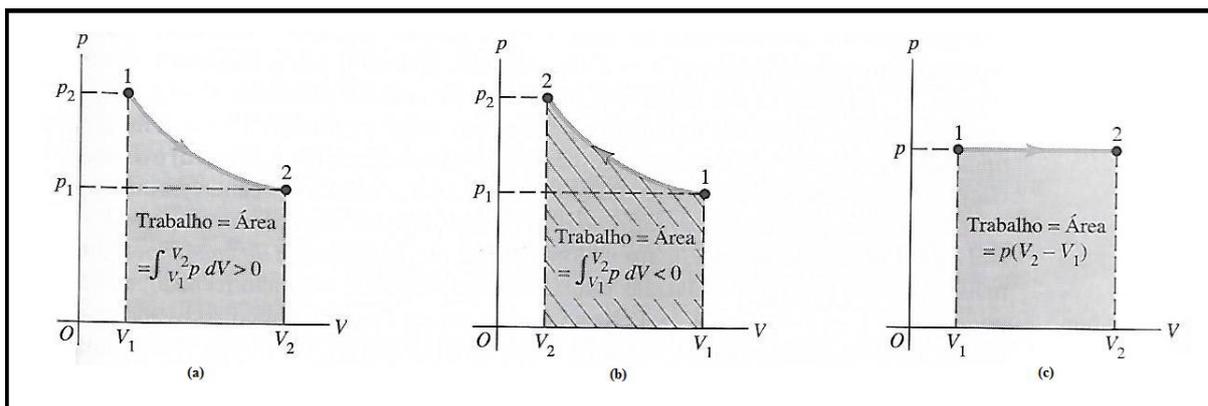
Para realizar esse cálculo é necessário saber como a pressão varia em relação ao volume, saindo do estado inicial e indo para o final, havendo várias possibilidades e em cada um desses processos o calor e o trabalho terão valores diferentes, sendo esses dependentes do processo.

O trabalho realizado será positivo quando efetuado *pelo* sistema (expansão) e negativo quando for desempenhado *sobre* o sistema (compressão). Em situações que não ocorrem variação no volume, o trabalho será nulo, pois não há deslocamento.

Na Figura 4 serão apresentados alguns diagramas pV (gráfico da pressão do gás pelo volume), demonstrando variados processos do estado inicial ao final. A integral da Eq. (12)

(trabalho realizado pelo gás) é representada pela parte escura abaixo da curva nos diagramas pV , entre o ponto inicial e o final.

Figura 4: Diagramas pV , em que o trabalho realizado é igual à área da região em destaque na figura, em (a) nesse diagrama o volume está aumentando, conseqüentemente, o trabalho realizado será positivo; (b) o volume está reduzindo, então o trabalho será negativo; (c) o volume se eleva e a pressão é constante, a área do retângulo destacado na figura será igual ao trabalho realizado.



Fonte: YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A., *Física II – Termodinâmica e Ondas*, 10a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2003. P 179.

A Primeira Lei da Termodinâmica

A *primeira lei da termodinâmica* é uma extensão do princípio da conservação de energia, incluindo a esse a transferência de **calor**, a realização de **trabalho** e o conceito de **energia interna (ou térmica)**. É importante destacar que, ao realizar a definição do significado de energia interna utilizando as grandezas da energia mecânica, haverá dificuldades relacionadas às medidas, por esse motivo é mais oportuno utilizar a definição descrita a seguir.

Sabe-se que o trabalho (W) e o calor (Q) variam de acordo com o processo que o sistema encaminha do estado inicial para o final. Mas a relação: $Q - W$ não se altera segundo o processo, ela se mantém, representando uma mudança intrínseca do sistema, e que se chama **energia interna** E_{int}

$$\Delta E_{\text{int}} = E_{\text{int},f} - E_{\text{int},i}$$
$$\Delta E_{\text{int}} = Q - W . \quad (13)$$

A Eq. (13) descreve matematicamente a **primeira lei da Termodinâmica**, salvo casos em que o sistema termodinâmico realizar somente mudança infinitesimal, nessa situação a Eq. (13) passa a ser escrita da seguinte maneira

$$dE_{\text{int}} = dQ - dW . \quad (14)$$

Tipos de Processos Termodinâmicos

Os processos termodinâmicos são variações nos estados dos sistemas termodinâmicos, em que é comum ocorrer em situações práticas. Quando esses envolvem variação de volume de um sistema, esse realizará trabalho sobre a vizinhança.

Iremos estudar quatro processos termodinâmicos, que são: processo **adiabático** (não ocorre transferência de calor entre o ambiente e o sistema), processo **isocórico** (o volume não se altera), processo **isobárico** (a pressão não varia) e processo **isotérmico** (temperatura se mantém constante).

Processo Adiabático

Nesse processo não haverá troca de calor entre o sistema e o ambiente, sendo $Q = 0$

$$\Delta E_{\text{int}} = Q - W$$
$$\Delta E_{\text{int}} = -W , \quad (15)$$

se o trabalho realizado for positivo (expansão do gás) a energia interna diminui, mas se o trabalho for negativo (compressão do gás) a energia interna aumenta.

Processo Isocórico

Não haverá alteração no volume nesse processo, então o gás não realizará trabalho sobre a vizinhança $W = 0$

$$\begin{aligned}\Delta E_{\text{int}} &= Q - W \\ \Delta E_{\text{int}} &= Q,\end{aligned}\tag{16}$$

portanto, quando o sistema receber calor, a energia interna aumentará, e se o calor for removido do sistema no processo, a energia interna diminuirá.

Processo Isobárico

Nesse processo, a pressão é constante e normalmente nenhuma das grandezas ΔE_{int} , Q e W são iguais a zero, o cálculo do trabalho W é

$$W = p(V_2 - V_1).\tag{17}$$

Processo Isotérmico

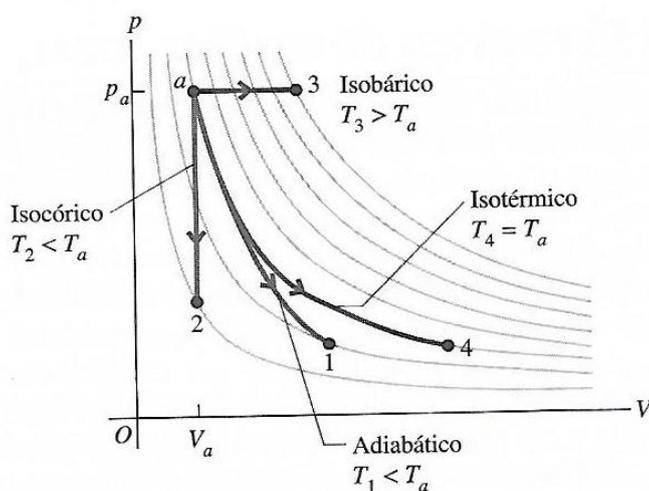
É um processo em que a temperatura é constante, sendo a variação da energia interna igual a zero $\Delta E_{\text{int}} = 0$, para um gás ideal

$$\begin{aligned}\Delta E_{\text{int}} &= Q - W \\ Q &= W,\end{aligned}\tag{18}$$

o trabalho total realizado no processo será exatamente igual ao calor transferido ao sistema.

No diagrama pV , da Figura 5, é possível verificar os quatro processos termodinâmicos descritos anteriormente.

Figura 5: No diagrama pV temos representados quatro processos termodinâmicos, todos iniciando no estado a, que são: (1) adiabático, (2) isocórico, (3) isobárico e (4) isotérmico; para um gás ideal.



Fonte: YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A., *Física II – Termodinâmica e Ondas*, 10a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2003. P 187.

Calor de Transformação

Quando uma substância está *mudando de fase* (sólido, líquido ou gasoso) na maioria das situações ela utiliza toda a energia recebida ou perdida para realizar esse processo, sendo assim não altera sua temperatura. A pressão é um estado importante na transição de fase de uma substância, influenciando na quantidade de energia necessária a ser cedida ou absorvida para a mudança de fase.

O *calor de transformação* (L) é a quantidade de energia por unidade de massa de uma determinada substância necessária para haver a mudança de fase

$$Q = m.L, \quad (19)$$

sendo Q a quantidade de calor (recebida ou perdida) e m é a massa da substância observada. Havendo o *calor de vaporização* (L_V) para as mudanças de fase líquida para gasoso (ou o inverso), e o *calor de fusão* (L_F) de sólido para líquido (ou o inverso).

Transmissão de Calor

Iremos estudar os mecanismos de transmissão de energia térmica entre sistema e ambiente, em que são: condução, convecção e irradiação.

Condução

Ocorre quando uma substância em contato ou próximo a uma fonte de calor eleva a amplitude de vibração das partículas que a compõem na superfície em contato com o calor e esse aumento da vibração se propaga por toda a substância nas colisões entre as partículas adjacentes.

Convecção

Essa transmissão de calor ocorre nos fluídos, pois, quando aquecidos, eles ficam menos densos que o fluído frio ao seu redor, o fluído quente sobe devido às forças de empuxo, e o fluído frio desce para ocupar o espaço do quente ascendente, gerando assim a circulação cíclica entre fluído frio mais denso e fluído quente.

Irradiação

Essa é a única modalidade de transmissão de calor que ocorre no vácuo, por meio de ondas eletromagnéticas. Todos os corpos emitem esse tipo de onda, podendo haver variações na frequência de oscilação da radiação emitida. Um exemplo é o Sol, que emite várias frequências de ondas eletromagnéticas, entre elas está a ultravioleta.

Segunda Lei da Termodinâmica

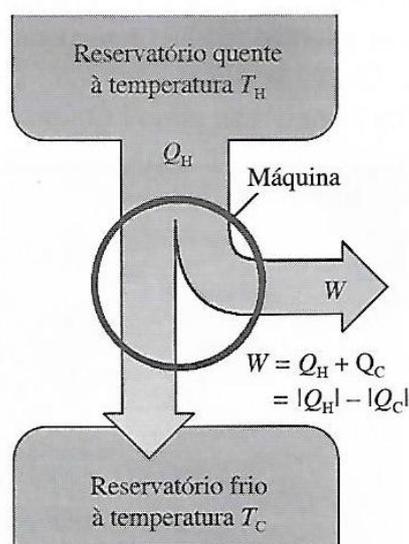
A *segunda lei da Termodinâmica* surgiu da necessidade de complementar a primeira lei, determinando a direção que ocorrem os fenômenos naturais térmicos, sendo espontânea a transformação de trabalho em calor. Essa lei pode ser expressa de várias formas equivalentes, uma delas é a partir do conceito de *entropia*.

Nesta dissertação, buscou-se estudar uma dessas formulações, na qual expressa a impossibilidade de transformar integralmente calor em trabalho, sem o surgimento de outra conversão da energia, segundo Young e Freedman (2003, p.210), “**é impossível para qualquer sistema sofrer um processo no qual ele absorve calor de um reservatório a uma dada temperatura e converte o calor completamente em trabalho mecânico, de modo que o sistema termine em um estado idêntico ao inicial**”.

As *máquinas térmicas* (ou motores) são dispositivos que convertem parcialmente o calor em trabalho, uma maneira de realizar essa função é por meio de processos termodinâmicos cíclicos.

Nas máquinas térmicas, em cada ciclo a energia é extraída como calor Q_H (hot - quente) de um reservatório T_H (hot - quente), convertendo uma parcela dessa energia em trabalho W e o restante é descartado como Q_C (cold - frio) para o reservatório T_C (cold - frio), como na Figura 6.

Figura 6: Esquema de funcionamento da máquina térmica.



Fonte: YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A., *Física II – Termodinâmica e Ondas*, 10a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2003. P 204.

As máquinas térmicas tem sempre o rendimento inferior a cem por cento, sendo possível calcular sua eficiência térmica e

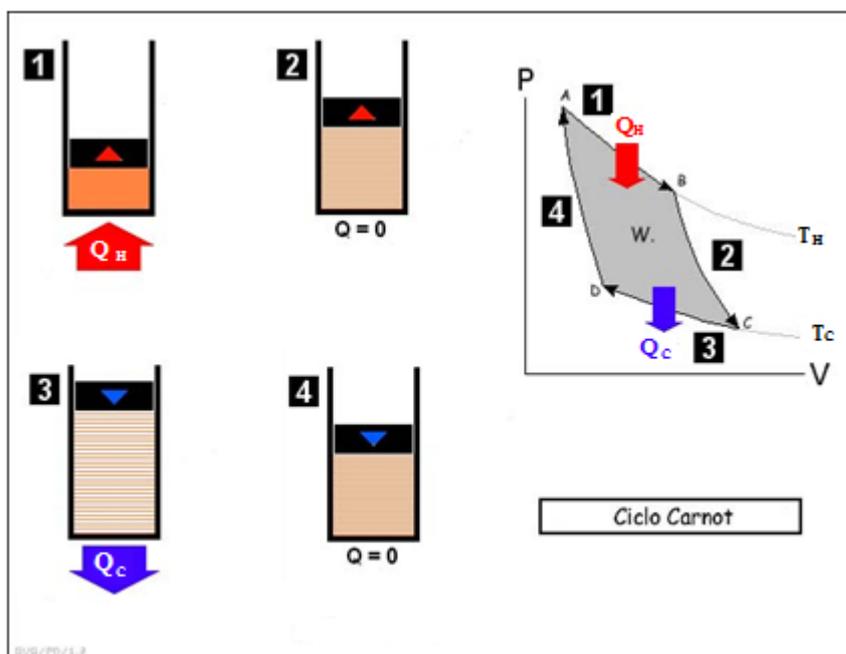
$$e = \frac{|W|}{|Q_H|} = \frac{|Q_H| - |Q_C|}{|Q_H|}, \quad (20)$$

e essa é uma grandeza adimensional.

O ciclo de Carnot

Este trabalho dedicou-se ao estudo dos ciclos de um gás ideal em uma máquina ideal reversível. Para isso, considerou-se o *ciclo de Carnot*, proposto pelo francês Nicolas Léonard Sadi Carnot, o qual notou que o ciclo mais eficiente de uma máquina térmica é composto por dois processos isotérmicos e dois adiabáticos, ver Figura 7.

Figura 7: Ciclo de Carnot para um gás ideal. No diagrama pV as linhas 1 e 3 representam isotermas e as linhas 2 e 4 representam adiabáticas.



Fonte: Adaptado de <https://www.moebius-bcn.com/wp-content/uploads/2012/07/ciclo-carnot.jpg>. Acesso em: 30/05/2020.

Na figura acima, tem-se a representação das quatro etapas do ciclo de Carnot e o diagrama pV com cada processo termodinâmico do ciclo. As etapas são: na primeira o gás passa pelo processo isotérmico absorvendo calor Q_H (AB), na segunda etapa ocorre o processo adiabático, na terceira o gás é comprimido, rejeitando calor Q_C (CD), na última etapa há compressão do gás retornando ao estado inicial na temperatura T_H (DA).

Para calcular a eficiência de uma máquina ideal operando no ciclo de Carnot é necessária apenas a variação de temperatura (medidas em kelvin - K) entre os dois reservatórios

$$e_{Carnot} = \frac{T_H - T_C}{T_H}, \quad (21)$$

nenhuma outra máquina térmica (nem mesmo outra máquina térmica ideal em outro ciclo) operando entre as mesmas temperaturas extremas terá a eficiência maior que a de Carnot, sendo esse o limite de eficiências das máquinas reais.

3.3. ELETROMAGNETISMO

Campos Magnéticos Produzidos por Correntes

Partículas carregadas eletricamente em movimento produzem campo magnético; logo, toda corrente elétrica produz campo magnético.

Lei de Ampère

Analogamente à lei de Gauss para o campo elétrico, a lei de Ampère possibilita calcular o campo magnético total em distribuições de corrente que possuam algum tipo de simetria, facilitando assim os cálculos. A lei de Ampère é descrita como

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_{env} \quad (\text{lei de Ampère}) \quad (22)$$

onde temos a integral do produto escalar entre o campo magnético \vec{B} e o elemento de comprimento $d\vec{s}$ em uma curva fechada (*amperiana*), i_{env} é a corrente total envolvida pela curva fechada e μ_0 é uma constante conhecida como *permeabilidade do vácuo*.

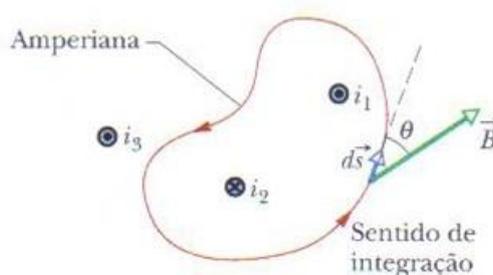
Utilizou-se a resolução de um exemplo para compreender melhor a aplicação da lei de Ampère. Na Figura 8 temos três fios i_1 , i_2 e i_3 retilíneos longos perpendiculares ao plano do papel. Uma amperiana arbitrária é traçada envolvendo apenas dois dos fios e com sentido anti-horário escolhido arbitrariamente para a realização da integral. Para aplicar a lei de Ampère, dividiu-se a amperiana mentalmente em elementos de comprimento $d\vec{s}$ *tangentes à curva e que apontam no sentido da integração*.

Considerando que \vec{B} seja o campo magnético total gerado pelas correntes elétricas dos fios e como esses estão perpendiculares ao plano da folha, então \vec{B} está no plano, é escolhido

um sentido arbitrário para o vetor campo magnético resultante (\vec{B}) formando um ângulo θ com o elemento de comprimento $d\vec{s}$, como na Figura 8. Portanto, o produto escalar $\vec{B} \cdot d\vec{s}$ pode ser escrito como $B \cos \theta ds$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint B \cos \theta ds = \mu_0 i_{env} . \quad (23)$$

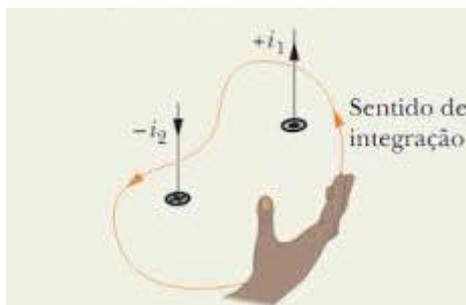
Figura 8: Três fios i_1 , i_2 e i_3 retilíneos longos perpendiculares ao plano do papel, uma amperiana arbitrária é traçada envolvendo apenas dois dos fios e com sentido anti-horário escolhido arbitrariamente.



Fonte: HALLIDAY, D; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 3. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, c 2008.P.229.

Para a integração, escolheu-se arbitrariamente um sentido para \vec{B} e que coincida com o sentido de integração, utilizando a seguinte regra da mão direita para identificar o sinal das correntes elétricas envoltas pela amperiana. Nessa **regra da mão direita**, deve-se colocar o polegar no sentido da corrente elétrica e, se os demais dedos apontarem no sentido de integração, a corrente será considerada positiva (+i), se os demais dedos apontarem no sentido oposto ao da integração, a corrente será considerada negativa (-i), ver Figura 9. A unidade de medida do campo magnético é o tesla (T).

Figura 9: Por meio dessa regra da mão direita, identifica-se os sinais das correntes elétricas envolvidas pela amperiana, para isso, deve-se colocar o polegar no sentido da corrente elétrica e, se os demais dedos apontarem no mesmo sentido da integração a corrente será considerada positiva (+i), senão, a corrente será considerada negativa (-i).



Fonte: HALLIDAY, D; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 3. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, c 2008.P.230.

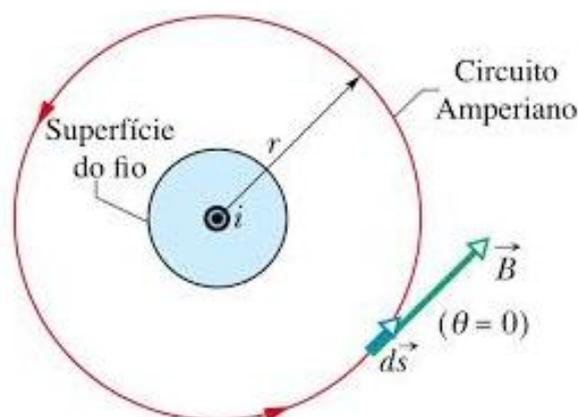
Para finalizar, resolve-se a Eq. (23) e, na hipótese do módulo de B ser positivo, o sentido escolhido estará correto, mas se B for negativo, ignora-se o sinal e considera o sentido oposto.

A lei de Ampère é utilizada em situações nas quais há simetria, com o objetivo de facilitar o cálculo do campo magnético produzido por corrente elétrica.

Campo Magnético ao Redor de um Fio Longo Retilíneo Percorrido por Corrente

O campo magnético ao redor de um fio retilíneo longo pode ser determinado por meio da lei de Ampère Eq. (22), devido à simetria cilíndrica existente nessa situação, como na Figura 10.

Figura 10: Utilizando a lei de Ampère para calcular o campo magnético produzido por uma corrente elétrica ao redor de um fio longo e retilíneo.



Fonte: HALLIDAY, D; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 3. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, c 2008.P.230.

Ao utilizar a lei de Ampère, é necessário envolver o fio pelo circuito amperiano, sendo \vec{B} e $d\vec{s}$ tangentes ao sentido de integração escolhido arbitrariamente e que, nesse caso, será o anti-horário, Fig. 10. Como \vec{B} e $d\vec{s}$ são paralelos entre si, o ângulo entre eles é 0° , assim sendo $\cos 0^\circ = 1$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint B \cos \theta ds = B \oint ds \Rightarrow B(2\pi r) = \mu_0 i_{env}$$

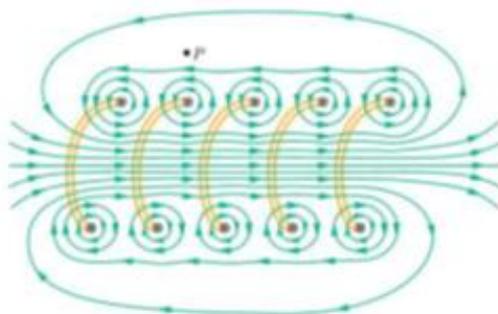
$$B = \frac{\mu_0 i_{env}}{2\pi r}. \quad (24)$$

Campo Magnético de um Solenoide

Outra situação em que a utilização da lei de Ampère é importante para facilitar os cálculos do campo magnético é no solenoide (bobina helicoidal com espiras muito próximas), considerando seu comprimento muito maior que o seu diâmetro.

Na Figura 11, tem-se um solenoide visto de perfil, com a representação do campo magnético por meio das linhas de campo, sendo essas: circulares nas proximidades da espira e quase paralelas no eixo, o espaçamento entre elas indica a intensidade campo magnético que, nesse caso, é mais intenso no interior do solenoide e menos intenso no exterior. Na situação limite de um solenoide ideal (infinitamente longo e com espiras muito próximas), o campo magnético no interior é paralelo e uniforme e em seu exterior ele é zero.

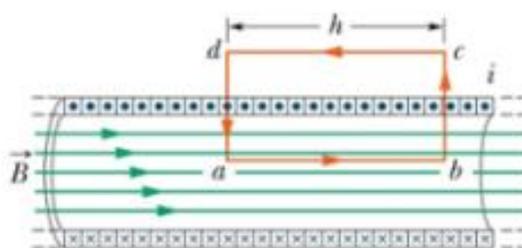
Figura 11: Solenoide visto de perfil, representação do campo magnético por meio das linhas de campo, sendo essas: circulares nas proximidades da espira e quase paralelas no eixo, o espaçamento entre elas indica a intensidade do campo magnético que, nesse caso, é mais intenso no interior do solenoide e menos intenso no exterior.



Fonte: HALLIDAY, D; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 3. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, c 2008.P.233.

O sentido do campo magnético é dado pela regra da mão direita, em que o polegar da mão direita é colocado no sentido da corrente elétrica e os demais dedos dão a volta no fio indicando o sentido do campo ao seu redor.

Figura 12: Utilizando a amperiana para o cálculo do campo magnético em um solenoide ideal, e nesse caso ela tem o formato retangular abcd.



Fonte: HALLIDAY, D; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 3. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, c 2008.P.234.

Aplica-se a lei de Ampère,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_{env}$$

na Figura 12 temos um solenoide ideal percorrido por uma corrente i , traçamos a amperiana (retângulo vermelho abcd), para calcular o campo magnético somaremos as integrais $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$ em cada um dos quatro segmentos da amperiana:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \int_a^b \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_b^c \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_c^d \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_d^a \vec{B} \cdot d\vec{s}, \quad (25)$$

na segunda e quarta integrais o resultado é zero pois B é perpendicular a ds , portanto, o produto escalar $\vec{B} \cdot d\vec{s}$ ($\cos 90^\circ = 0$) é zero. A terceira integral será igual a zero, por estar fora do solenoide $B = 0$. Na primeira integral (de a para b), o módulo do campo magnético B é uniforme e h é o comprimento (arbitrário), portanto, o valor de $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$ para toda a amperiana será Bh . A corrente total envolvida pela amperiana será igual $i(nh)$, sendo i a corrente elétrica do solenoide, n é o número de espiras por unidade de comprimento do solenoide e h o comprimento do segmento de reta da amperiana em que se está analisando

$$i_{env} = i(nh).$$

Para finalizar a aplicação da lei de Ampère no solenoide ideal, tem-se

$$\begin{aligned} \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_{env} &\Rightarrow Bh = \mu_0 i(nh) \\ B = \mu_0 in & \quad (26) \end{aligned}$$

obtive a Eq. (26), para um solenoide ideal, mas se aproxima do campo magnético para um solenoide real se for aplicada apenas a pontos internos bem afastados das extremidades do solenoide.

Campo Magnético de uma Espira Circular e Bobina

Como uma bobina não tem muita simetria e, por esse motivo, inviabilizaria a utilização da lei de Ampère e teria de recorrer à lei de Biot-Savart, o que dificultaria os cálculos. Com esse intuito se estudou a espira circular isolada da bobina, na qual há simetria, o que facilitaria a resolução dos cálculos para o campo magnético gerado apenas sobre um

eixo central a uma distância z da espira. Assim o campo magnético em uma espira circular será

$$B(z) = \frac{\mu_o iR^2}{2(R^2 + z^2)^{3/2}}, \quad (27)$$

onde R é o raio da espira e z é a distância. Para a situação de uma distância z muito maior que o raio R da espira, tem-se:

$$B(z) \approx \frac{\mu_o iR^2}{2z^3}, \quad (28)$$

em uma bobina de N espiras de mesmo raio, para calcularmos o campo magnético, sendo que a área A é πR^2 .

$$B(z) = \frac{\mu_o iR^2}{2z^3} \frac{\pi}{\pi}$$

$$B(z) = \frac{\mu_o NiA}{2\pi z^3} \quad (29)$$

Como o momento de dipolo magnético μ é igual à NiA e o campo magnético é paralelo ao momento de dipolo, então

$$\vec{B}(z) = \frac{\mu_o \vec{\mu}}{2\pi z^3} \quad (30)$$

dessa forma, calculou-se o campo magnético em uma bobina percorrida por uma corrente elétrica.

A Lei de Indução de Faraday

A relação entre um campo magnético variável que induz um campo elétrico capaz de produzir movimento ordenado de cargas elétricas (corrente elétrica) é chamada de lei de indução de Faraday.

Para o campo magnético induzir a corrente elétrica, é necessário a variação do fluxo magnético, sendo que esse fluxo magnético Φ_B é calculado como

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (31)$$

$d\vec{A}$ é um vetor de módulo dA perpendicular a um elemento de área. Dessa forma, aparece uma força eletromotriz induzida, que é o trabalho executado por unidade de carga para produzir corrente elétrica. A unidade de medida do fluxo magnético é o weber (Wb).

No caso de uma *espira estar sujeita a um campo magnético perpendicular ao seu plano*, teremos $B dA \cos 0^\circ = B dA$, sendo essa situação de máximo fluxo magnético.

Por meio do fluxo magnético, definiu-se a *lei de Faraday*, a qual diz que o módulo da força eletromotriz \mathcal{E} induzida em uma espira condutora é igual à variação do fluxo magnético que atravessa a espira em um determinado tempo

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad (32)$$

sendo que a força eletromotriz se opõe à variação do fluxo, por isso do sinal negativo. A unidade de medida da força eletromotriz é o volt (V).

Em caso de bobinas com N espiras idênticas, supondo que a taxa de variação do fluxo magnético seja igual para todas as espiras, então teremos

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad (33)$$

a força eletromotriz induzida total em uma bobina.

A lei de Faraday não explica o motivo da indução da força eletromotriz e da corrente elétrica, mas ajuda a visualizar o fenômeno da indução.

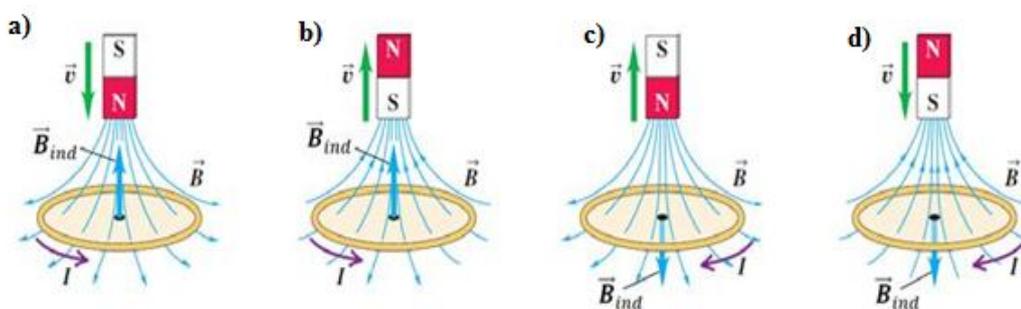
Lei de Lenz

Por meio da lei de Lenz, é possível determinar o sentido da corrente elétrica induzida em uma espira, sendo que o sentido dessa corrente é aquele que dá origem a um fluxo magnético induzido que sempre se opõe à variação do fluxo que lhe deu origem, essa lei é uma consequência da lei de conservação de energia.

Na Figura 13, há um ímã se movimentando em relação a uma espira circular, na qual é induzida uma corrente elétrica: a) ímã com polo norte voltado para uma espira circular se aproxima e induz a uma corrente elétrica, gerando assim um campo magnético B_{ind} que se opõe ao campo magnético do ímã, dificultando a aproximação; b) ímã se afastando da espira e induzindo a uma corrente elétrica que gera um campo magnético B_{ind} com polo magnético oposto ao campo magnético do ímã havendo uma atração magnética que dificulta o afastamento; nas situações c) e d) ocorrem processos semelhantes de aproximação e afastamento, mas invertendo a polaridade do ímã. Quando o ímã ou espira estão em repouso

um em relação ao outro e não há alteração das grandezas relativas à variação do fluxo magnético, não há corrente elétrica induzida na espira.

Figura 13: Ímã se aproximando e se afastando de uma espira condutora, produzindo um campo magnético B_{ind} que se opõe ao campo do ímã B , e induz à corrente elétrica na espira.



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, C. Indução Eletromagnética. Eletricidade e Magnetismo. São Paulo, 2017. Disponível em: < <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=1782526> >. Acesso em: 09/06/2020.

Capítulo 4

DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DAS AULAS E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

4.1. DESCRIÇÕES DA METODOLOGIA

Antes de iniciar o processo de “aplicação” das aulas, uma atividade motivadora foi proposta na semana cultural da escola, na qual foi convidado o professor Dr. Antônio Augusto Soares (UFSCar - Sorocaba) para realizar uma palestra explicando e esclarecendo dúvidas sobre vestibulares, Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e oportunidades em relação à bolsa de estudos. Tal atividade colaborou para que os alunos compreendessem mais sobre os processos seletivos, reafirmando a importância dos estudos e da escola.

A programação para a aplicação das aulas ficou organizada da seguinte maneira:

- quatro aulas de 50 minutos para **Mecânica - Energias**: em que foram abordados os conteúdos de energias cinética, potencial gravitacional e mecânica;
- quatro aulas de 50 minutos sobre **Física Térmica**: nelas foram abordados os conteúdos de calor, materiais condutores e isolantes, transmissão de calor e leis da termodinâmica;
- quatro aulas de 50 minutos sobre **Eletromagnetismo**: nelas foram abordados os conteúdos de campo magnético de um ímã, campo magnético em um fio retilíneo, polos magnéticos na espira, fluxo magnético, variação do fluxo e lei de Lenz.

Cada um desses blocos de aulas sobre determinado tema se iniciava e finalizava com questionários diagnósticos. Esses questionários (inicial e final) continham uma questão do ENEM (múltipla escolha) que era diferente do inicial para o final e as demais perguntas dissertativas eram iguais. Os questionários estão no Apêndice A e os resultados dessas atividades estão no capítulo cinco (próximo capítulo).

Como descrito anteriormente, utilizamos questões do Enem² nas atividades diagnósticas e durante as aulas, buscando auxiliá-los nos estudos preparatórios para o Exame Nacional do Ensino Médio. Em vista disso e com o intuito de identificar as possíveis colaborações realizadas nesse sentido, apontaremos na descrição da aplicação das aulas algumas competências/habilidades da *Matriz de Referência do Enem* (em anexo) que objetivamos contribuir para o desenvolvimento em determinadas atividades.

Essas aulas foram ministradas em um 3º ano do ensino médio (EM) no período da manhã, em uma escola estadual localizada na Zona Norte de Sorocaba, no mês de outubro de 2019. Essa turma era composta por 43 alunos e por meio dos comentários proferidos por eles durante as aulas e palestra, em média, metade da turma tinha interesse em realizar provas de vestibulares e quase todos pretendiam fazer a prova do Enem.

Ao longo do processo de aplicação das aulas, os alunos foram incentivados a interagirem de maneira a explicitarem suas dificuldades conceituais e procedimentais em relação às atividades, conteúdos abordados e afins com o objetivo de atuar na zona de desenvolvimento proximal, segundo a teoria vygostkyana.

Outro ponto importante foi a utilização de recursos materiais e metodológicos variados nas aulas, com o propósito de atender às necessidades diversas para a aprendizagem dos estudantes.

Nas sequências didáticas de Física Térmica e Eletromagnetismo foram realizadas atividades em grupos, esses temas são mais amplos e oferecem certa complexidade em seus conceitos, por esse motivo, optamos por realizarmos essa atividade na tentativa de haver maior colaboração para o aprendizado dos discentes, sendo mais um instrumento de mediação para o desenvolvimento dos conhecimentos conceitual, procedimental e atitudinal.

A proposta desse trabalho é voltada para atividades experimentais demonstrativas, com experimentos físicos e digitais (simuladores). Os simuladores educacionais

²A Matriz de Referência do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) de Ciências da Natureza e suas tecnologias está no anexo.

(experimentos digitais) foram utilizados nas aulas das sequências didáticas de forma demonstrativa sugerindo hipóteses e solicitando devolutiva dos alunos em relação aos conhecimentos espontâneos e em seguida os testando. Conversamos sobre as hipóteses que se confirmaram e as que não se confirmaram abrindo espaço para as reflexões, no sentido de contribuir para a reconstrução de conceito para interpretações mais científicas. Outro ponto importante em relação ao uso dos simuladores nas aulas, no qual os alunos foram incentivados³ (os que dispunham de acesso à internet) a entrarem no site para explorarem as simulações e os discentes que realizaram essa ação se mostraram motivados com os testes de hipóteses e respostas realizados nessa plataforma educacional - PhET Colorado.

As atividades experimentais (experimentos físicos e digitais) foram abordadas de forma qualitativa, praticamente sem ênfase matemática, mas posteriormente, nas sequências didáticas, foram retomados alguns conceitos considerados relevantes com o objetivo de formalização matemática.

Dessa maneira, acreditamos que as atividades experimentais, além do caráter motivador, podem colaborar para a construção de conceito científico dos discentes, pois essas atividades contaram com alguns momentos de interações dos alunos com os experimentos, com reflexões sobre o funcionamento e conexões com objetos de nosso cotidiano relacionados às atividades, dessa maneira, acreditamos que houve colaboração das metodologias escolhidas para o desenvolvimento do aprendizado dos educandos.

Abaixo segue a descrição de como foi a aplicação das aulas a partir de cada conteúdo, que são: Mecânica - Energia, Física Térmica e Eletromagnetismo.

4.1.1. MECÂNICA - ENERGIAS

1ª Aula:

Iniciamos o processo entregando aos alunos o *Questionário Inicial - Mecânica - Energias* (Apêndice A), que foi realizado individualmente com o objetivo de identificar as dificuldades de compreensão dos conceitos relacionados à conservação de energia. Os questionários diagnósticos (inicial e final) continham perguntas sobre energia cinética, energia

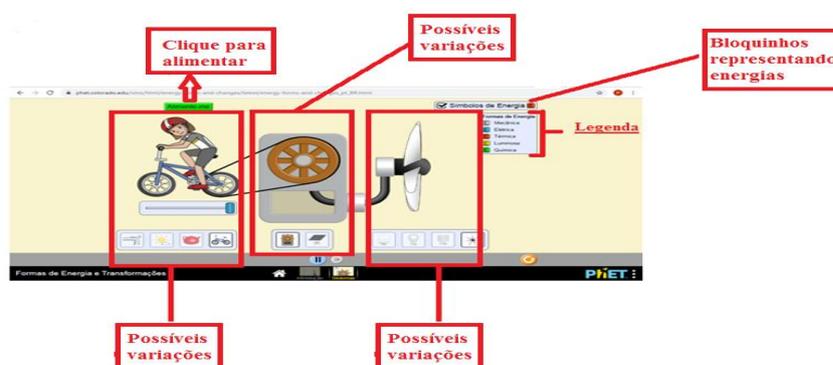
³Essa escola conta com apenas cinco computadores na sala de multimídias e mesmo esses se encontram com frequência em manutenção.

potencial gravitacional, energia mecânica, dissipação de energia, sendo que as questões do Enem abordavam as conversões de energia.

2ª Aula:

Como os três blocos de aulas tratavam sobre energias (Mecânica, Térmica e Elétrica), então, iniciamos o processo com a demonstração do simulador do PhET Física - Formas de Energias e Transformações, Figura 14, propondo a reflexão sobre as conversões das energias de forma mais generalizada.

Figura 14: Simulador do PhET Física - Formas de Energias e Transformações, propondo reflexões sobre as conversões das energias.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html. Acesso em: Agosto/2019.

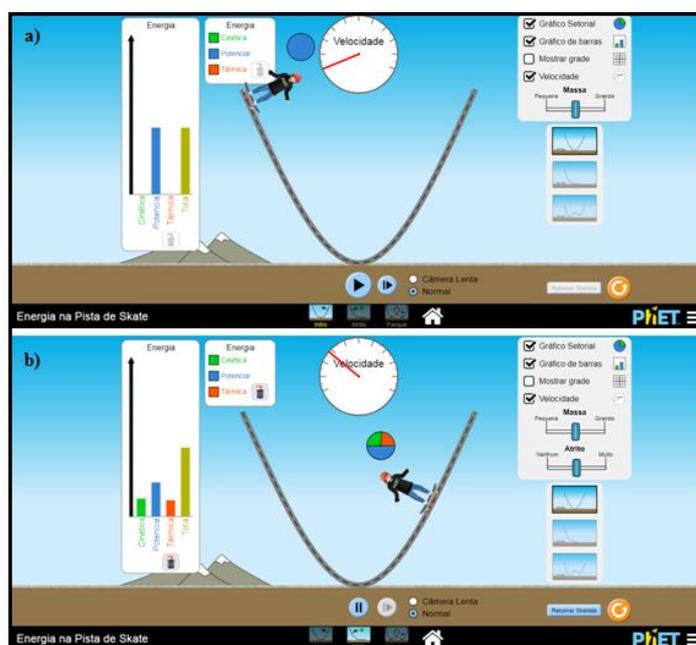
Nos momentos em que houve utilização de simulador nas aulas, foi sugerido que os alunos acessassem por meio de seus celulares o link disponibilizado e realizassem as simulações, mas é importante salientar que nem todos os alunos dispõem desse aparelho e de internet e em relação ao uso dos computadores da unidade escolar há dificuldades devido ao número muito reduzido de máquinas.

Foi possível perceber, por meio dos comentários, que os alunos consideraram relevante a exposição e reflexões sobre as simulações descritas anteriormente para revisarem conteúdos e terem mais clareza sobre a lei da conservação da energia.

Nessa mesma aula, foi apresentado o simulador do PhET - Física Energia na Pista de Skate, Figura 15, retomando os conceitos das energias: cinética, potencial gravitacional, mecânica e térmica (como dissipação de energia); foram propostas reflexões sobre a energia mecânica (as conversões e conservação de energia) e situações em que havia dissipação da energia, com a interpretação da animação e gráfico disponível no simulador. Nesse ponto, foi

sugerido que os alunos abrissem o simulador em seus celulares para que explorassem as possibilidades e alguns alunos ficaram bastante empolgados, e demonstraram que haviam gostado da experiência.

Figura 15: Simulador do PhET - Física Energia na Pista de Skate, retomando os conceitos das energias: cinética, potencial gravitacional, mecânica e térmica. Fases do mesmo simulador: em (a) nessa fase da simulação é desconsiderada a energia térmica (dissipação) no movimento do skatista; já na segunda fase do mesmo simulador (b), a energia térmica é considerada no movimento do skatista.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt_BR.html. Acesso em: Agosto/2019.

Ao longo das aulas de Mecânica, os alunos foram incentivados a interagir de maneira e explicitar suas dificuldades conceituais e procedimentais em relação às atividades propostas, conteúdos abordados e afins com o objetivo de atuar na zona de desenvolvimento proximal, segundo a teoria vygostkyana.

O simulador é uma importante ferramenta de mediação que colabora para a construção do conceito científico e esse foi utilizado nas aulas, embasado na teoria de Vygotsky descrita no capítulo dois desta dissertação.

Acreditamos que o uso do simulador do **PhET - Física Energia na Pista de Skate** colaborou para o desenvolvimento da competência/habilidade da *Matriz de Referência do Enem* (em anexo), descrita a seguir

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, Matriz de Referência Enem).

Para finalizar a aula foram feitas algumas formalizações, lembrando as equações das energias: cinética, potencial gravitacional e mecânica (ver Quadro 1), sendo esses conceitos trabalhados nas aulas de Mecânica. Segundo a tipologia de conteúdo de Zabala, um aspecto importante para haver maior assimilação dos conteúdos por parte dos alunos está na identificação e ênfase dos pontos principais de cada tema.

Quadro 1: Equações das energias: cinética, potencial gravitacional e mecânica, sendo esses conceitos trabalhados nas aulas de Mecânica - Energias.

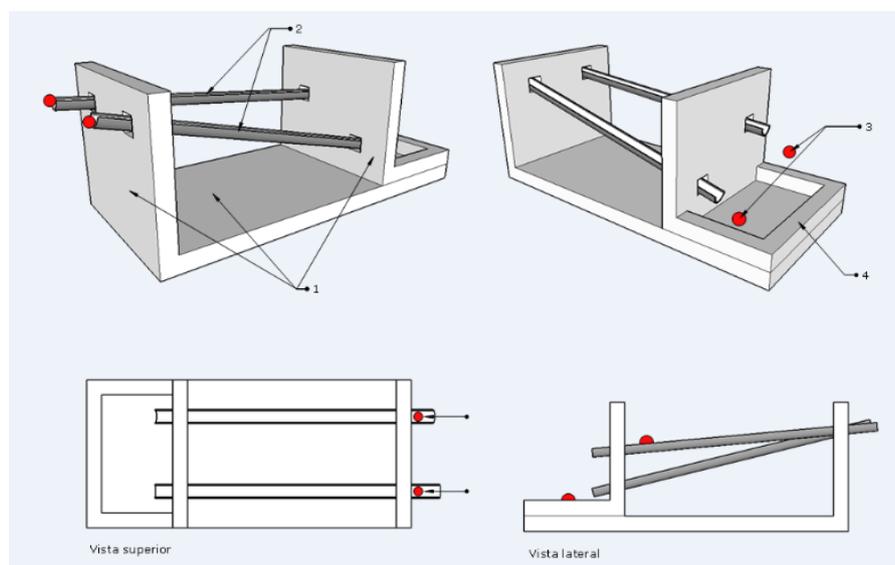
<p>Energia Cinética: relacionada ao movimento de um corpo e a velocidade é uma grandeza de grande importância para elevar significativamente essa energia</p> $K = \frac{m.v^2}{2} \quad (34)$ <p>Energia Potencial Gravitacional: está diretamente relacionada à posição da partícula em um sistema.</p> $U = m.g.h \Rightarrow g = \pm 10m/s^2 \quad (35)$ <p>Energia Mecânica: é a soma da energia cinética com uma energia potencial</p> $E_{mec} = K + U \quad (36)$ <p>Sistema Conservativo (sem atrito e arrasto): quando não atuam forças que dissipam a energia, como a força de atrito, resistência do ar:</p> $E_{mec \text{ início}} = E_{mec \text{ final}}$ $K_{início} + U_{início} = K_{final} + U_{final} \quad (37)$
--

3ª Aula:

Iniciamos essa aula explicando sobre o experimento **Montanha-Russa de papel cartão**, Figuras 16 e 17, o qual foi levado para a aula já montado para “poupar” tempo e tendo como principal objetivo demonstrar as transformações de energias mecânicas em um sistema real.

A atividade experimental **Montanha-Russa de papel cartão** foi desenvolvida de forma demonstrativa de acordo com o que foi relatado no capítulo dois, segundo Araújo e Abib (2003, p. 182), esse tipo de atividade é benéfica no contexto educacional, dentre os aspectos destacados estão: possibilita **ilustrar um determinado fenômeno**, geralmente demandam um **pequeno tempo de realização**, podem ser **facilmente integradas a uma aula**, **despertar o interesse do aluno** para o tema que será abordado, entre outros.

Figura 16: Esquema exemplificando o experimento montanha-russa de papel cartão, sendo: (1) estrutura da montanha-russa feita de isopor, (2) canaletas de papel cartão com inclinações diferentes, (3) bolinhas de silicone - projétil e (4) barreira de contenção do projétil.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 17: Montanha-russa finalizada com duas rampas de inclinações diferentes para testar a Energia Mecânica, construída com isopor e papel cartão.



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao demonstrar o experimento foram propostas algumas reflexões, descritas a seguir:

- comparação entre as duas rampas (mais inclinada com a menos inclinada), em qual delas a bolinha chegará ao final com maior energia cinética e, conseqüentemente, maior velocidade?
- em uma montanha-russa de parque de diversões, após o início do movimento é possível que o carrinho se movimente sem motor algum?

Durante a demonstração do experimento foi pedido aos alunos que se levantassem de suas cadeiras para visualizarem melhor a atividade, em seguida foi pedido que testassem a queda dos projéteis para refletirem e realizarem as comparações propostas anteriormente pela professora e as hipóteses dos próprios estudantes.

Ao final dessa sequência didática, conversamos um pouco sobre os critérios de correção das provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Nessa sequência de aulas sobre Mecânica - Energias, optou-se por trabalhar as interações entre os alunos e entre professor - aluno durante as aulas por meio de questionamentos e reflexões, não havendo atividades em grupos, acreditando que as atividades propostas seriam suficientes para explicar os conceitos abordados.

4ª Aula:

Resolução do *Questionário Final - Mecânica - Energias* (Apêndice A) e foi encerrada a primeira etapa de aplicação das aulas com alguns questionamentos gerais, tais como:

- Ficou clara a conservação de energia mecânica?
- A aula foi agradável?
- Foi possível compreender algo que vocês tinham dúvidas ou que não haviam aprendido?

Nessa etapa, três alunos se prontificaram a gravarem áudios dos relatos, elogiando as aulas e expressando o posicionamento positivo em relação à colaboração para os estudos dos vestibulares e ENEM.

4.1.2. FÍSICA TÉRMICA

Ao longo das aulas de Física Térmica, os alunos foram incentivados a interagirem de maneira e explicitarem suas dificuldades conceituais e procedimentais em relação às

atividades propostas, conteúdos abordados e afins com o objetivo de atuar na zona de desenvolvimento proximal, segundo a teoria vygostkyana.

1ª Aula:

Iniciamos o processo entregando aos alunos o ***Questionário Inicial - Física Térmica*** (Apêndice A), que foi realizado individualmente, com o objetivo de identificar as dificuldades de compreensão dos conceitos relacionados à Física Térmica. Os questionários diagnósticos (inicial e final - Apêndice A) continham perguntas sobre: calor, equilíbrio térmico, leis da termodinâmica e máquinas térmicas, sendo que as questões do ENEM abordavam: calor de transformação (calor latente) e segunda lei da termodinâmica. Após a aplicação do questionário, houve tempo da aula para a demonstração do experimento ***Minigerador Termoelétrico***, Figuras 18 e 19.

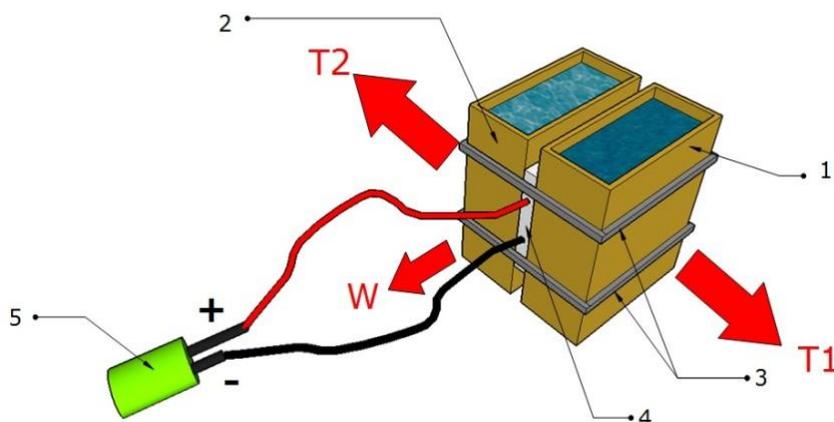
A atividade experimental ***Minigerador Termoelétrico*** foi desenvolvida de forma demonstrativa de acordo com o que foi relatado no capítulo dois. Segundo Araújo e Abib (2003, p. 182), esse tipo de atividade é benéfica no contexto educacional. Dentre os aspectos destacados estão: possibilita **ilustrar um determinado fenômeno**, geralmente demanda um **pequeno tempo de realização**, pode ser **facilmente integrada a uma aula**, **desperta o interesse do aluno** para o tema que será abordado, entre outros.

Figura 18: Experimento Minigerador Termoelétrico em funcionamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 19: Esquema da montagem experimental do Minigerador Termoelétrico (1) lata de azeite com água quente, (2) lata de azeite com água fria, (3) elásticos, (4) placa termoelétrica - Peltier com camada de pasta térmica em cada face da placa - face que esquenta e a que esfria e (5) LED.



Fonte: Elaborado pela autora.

O experimento é uma importante ferramenta de mediação que colabora para a construção do conceito científico e esse foi utilizado na aula embasado na teoria de Vygotsky descrita no capítulo dois dessa dissertação.

Foi organizado todo o material da atividade experimental com o auxílio de alguns alunos, colocamos a água quente⁴ em um dos reservatórios e a fria no outro⁵, Figura 20. Após realizar esse procedimento, percebemos que a lâmpada LED não acendeu. Então, foi explicado como era para funcionar o experimento e conversamos sobre os possíveis motivos de não ter operado dessa maneira. Aproveitou-se a oportunidade para dialogar com os estudantes sobre as atividades experimentais e a importância de reconhecermos que o não funcionamento do mesmo pode ocorrer com certa frequência, inclusive a prática laboratorial realizada pelos cientistas é muitas vezes baseada em tentativas e essas são essenciais para se obter resultados positivos, e que nas aulas, muitas vezes, o não funcionamento proporciona maior busca, sendo muito enriquecedor no que diz respeito ao aprendizado. Mas mesmo após essa explanação e diálogo foi possível perceber algumas expressões faciais céticas, porém não havia muito a se fazer nesse dia porque logo a aula se encerrou devido ao tempo.

⁴Observação: nesse experimento, a professora teve o cuidado de pedir para os estudantes se afastarem ao colocar a água quente com receio que respingasse e os machucasse.

⁵Fomos até o refeitório da escola para a demonstração do experimento, haviam vários motivos para nos deslocarmos até esse local, mas o principal era a proximidade da cozinha, de onde se conseguiria água fervente e o gelo havia sido levado da casa da professora em uma bolsa térmica.

Figura 20: Demonstração do experimento Minigerador Termoelétrico.

Diante da aparente frustração dos alunos por causa do não funcionamento do experimento, a professora testou-o em sua casa e para evitar novamente os deslocamentos dos materiais e dos alunos até o refeitório, ela gravou um vídeo demonstrando o experimento em funcionamento e levou-o na próxima aula.

2ª Aula:

Essa aula iniciou com o vídeo do experimento em funcionamento, foi possível perceber que alguns alunos ficaram satisfeitos com a visualização desse vídeo, mas outros se mostraram um pouco descrentes pela não visualização presencial.

Logo depois, iniciamos a aula teórica explicando sobre a primeira e a segunda lei da termodinâmica, Quadro 2 e Figura 21, e ciclos termodinâmicos, dando mais ênfase para o ciclo Otto e Diesel, evidenciando os tempos do motor a combustão interna (ciclo Otto) e seu diagrama pV.

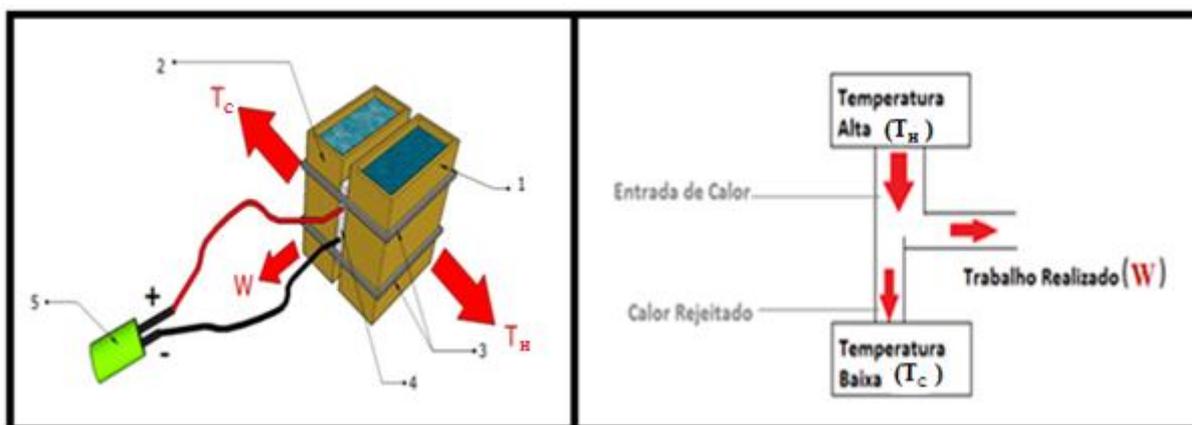
Quadro 2: Fórmulas - Termodinâmica.

1ª Lei da Termodinâmica	$\Delta E_{int} = Q - W$
Rendimento de uma Máquina Térmica	$\eta = \frac{W}{Q_H}$

Após a explicação da primeira lei da termodinâmica, e realizada a associação com a lei de conservação de energia, uma aluna disse que não havia compreendido, então, foram retomados se exemplificando os conceitos, desse modo, ela relacionou essa conservação de energia com a apresentada nas aulas anteriores por meio dos gráficos que apareciam no simulador do PhET - Física Energia na Pista de Skate, como cita Young e Freedman (2008, p. 230) “[...] a energia nunca pode ser criada ou destruída; ela pode apenas mudar de uma forma para outra”.

Nesse ponto, foi possível identificar na medida em que a aluna conseguiu associar uma explicação da professora com um gráfico (que é um signo), os indícios de que houve uma apropriação do conceito que estava se tentando explicitar. O gráfico deixou de ser um instrumento e passou a ser um signo (instrumento simbólico).

Figura 21: Esquema ilustrativo mostrando a montagem do experimento e comparando com o funcionamento das máquinas térmicas. O sistema é composto por (1) lata de azeite com água quente, (2) lata de azeite com água fria, (3) elásticos, (4) placa termoeétrica - Peltier com camada de pasta térmica em cada face da placa - face que esquenta e a que esfria e (5) LED.

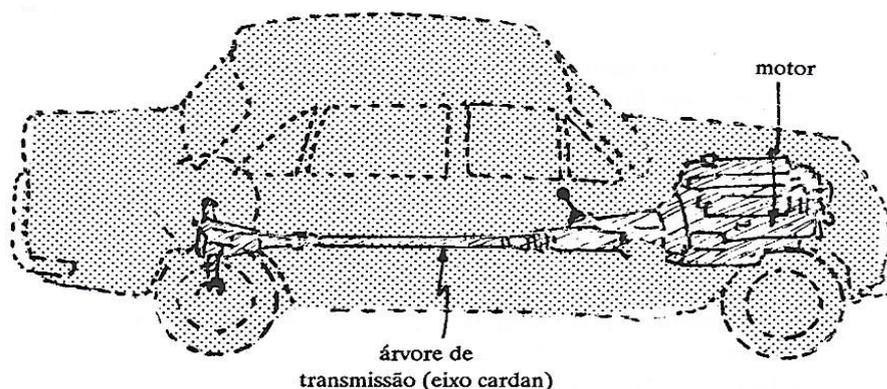


Fonte: Elaborado pela autora.

Motor de Combustão Interna e seu Ciclo Termodinâmico:

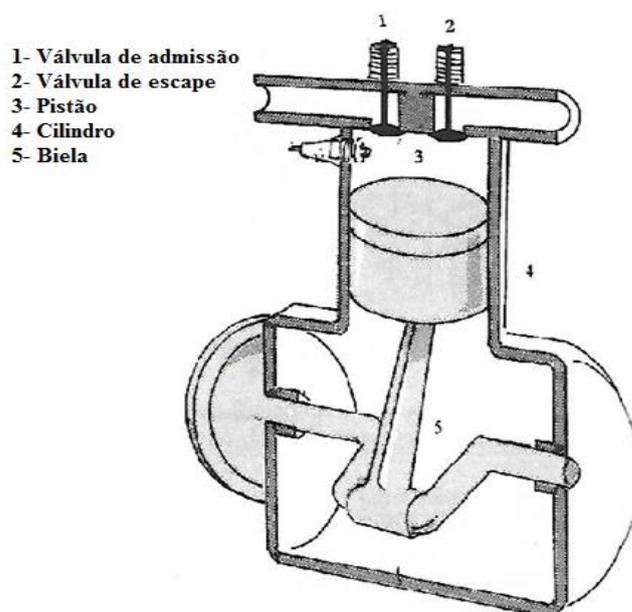
Nessa etapa, identificamos em um determinado carro o local do motor, Figura 22, e, resumidamente, como ocorria a transmissão do movimento para as rodas desse carro, e as principais peças que compõem o motor, Figura 23. Logo após, foram demonstradas várias imagens e animações sobre os quatro tempos do motor a combustão interna (gasolina e diesel).

Figura 22: Esquema do motor e o eixo de transmissão do movimento para as rodas.



Fonte: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Física 2: Física Térmica/ Óptica. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

Figura 23: Representação simplificada de um motor a combustão interna.



Fonte: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Física 2: Física Térmica/ Óptica. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

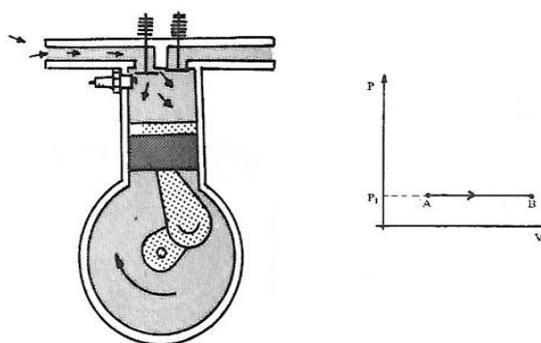
Tempos do Motor a Combustão Interna - Ciclo de Otto

A seguir serão apresentados os tempos de um motor a combustão interna do ciclo Otto.

1º Tempo

Nessa etapa, a válvula de admissão abre para a entrada da mistura de ar e combustível ser injetada no cilindro do motor, ocorrendo uma expansão à pressão constante (processo termodinâmico isobárico). Na Figura 24 temos a representação do primeiro tempo do motor e o diagrama pV ideal dessa etapa do processo.

Figura 24: Representação esquemática do primeiro tempo no funcionamento do motor e o diagrama pV ideal dessa etapa do processo termodinâmico.

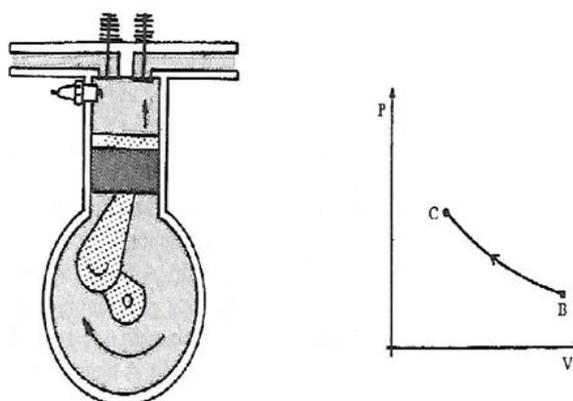


Fonte: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Física 2: Física Térmica/Óptica. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

2º Tempo

Nessa etapa, há a compressão da mistura de ar e combustível, sendo um processo adiabático enquanto o volume diminui, a pressão e a temperatura aumentam. Na Figura 25 temos a representação do segundo tempo do motor e o diagrama pV ideal dessa etapa do processo.

Figura 25: Representação esquemática do segundo tempo no funcionamento do motor e o diagrama pV ideal dessa etapa do processo termodinâmico.

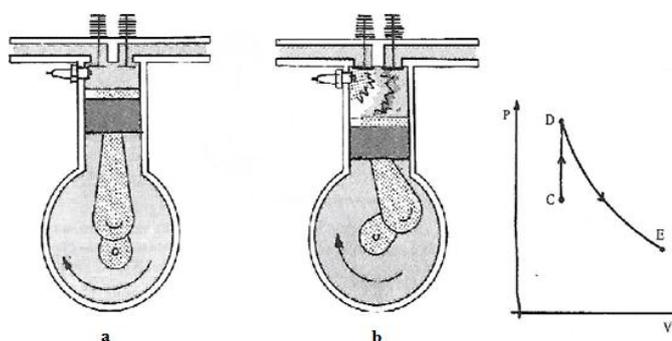


Fonte: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Física 2: Física Térmica/ Óptica. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

3º Tempo

No terceiro tempo ocorrem: a máxima compressão da mistura (ar e combustível) e a ignição da vela (dispositivo faiscador), na qual provocará a explosão. Em um ciclo ideal, na etapa de *máxima compressão*, o volume fica praticamente constante e ocorre um grande aumento da temperatura e da pressão; na *explosão*, o volume aumenta e a pressão e temperatura diminuem, nesse tempo o motor realiza trabalho. Na Figura 26, temos a representação do terceiro tempo do motor e o diagrama pV ideal dessa etapa do processo.

Figura 26: Representação esquemática do terceiro tempo no funcionamento do motor, em que: (a) *máxima compressão* e (b) *explosão*, diagrama pV ideal dessas etapas do processo termodinâmico.

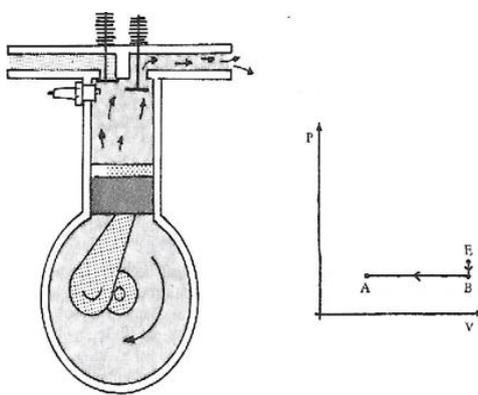


Fonte: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Física 2: Física Térmica/ Óptica. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

4º Tempo

Nessa etapa, ocorre a abertura da válvula de escape - primeiro o volume permanece o mesmo e a pressão diminui, e posteriormente o volume diminui a pressão fica praticamente constante. Na Figura 27, temos a representação do quarto tempo do motor e o diagrama pV ideal dessa etapa do processo.

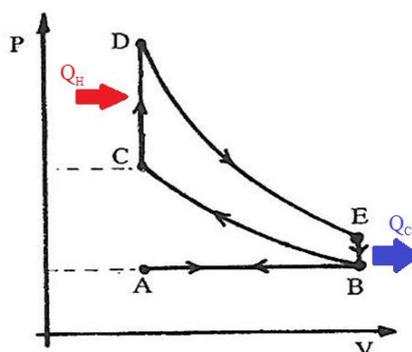
Figura 27: Representação esquemática do quarto tempo no funcionamento do motor e o diagrama pV ideal dessa etapa do processo termodinâmico - primeiro o volume permanece o mesmo e a pressão diminui, e posteriormente o volume diminui a pressão fica praticamente constante.



Fonte: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Física 2: Física Térmica/ Óptica. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

A seguir temos a representação completa do diagrama pV ideal do motor a combustão interna - ciclo Otto, Figura 28, em destaque calor recebido “fontes quente” (C→D) e calor cedido “fonte fria” (E→B).

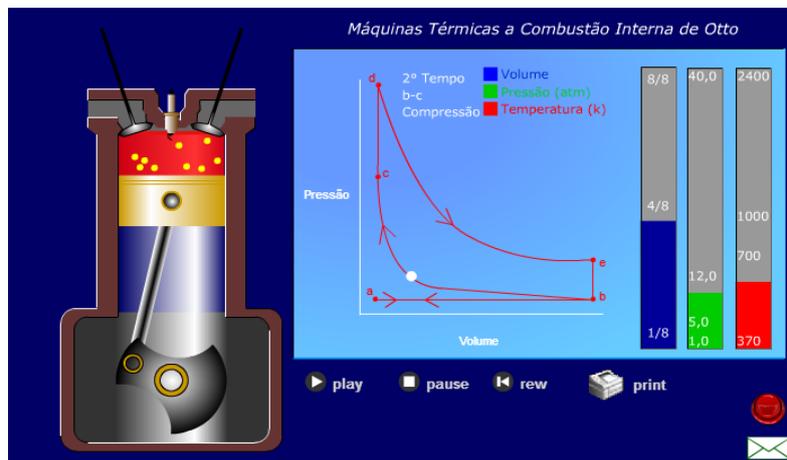
Figura 28: Representação do ciclo Otto.



Fonte: Adaptado de GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Física 2: Física Térmica/ Óptica. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

Logo após, foram passadas duas animações sobre o ciclo de Otto (Figura 29) e outra do ciclo Diesel (Figura 30) e foram comparadas algumas etapas que diferem um motor do outro, sendo que no Diesel não é necessário vela de ignição para a explosão.

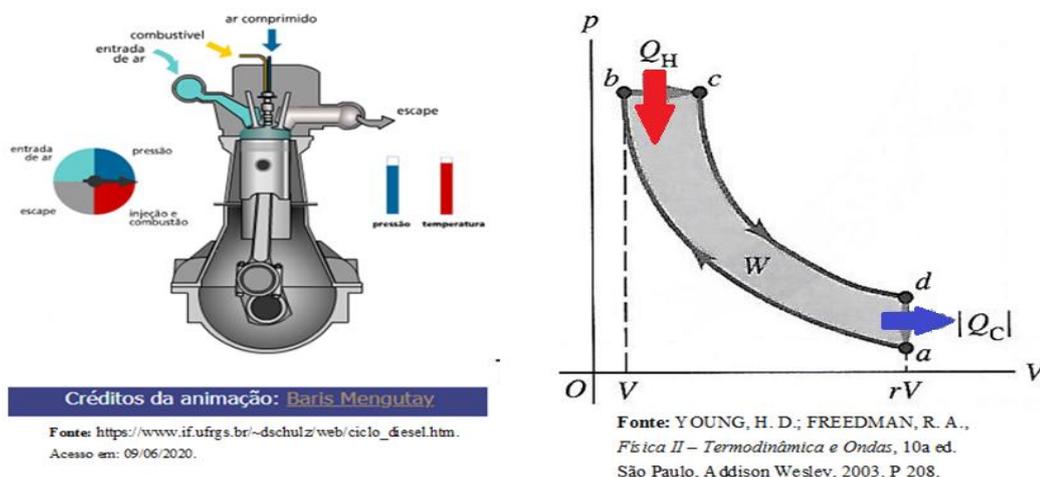
Figura 29: Animação com o ciclo do motor Otto e seu diagrama pV.



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/termodinamica/motor.html>. Acesso em: 09/06/2020.

Na Figura 30, temos a imagem de uma animação sobre os tempos do ciclo Diesel e seu diagrama pV idealizado, sendo que uma das principais diferenças desse para o ciclo Otto é o processo de admissão e explosão, em que no ciclo Diesel, quando a válvula de admissão se abre, há a entrada apenas do ar que será comprimido até a capacidade máxima, elevando assim a temperatura e só, então, o combustível será injetado, provocando a explosão da mistura (ar e combustível), não sendo necessário dispositivo faiscador (vela) para a ignição. No diagrama pV ideal estão destacados a entrada de calor no sistema “fonte quente” e a saída do calor do sistema (escape do gás) “fonte fria”.

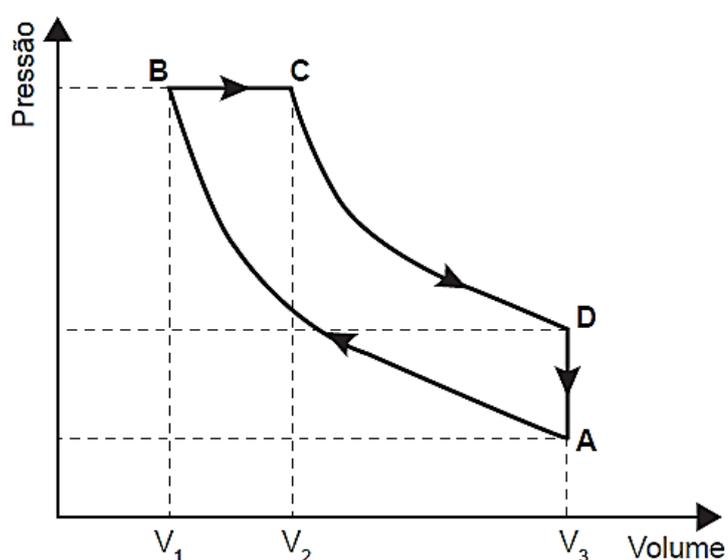
Figura 30: Animação com o ciclo do motor Diesel e o diagrama pV idealizado.



3ª Aula:

Iniciamos essa aula resolvendo uma questão do Enem sobre ciclos do motor Diesel, onde se faz uma análise do diagrama pV desse ciclo. Abaixo está apresentada a questão do Enem trabalhada em sala.

Questão Enem - Rudolf Diesel patenteou um motor à combustão interna de elevada eficiência, cujo ciclo está esquematizado no diagrama pressão x volume. O ciclo Diesel é composto por quatro etapas, **duas** das quais são **transformações adiabáticas**. O motor de Diesel é caracterizado pela compressão de ar apenas, com a injeção do combustível no final.



No ciclo Diesel, o calor é absorvido em:

- A) $A \rightarrow B$ e $C \rightarrow D$, pois em ambos ocorre realização de trabalho.
- B) $A \rightarrow B$ e $B \rightarrow C$, pois em ambos ocorre elevação da temperatura.
- C) $C \rightarrow D$, pois representa uma expansão adiabática e o sistema realiza trabalho.
- D) $A \rightarrow B$, pois representa uma compressão adiabática em que ocorre elevação da temperatura.
- E) $B \rightarrow C$, pois representa expansão isobárica em que o sistema realiza trabalho e a temperatura se eleva.

Resolução: alternativa E

Acreditamos que essa sequência de aulas sobre Física Térmica colabore para o desenvolvimento da competência/ habilidade da *Matriz de Referência do Enem* (em anexo) descrita a seguir

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e (ou) do eletromagnetismo (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, Matriz de Referência Enem).

Finalizamos essa aula com uma atividade em grupo, onde pedimos aos alunos que se organizassem em pequenos grupos de no máximo cinco participantes, com a finalidade de possibilitar que a professora se dedicasse a compreender as dificuldades dos discentes e esclarecesse as dúvidas. Outro ponto importante dessa proposta em grupo está no caráter potencializador das interações sociais.

As imagens a seguir são de animações disponíveis na internet, que foram selecionadas para serem apresentadas aos alunos previamente à atividade em grupo, sugerindo reflexões sobre semelhanças e diferenças sobre diversas máquinas térmicas, entre elas, estão: eolípila (Figura 31), locomotiva a vapor (Figura 32), motor a combustão interna (Figura 33), usina termoelétrica (Figura 34) e termonuclear (Figura 35).

Eolípila

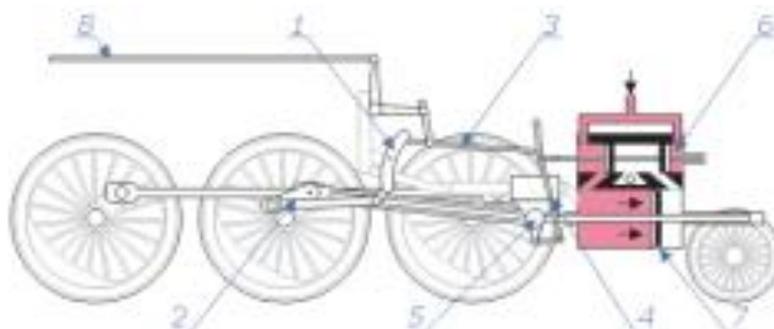
Figura 31: Eolípila em funcionamento.



Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/98/Steam_Engine.ogv/220px--Steam_Engine.ogv.jpg. Acesso em: Agosto/2019.

Locomotiva a vapor

Figura 32: Parte de uma locomotiva a vapor em movimento.



Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/dc/Steam_locomotive_work.gif/332px-Steam_locomotive_work.gif. Acesso em: Agosto/2019.

Motor a Combustão Interna

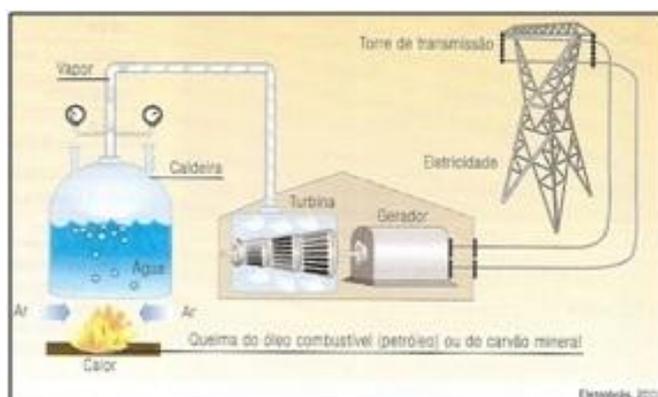
Figura 33: Motor a combustão interna e os tempos de funcionamento.



Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/dc/4StrokeEngine_Ortho_3D_Small.gif/220px-4StrokeEngine_Ortho_3D_Small.gif. Acesso em: Agosto/2019.

Termoelétrica

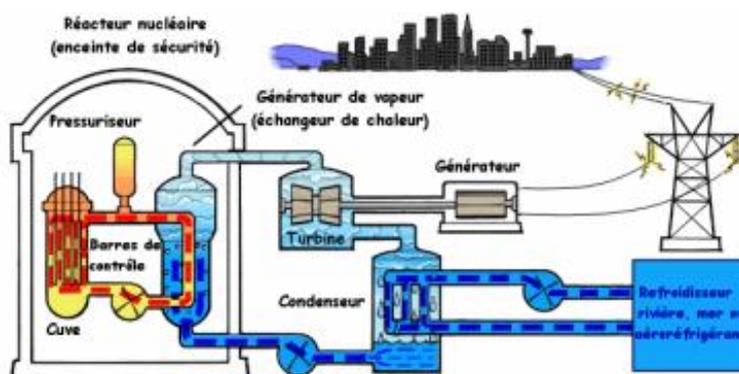
Figura 34: Esquema ilustrando o funcionamento de uma termoelétrica.



Fonte: <https://loos.prof.ufsc.br/ensino/curiosidades/>. Acesso em: Agosto/2019.

Termonuclear

Figura 35: Esquema ilustrando o funcionamento de uma termonuclear.



Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9c/Reacteur_eau_pressurisee.gif/380px-Reacteur_eau_pressurisee.gif. Acesso em: Agosto/2019.

4ª Aula:

Iniciamos essa aula com a retomada das imagens expostas na aula anterior e, em seguida, foram propostas três questões descritas a seguir para os grupos conversarem, refletirem e responderem em conjunto.

- *Todas são máquinas térmicas?*
- *Em todas as demonstrações o trabalho mecânico é utilizado para realizar algo?*
- *Explique de forma resumida o funcionamento de a usina termonuclear e termoelétrica? Explique a diferença entre essas usinas.*

Logo após a finalização da atividade anterior, entregamos para os alunos o **Questionário Final - Física Térmica** (Apêndice A) e encerramos a segunda etapa de aplicação das aulas.

4.1.3. ELETROMAGNETISMO

Ao longo das aulas de Eletromagnetismo, os alunos foram incentivados a interagirem de maneira a explicitarem suas dificuldades conceituais e procedimentais em relação às atividades propostas, conteúdos abordados e afins com o objetivo de atuar na zona de desenvolvimento proximal, segundo a teoria vygostkyana.

Acreditamos que essa sequência de aulas sobre Eletromagnetismo colabore para o desenvolvimento da competência/ habilidade da *Matriz de Referência do Enem* (em anexo) descrita a seguir

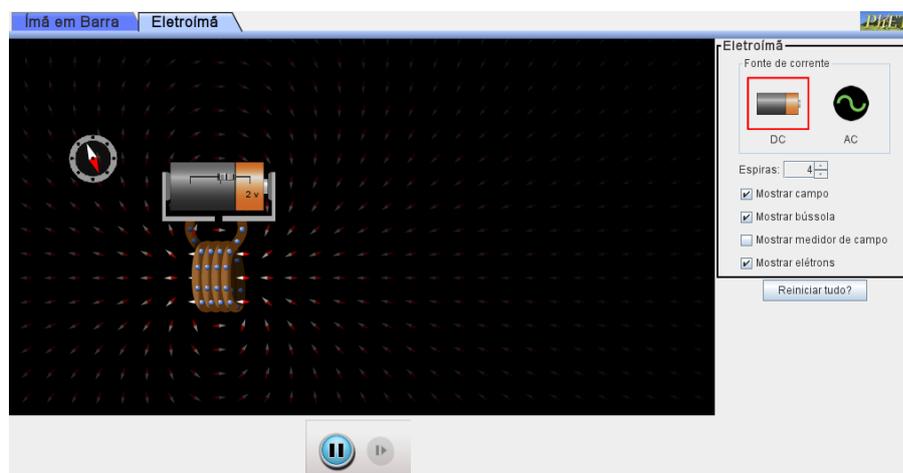
Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e (ou) do eletromagnetismo (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, Matriz de Referência Enem).

1ª Aula:

Iniciamos o processo entregando aos alunos o **Questionário Inicial - Eletromagnetismo** (Apêndice A), que foi realizado individualmente, com o objetivo de identificar as dificuldades de compreensão dos conceitos relacionados ao eletromagnetismo. Os questionários diagnósticos (inicial e final) continham perguntas sobre: campo magnético no ímã e no fio retilíneo infinito condutor de corrente elétrica, indução eletromagnética e conversões de energias nas usinas hidrelétricas. Nas questões do Enem eram abordados os seguintes temas: tipos de usinas de “produção” de energia e modalidades de energias presentes em uma situação descrita no exercício.

Após a aplicação do questionário foi apresentado o simulador Imãs e Eletroímãs, Figura 36, no qual temos as demonstrações do campo magnético de um ímã em barra e de um eletroímã.

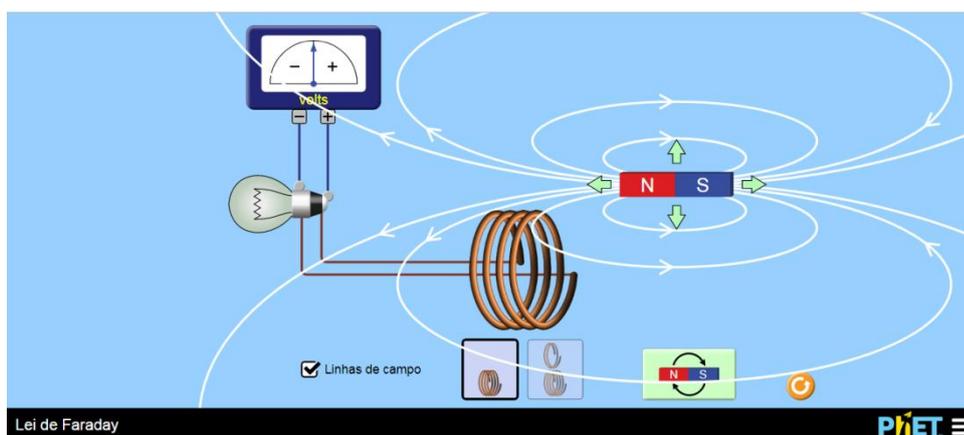
Figura 36: Simulador PhET - Imãs e Eletroímãs.

Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=magnets-and-electromagnets&locale=pt_BR. Acesso em: Agosto/2019.

O simulador é uma importante ferramenta de mediação, que colabora para a construção do conceito científico, e que foi utilizado na aula embasado na teoria de Vygotsky descrita no capítulo dois desta dissertação.

2ª Aula:

Iniciamos essa aula demonstrando para a turma outro simulador que mostra a aplicação da lei de Faraday - indução eletromagnética, Figura 37.

Figura 37: Simulador PhET - lei de Faraday - indução eletromagnética.

Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.html. Acesso em: Agosto/2019.

Observamos em todas as aulas, nas quais foram utilizados os experimentos virtuais (simuladores), que os alunos ficaram bastante interessados e motivados em testar as hipóteses oferecidas nesses sistemas.

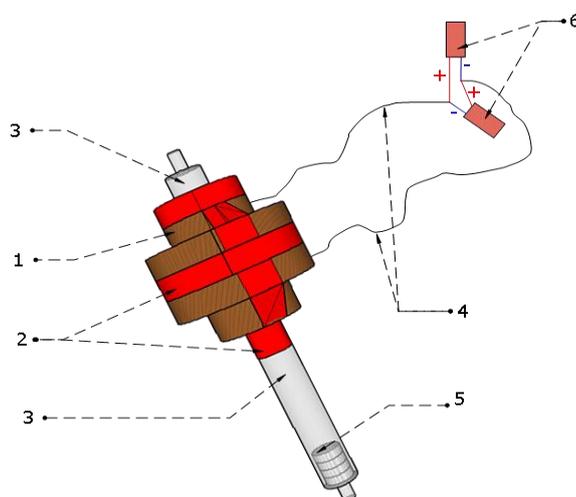
Em seguida, foi demonstrado e disponibilizado o experimento *Gerador de Indução Eletromagnética* para os alunos manipularem, Figuras 38 e 39, o qual, ao oscilá-lo, o imã (imã de neodímio) na parte interna da bobina induz uma corrente elétrica no fio que acenderá a lâmpada LED.

Figura 38: Experimento Gerador de Indução Eletromagnética.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 39: Montagem do experimento (1) bobina de fio de cobre esmaltado enrolado sobre cilindro de seringa, (2) fita adesiva para segurar a bobina e não desmontar, (3) dois cilindros de seringas que formam a estrutura do gerador, (4) extremidades da bobina, (5) super ímãs e (6) dois LEDs associados.



Fonte: Elaborado pela autora.

A atividade experimental *Gerador de Indução Eletromagnética* foi desenvolvida principalmente de forma demonstrativa de acordo com o que foi relatado no capítulo dois. Segundo Araújo e Abib (2003, p. 182), esse tipo de atividade é benéfica no contexto educacional, dentre os aspectos destacados, estão: possibilita **ilustrar um determinado**

fenômeno, geralmente demandam um **pequeno tempo de realização**, pode ser **facilmente integradas a uma aula, desperta o interesse do aluno** para o tema que será abordado, entre outros.

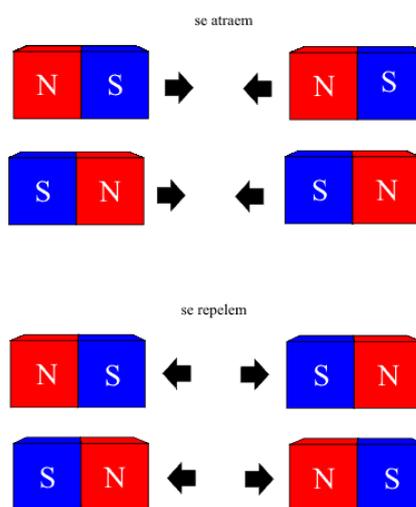
Durante a demonstração, os alunos foram questionados sobre os motivos de, por exemplo:

- Como se consegue “gerar” campo magnético ao redor de um fio?
- Como é possível conseguir acender o LED do experimento demonstrado?

E então formalizamos a explicação dos conceitos envolvidos nas demonstrações, iniciando com o campo magnético no ímã e as interações entre ímãs.

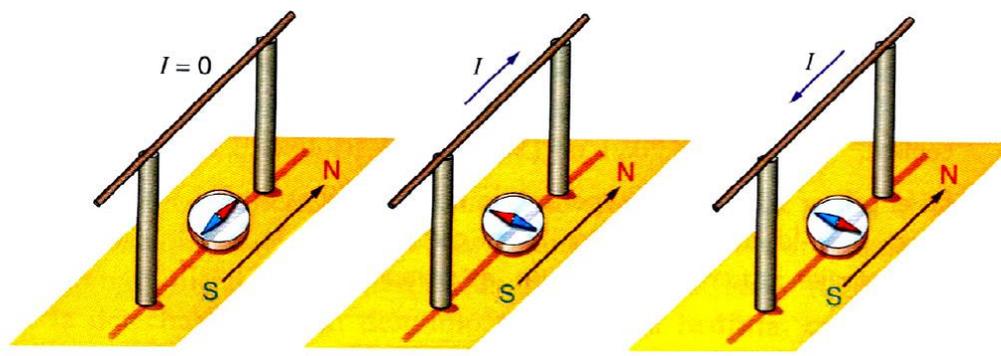
Foi demonstrada e explicada para os alunos a Figura 40 sobre a interação magnética entre ímãs em barras (campo e força magnética).

Figura 40: Interação entre ímãs (campo magnético).



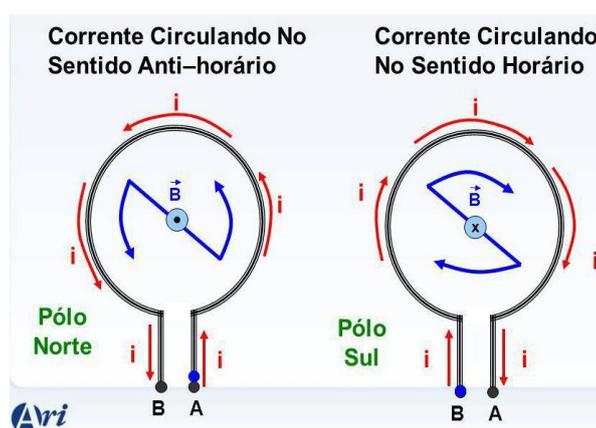
Fonte: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/CampoMagnetico/figuras/ima1.gif>. Acesso em: 09/06/2020.

Em seguida, foi falado sobre o experimento de Oersted (campo magnético ao redor do fio retilíneo e infinito) e a regra da mão direita, Figura 41.

Figura 41: Experimento de Oersted.**Fonte:**

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQ5ySCpb2Fo30OtgIclpqabNti4veVdeZuZh8Q5J31GNXCz2o4&usqp=CAU>. Acesso em: 09/06/2020.

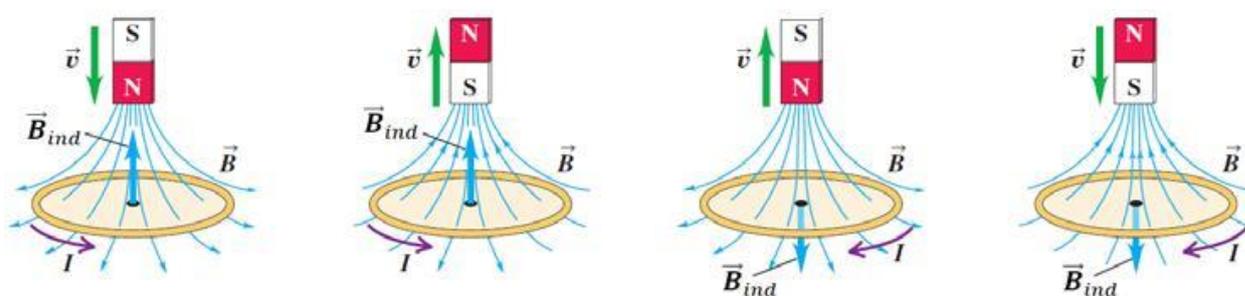
Foi abordada a polaridade do campo magnético em uma espira circular, gerada por sua corrente elétrica, Figura 42.

Figura 42: Campo magnético em uma espira circular.**Fonte:**

<https://slideplayer.com.br/slide/1670844/6/images/33/7.1.+P%C3%B3los+Magn%C3%A9ticos+da+Espira.jpg>. Acesso em: 09/06/2020.

Explicamos sobre o fluxo magnético através de uma espira e a variação de fluxo magnético, que induz na mesma uma força eletromotriz (fem), seguido da lei de Lenz, Figura 43.

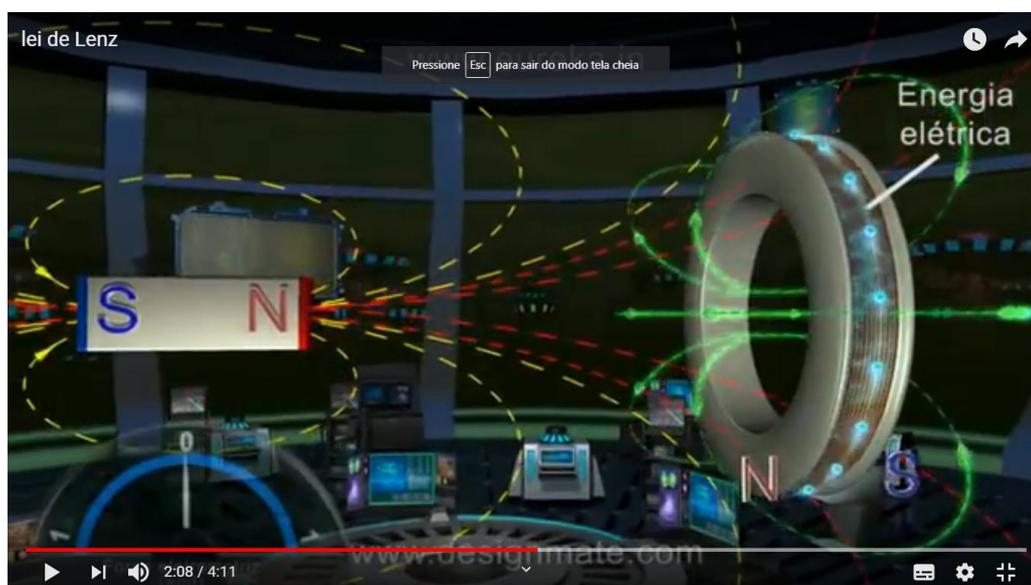
Figura 43: Imã se aproximando e afastando de uma espira condutora produzindo um campo magnético B_{ind} que se opõe ao campo do imã B e induz a corrente elétrica na espira.



Fonte: OLIVEIRA, C. Indução Eletromagnética. Eletricidade e Magnetismo. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=1782526>>. Acesso em: 09/06/2020.

A aula expositiva foi finalizada com a apresentação de um vídeo sobre a lei de Lenz, Figura 44.

Figura 44: Cópia da tela do vídeo explicativo sobre a lei de Lenz.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc>. Acesso em: 09/06/2020.

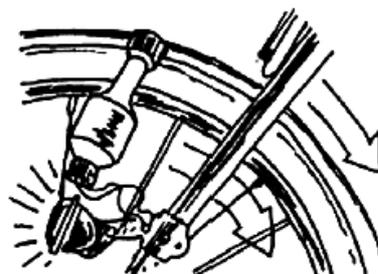
3ª Aula:

Iniciamos essa aula refletindo e resolvendo com a turma uma questão do Enem (apresentada a seguir) sobre indução eletromagnética em um dínamo de bicicleta.

Questão Enem: Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um ímã e uma bobina.

O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a

- corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
- corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.



Disponível em: <http://www.if.usp.br>.
Acesso em: 1 maio 2010.

Resolução: Alternativa e

Para a próxima atividade foi pedido que formassem pequenos grupos de no máximo cinco alunos, e, em seguida, foi feita a leitura do resumo do artigo científico: **Energia e sociedade**, de Joaquim Francisco de Carvalho⁶ (Apêndice A), e apresentado gráficos⁷ (Apêndice A) da relação entre o consumo energético de um país e seus índices socioeconômicos. Então, partindo dessas informações foram propostas duas perguntas.

As perguntas feitas aos alunos para a atividade em grupo foram:

- Segundo os gráficos, quais as relações entre o uso da energia per capita ano com expectativa de vida, mortalidade infantil e analfabetismo?
- (ENEM) As sociedades modernas necessitam cada vez mais de energia. Para entender melhor a relação entre desenvolvimento e consumo de energia, procurou-se relacionar o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de vários países com o consumo de energia nesses países.

⁶Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, Brasil. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142014000300003>. Acesso em: 24/10/2019.

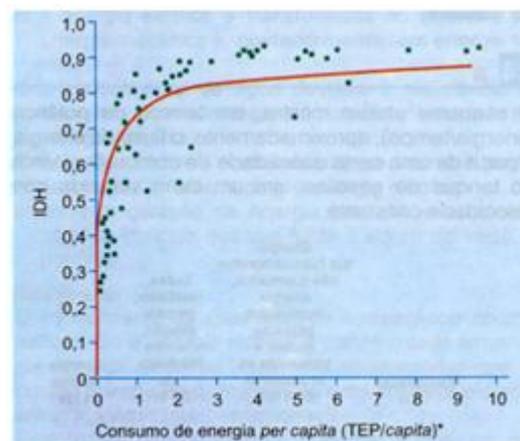
⁷ GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia, meio ambiente e desenvolvimento. 3 ed. São Paulo: Edusp, 2008.

O IDH é um indicador social que considera a longevidade, o grau de escolaridade, o PIB (Produto Interno Bruto) per capita e o poder de compra da população. Sua variação é de 0 a 1. Valores do IDH próximos de 1 indicam melhores condições de vida.

Tentando-se estabelecer uma relação entre o IDH e o consumo de energia per capita nos diversos países, no biênio 1991-1992, obteve-se o gráfico abaixo, onde cada ponto isolado representa um país, e a linha cheia, uma curva de aproximação.

Com base no gráfico, é correto afirmar que:

- a) quanto maior o consumo de energia per capita, menor é o IDH.*
- b) os países onde o consumo de energia per capita é menor que 1 TEP não apresentam bons índices de desenvolvimento humano.*
- c) existem países com IDH entre 0,1 e 0,3 com consumo de energia per capita superior a 8 TEP.*
- d) existem países com consumo de energia per capita de 1 TEP e de 5 TEP que apresentam aproximadamente o mesmo IDH, cerca de 0,7.*
- e) os países com altos valores de IDH apresentam um grande consumo de energia per capita (acima de 7 TEP).*



* TEP: Tonelada equivalente de petróleo.

Fonte: GOLDEMBERG, J. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo: Edusp, 1998.

Foi possível perceber que os alunos ficaram empenhados nas discussões sobre a leitura e as interpretações dos gráficos e situações propostas na atividade em grupo, Figura 45.

Figura 45: Grupos dos Alunos resolvendo a atividade.



As atividades em grupos foram desenvolvidas com um pequeno número de participantes, com a finalidade de compreender as dificuldades dos discentes e de esclarecerem as suas dúvidas. Outro ponto importante dessa proposta em grupo está no caráter potencializador das interações sociais.

Acreditamos que a abordagem sobre consumo de energia trazida na atividade em grupo possa colaborar para o desenvolvimento da competência/habilidade da *Matriz de Referência do Enem* (em anexo) descrita a seguir

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, Matriz de Referência Enem).

Finalizamos a aula sugerindo que os alunos assistissem o documentário: *Maravilhas Modernas - Nikola Tesla* - History Channel.

4ª Aula:

Na última aula de todo esse processo foi realizado o *Questionário Final - Eletromagnetismo* (Apêndice A).

Capítulo 5

RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL (AULAS)

A turma que participou desta pesquisa era composta por 43 alunos, mas apenas 11 deles participaram integralmente das atividades (não faltaram em nenhum dos dias da aplicação das aulas e entregaram assinados todos os termos de autorização para participarem da pesquisa - Comitê de Ética), por esse motivo se considerou os dados das avaliações desses 11 alunos.

Os dados coletados são das correções das avaliações diagnósticas: inicial e final, que foram analisados coletivamente, sendo que, nessa análise, foi observado se os alunos acertaram mais no questionário final comparando com o questionário inicial.

Nas sequências didáticas de Física Térmica e Eletromagnetismo, houveram atividades em grupos onde foram avaliadas a quantidade de acertos na resolução das questões propostas, realizando algumas comparações com a atividade diagnóstica (inicial e final) individual.

O último exercício das avaliações diagnósticas era uma questão de múltipla escolha retirada do ENEM, a qual era diferente no questionário inicial para o questionário final, mas abordavam os mesmos temas das sequências didáticas.

Serão descritas algumas respostas dos alunos para os questionamentos propostos nas atividades diagnósticas de cada sequência didática (Mecânica - Energias, Física Térmica e Eletromagnetismo), com o objetivo de exemplificar algumas possíveis contribuições das metodologias propostas nesta dissertação para o desenvolvimento da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) dos discentes.

5.1. MECÂNICAS - ENERGIAS

Dar-se-á início com a análise dos dados da sequência didática de Mecânica - Energias com os resultados dos questionários inicial e final, avaliando os alunos coletivamente, Quadro 4 e gráficos na Figura 46. A seguir, o Quadro 3 com as questões dissertativas das avaliações dessa primeira sequência de aulas.

Quadro 3: Questões dissertativas da primeira sequência de aulas (Mecânica - Energias).

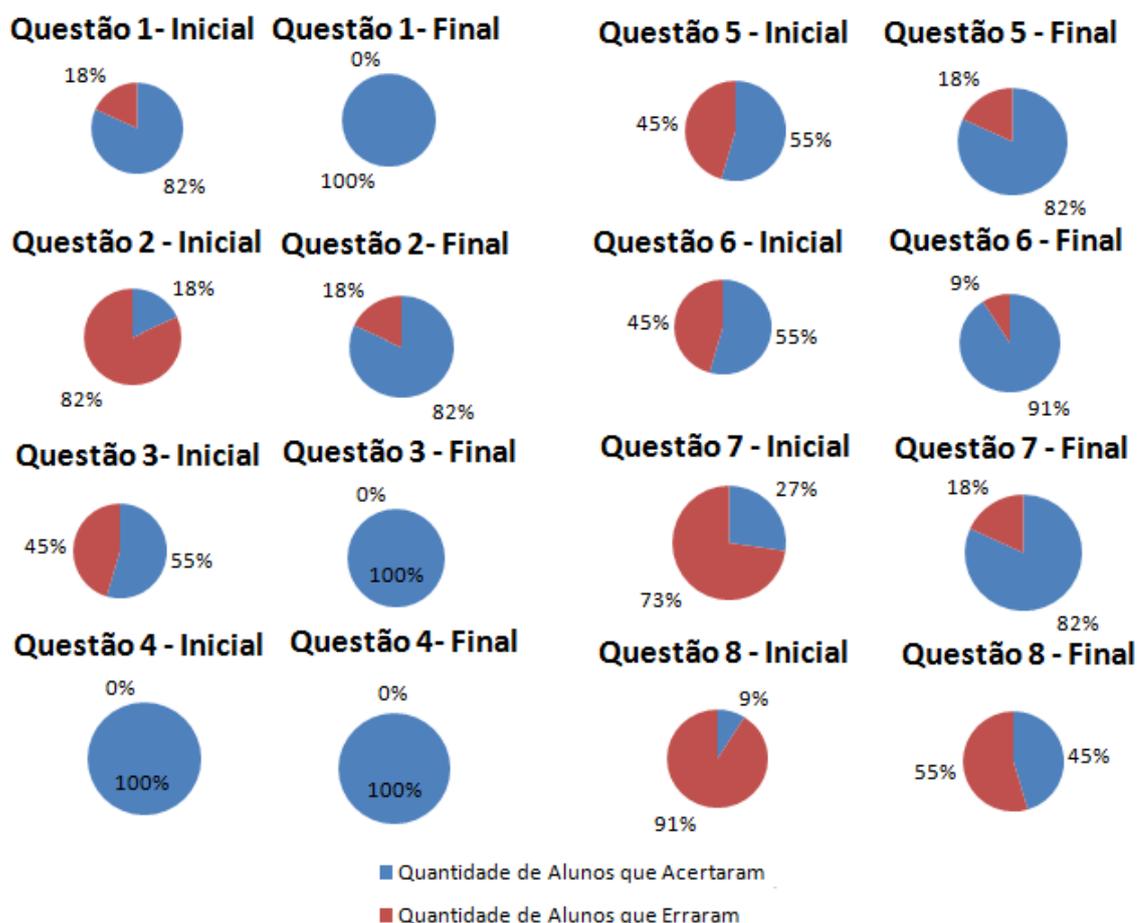
Questionário - Mecânica - Energias:	
1-	Para você o que é energia cinética?
2-	Como você definiria as energias potenciais?
3-	O que é energia potencial gravitacional?
4-	Se um objeto for solto da janela do 5º andar de um prédio, qual (is) é (são) a(s) energia(s) que o fará(ão) descer?
5-	O que é conservação de energia?
6-	O que é dissipação de energia?
7-	Cite um exemplo de conversão de energia cinética em potencial gravitacional ou potencial gravitacional em cinética.
8-	Explique como ocorrem as transformações de energia em um escorregador de playground.

Quadro 4: Dados da análise coletiva da quantidade de alunos que acertaram e erraram cada questão dissertativa nas atividades diagnósticas - inicial e final.

Avaliações Diagnósticas- Dissertação				
Mecânica- Energia Mecânica				
Número Pergunta	Questionário Inicial		Questionário Final	
	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram
1	9	2	11	0
2	2	9	9	2
3	6	5	11	0
4	11	0	11	0
5	6	5	9	2
6	6	5	10	1
7	3	8	9	2
8	1	10	5	6

LEGENDA

- Questões com maior quantidade de acertos no questionário final
 Questões com a mesma quantidade de acertos nos questionários inicial e final

Figura 46: Gráficos elaborados com os dados do Quadro 4 da análise coletiva (Mecânica - Energias).

Por meio da análise dos dados coletivos, Quadro 4 e gráficos da Figura 46, foi possível identificar que, na questão quatro, os alunos tiveram facilidade em responder desde o início do processo de avaliação e, em todas as outras questões, foram perceptíveis os avanços em relação à compreensão dos conceitos abordados.

Ao realizar-se a comparação entre as respostas apresentadas pelos alunos no questionário inicial e final (questões dissertativas) foi constatado o uso de termos mais adequados se considerarmos um contexto científico, como, por exemplo, o caso de um aluno que, no início do processo, ao ser questionado sobre a definição de energia potencial gravitacional, respondeu: “calcula velocidade, tempo e a altura”, e, após a retomada descrita nesta dissertação, no questionário final, o mesmo aluno respondeu: “é a energia potencial associada a um campo gravitacional”. Esse é um indício apresentado por um dos alunos da possível colaboração das metodologias propostas nesta dissertação para seu aprendizado.

A intenção aqui não será realizar uma descrição completa de todas as alterações positivas na escrita das respostas dos alunos, mas apenas apresentar alguns exemplos que

evidenciam certa colaboração das metodologias para a construção do aprendizado dos discentes.

Outro exemplo foi apresentado por outro aluno no início do processo, quando o mesmo foi questionado sobre a definição de energia potencial, ele respondeu: “é para calcular o peso de algo”, e, após a retomada descrita nesta dissertação, no questionário final, o mesmo aluno respondeu: “energia potencial é um tipo de energia que pode ser armazenada dependendo da posição do objeto”.

A seguir, no Quadro 5, tem-se as questões do Enem das avaliações inicial e final desta primeira sequência de aulas (Mecânica - Energias).

Quadro 5: Questões do Enem das avaliações inicial e final, respectivamente, desta primeira sequência de aulas (Mecânica - Energias).

9- A figura ilustra uma gangorra de brinquedo feita com uma vela. A vela é acesa nas duas extremidades e, inicialmente, deixa-se uma das extremidades mais baixa que a outra. A combustão da parafina da extremidade mais baixa provoca a fusão. A parafina da extremidade mais baixa da vela pinga mais rapidamente que na outra extremidade. O pingar da parafina fundida resulta na diminuição da massa da vela na extremidade mais baixa, o que ocasiona a inversão das posições. Assim, enquanto a vela queima, oscilam as duas extremidades. Nesse brinquedo, observa-se a seguinte sequência de transformações de energia:

- a) energia resultante de processo químico → energia potencial gravitacional → energia cinética
- b) energia potencial gravitacional → energia elástica → energia cinética
- c) energia cinética → energia resultante de processo químico → energia potencial gravitacional
- d) energia mecânica → energia luminosa → energia potencial gravitacional
- e) energia resultante do processo químico → energia luminosa → energia cinética



9- Uma das modalidades presentes nas olimpíadas é o salto com vara. As etapas de um dos saltos de um atleta estão representadas na figura:

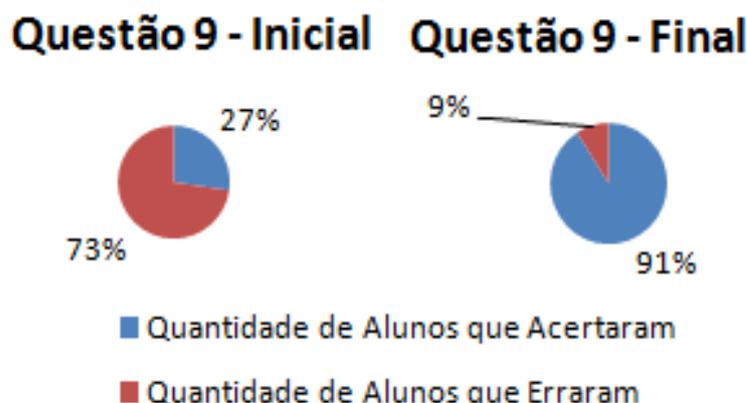
Desprezando-se as forças dissipativas (resistência do ar e atrito), para que o salto atinja a maior altura possível, ou seja, o máximo de energia seja conservada, é necessário que.

- a) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica representada na etapa IV.
- b) a energia cinética, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa IV.
- c) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa III.
- d) a energia potencial gravitacional, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.
- e) a energia potencial gravitacional, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa III



Quadro 6: Resultados da questão 9 - inicial e final (Mecânica - Energias).

Avaliações Diagnósticas- Dissertação				
Mecânica- Energia Mecânica				
Número Pergunta	Questionário Inicial		Questionário Final	
	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram
9	3	8	10	1

Figura 47: Gráficos dos resultados da questão 9: inicial e final (Mecânica - Energias).

As questões 9 (avaliações diagnósticas - inicial e final), resultados no Quadro 6 e Figura 47, abordam o mesmo tema - conversões de energias, trabalhadas de forma persistente durante a sequência de aulas (Mecânica - Energias), acredita-se que houve colaboração de todas as interações possibilitadas nas aulas para que os discentes demonstrassem maior facilidade na interpretação da situação descrita no exercício final e identificassem corretamente as conversões de energia.

5.2. FÍSICA TÉRMICA

Análise dos dados da sequência didática de Física Térmica com os resultados dos questionários inicial e final, avaliando os alunos coletivamente, Quadro 8 e gráficos da Figura 48. A seguir, o Quadro 7 com as questões dissertativas das avaliações desta segunda sequência de aulas - Física Térmica.

Quadro 7: Questões dissertativas da segunda sequência de aulas - Física Térmica.

Questionário - Física Térmica
1- O calor é uma forma de energia? Explique.
2- O que é trabalho? É possível usar o calor para realizar trabalho mecânico? Explique.
3- O que é equilíbrio térmico? Explique.
4- Como ocorre a conservação de energia na Termodinâmica? Explique.
5- É possível uma máquina térmica converter 100% do calor em trabalho mecânico? Explique.
6- Qual o princípio de funcionamento de uma máquina térmica?
7- Você sabe como é “produzida” a energia elétrica em uma usina termoeletrica e termonuclear?

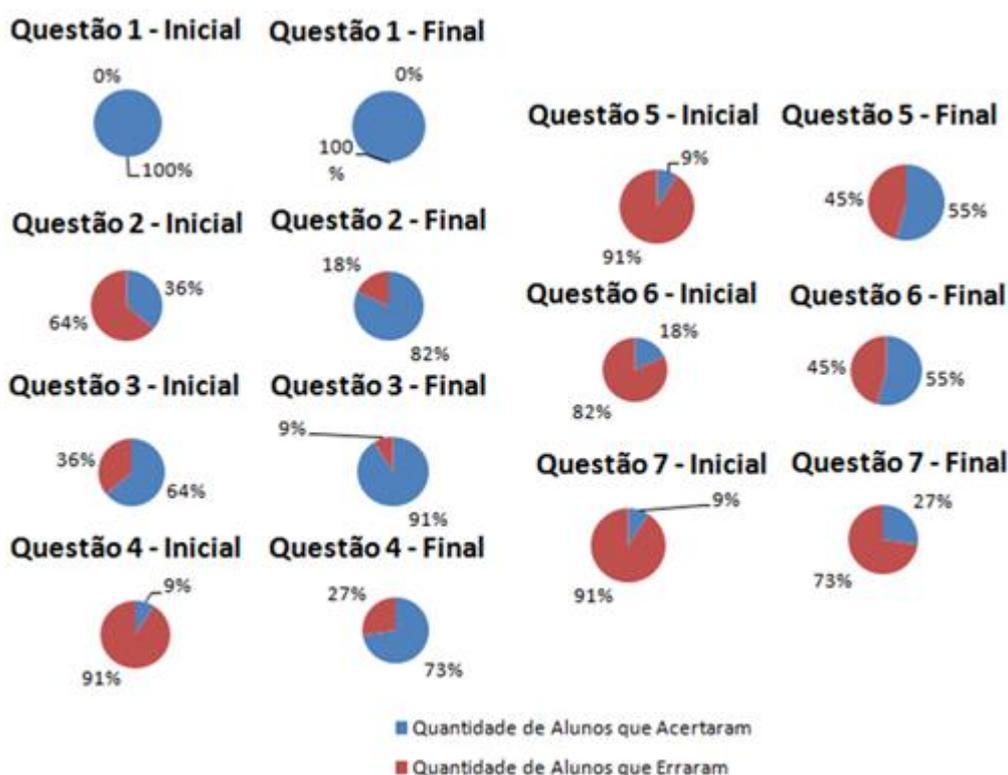
Quadro 8: Dados da análise coletiva da quantidade de alunos que acertaram e erraram cada questão dissertativa nas atividades diagnósticas inicial e final.

Avaliações Diagnósticas- Dissertação				
Física Térmica				
Número Pergunta	Questionário Inicial		Questionário Final	
	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram
1	11	0	11	0
2	4	7	9	2
3	7	4	10	1
4	1	10	8	3
5	1	10	6	5
6	2	9	6	5
7	1	10	3	8

LEGENDA

- Questões com maior quantidade de acertos no questionário final
- Questões com a mesma quantidade de acertos nos questionários inicial e final

Figura 48: Gráficos elaborados com os dados do Quadro 8 da análise coletiva (Física Térmica).



Por meio da análise dos dados coletivos, Quadro 8 e gráficos da Figura 48, foi possível identificar que, na questão um, os alunos tiveram facilidade em responder desde o

início do processo de avaliação e, em todas as outras questões, foram perceptíveis os avanços em relação à compreensão dos conceitos abordados.

Novamente realizou-se uma comparação entre as respostas apresentadas pelos alunos no questionário inicial e final (questões dissertativas) foi constatado o uso de termos mais adequados se considerar um contexto científico, como, por exemplo, o caso de um aluno que, no início do processo, ao ser questionado sobre a definição de equilíbrio térmico, respondeu: “é quando a temperatura fica morna”, e, após a retomada descrita nesta dissertação, no questionário final, o mesmo aluno respondeu: “é quando dois corpos em temperaturas diferentes trocam calor e ficam com a mesma temperatura, como o experimento que fizemos no refeitório, quando ambos atingem a mesma temperatura”. Esse é um indício apresentado por um dos alunos da possível colaboração das metodologias propostas nesta dissertação para seu aprendizado, pois, nesse caso ele faz a associação do conceito com a demonstração do experimento Minigerador Termoelétrico.

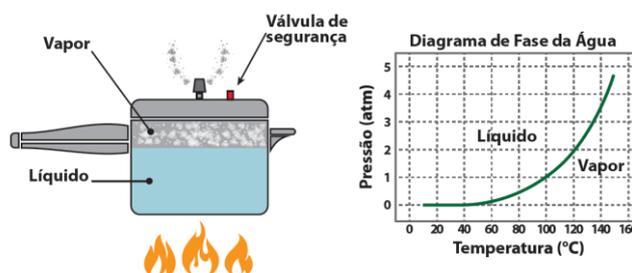
A intenção aqui não será realizar uma descrição completa de todas as alterações positivas na escrita das respostas dos alunos, mas apenas apresentar alguns exemplos que evidenciam certa colaboração das metodologias para a construção do aprendizado dos discentes.

Outro exemplo foi apresentado por outro aluno no início do processo, quando o mesmo foi questionado sobre o princípio de funcionamento de uma máquina térmica, ele respondeu: “transforma o calor em energia”, e, após a retomada descrita nesta dissertação, no questionário final, o mesmo aluno respondeu: “a máquina térmica recebe calor de uma fonte quente e usa uma parte para realizar trabalho e a outra parte é resfriada”.

A seguir no Quadro 9 temos as questões do Enem das avaliações inicial e final desta segunda sequência de aulas - Física Térmica.

Quadro 9: Questões do Enem das avaliações inicial e final, respectivamente, desta segunda sequência de aulas - Física Térmica.

8- O esquema da panela de pressão e um diagrama de fase da água são apresentados a seguir. A vantagem do uso de panela de pressão é a rapidez para o cozimento de alimentos e isto se deve



- a) à pressão no seu interior, que é igual à pressão externa.
- b) à temperatura de seu interior, que está acima da temperatura de ebulição da água no local.
- c) à quantidade de calor adicional que é transferida à panela.
- d) à quantidade de vapor que está sendo liberada pela válvula.
- e) à espessura da sua parede, que é maior que a das panelas comuns.

8- Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizado para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

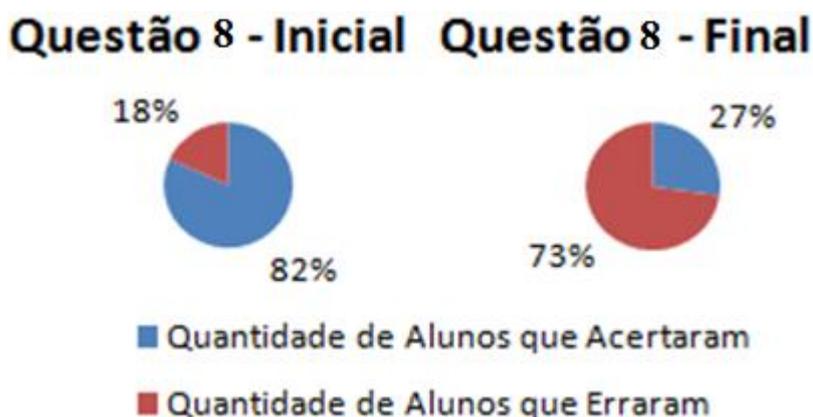
CARVALHO, A. X. Z. Física Térmica. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

- a- liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- b- realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c- conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d- transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e- utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

Quadro 10: Resultados da questão 8 - inicial e final (Física Térmica).

Avaliações Diagnósticas- Dissertação				
Física Térmica				
Número Pergunta	Questionário Inicial		Questionário Final	
	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram
8	9	2	3	8

Figura 49: Gráficos sobre resultados da questão 8: inicial e final (Física Térmica).

As questões 8 (avaliações diagnósticas - inicial e final), com os resultados no Quadro 10 e Figura 49, forneceram dados que possibilitaram identificar que os discentes apresentaram maior facilidade na interpretação da situação descrita na questão inicial e conseguiram utilizar os conhecimentos já desenvolvido para resolverem corretamente essa questão. Por meio desses dados ficou perceptível a dificuldade dos alunos na resolução da questão final, então, retomando as avaliações dos alunos com um olhar mais atento as respostas escolhidas, verificou-se que: *um aluno assinalou a alternativa A* (liberação de calor dentro do motor ser impossível), *três responderam a alternativa B* (realização de trabalho pelo motor ser incontrolável), *três assinalaram a alternativa C* (conversão integral de calor em trabalho ser impossível), e que é a alternativa correta, *três colocaram a alternativa D* (transformação de energia térmica em cinética ser impossível), sendo que uma delas escreveu em um espaço ao lado das alternativa “não sei”, *nenhum aluno assinalou a alternativa E* (utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável) e *uma aluna não respondeu*. Essa questão aborda o mesmo tema do exercício 5 (questão dissertativa) e que os alunos apresentaram maior facilidade na resolução. Acreditamos que isso se deve a maneira como foi abordado o conceito em cada questão, sendo que na dissertativa o questionamento é mais direto do que na questão de múltipla escolha (ENEM), havendo assim maior dificuldade na interpretação das informações apresentadas no enunciado dessa questão do Enem e na identificação da opção mais alinhada com o questionamento apresentado no exercício.

Atividade em grupo

Para essa atividade foi pedido que formassem pequenos grupos de, no máximo, cinco alunos, então, foram apresentadas algumas imagens e informações de variadas máquinas

térmicas, logo depois, foram feitas três perguntas (Quadro 11), as quais eram para os grupos conversarem e responderem em conjunto. Os resultados estão no Quadro 12.

Quadro 11: Questões dissertativas da atividade em grupo - Física Térmica.

Atividade em Grupo - Física Térmica:	
1-	Todos são máquinas térmicas? Explique.
2-	Em todas as demonstrações o trabalho mecânico é utilizado para realizar algo? Explique.
3-	Explique de forma resumida o funcionamento das usinas termonucleares e termoelétricas? Explique a diferença entre essas usinas.

Quadro 12: Quantidade de acertos e erros para cada questão da atividade em grupo.

Atividade em Grupo- Física Térmica		
Número Pergunta	Quantidade Acertos	Quantidade Erros
1	11	0
2	10	1
3	7	4

Por meio dos dados do Quadro 12, se considerou que os resultados da atividade em grupo foram satisfatórios, pois as respostas apresentadas pelos discentes tinham elementos importantes ao identificar as máquinas térmicas entre as imagens apresentadas e as principais diferenças e semelhanças entre as usinas termoelétricas e termonucleares.

Acredita-se ser importante destacar que a questão 7 das avaliações diagnósticas (individual) e a questão 3 da atividade em grupo abordam temas similares, sendo assim, parece que a realização da atividade em grupo colaborou para um breve avanço no desenvolvimento dos estudantes.

5.3 ELETROMAGNETISMO

Realização da análise dos dados da sequência didática de Eletromagnetismo com os resultados dos questionários inicial e final, avaliando os alunos coletivamente, Quadro 14 e gráficos da Figura 50. A seguir, o Quadro 13 com as questões dissertativas das avaliações dessa terceira sequência de aulas.

Quadro 13: Questões dissertativas da terceira sequência de aulas - Eletromagnetismo.

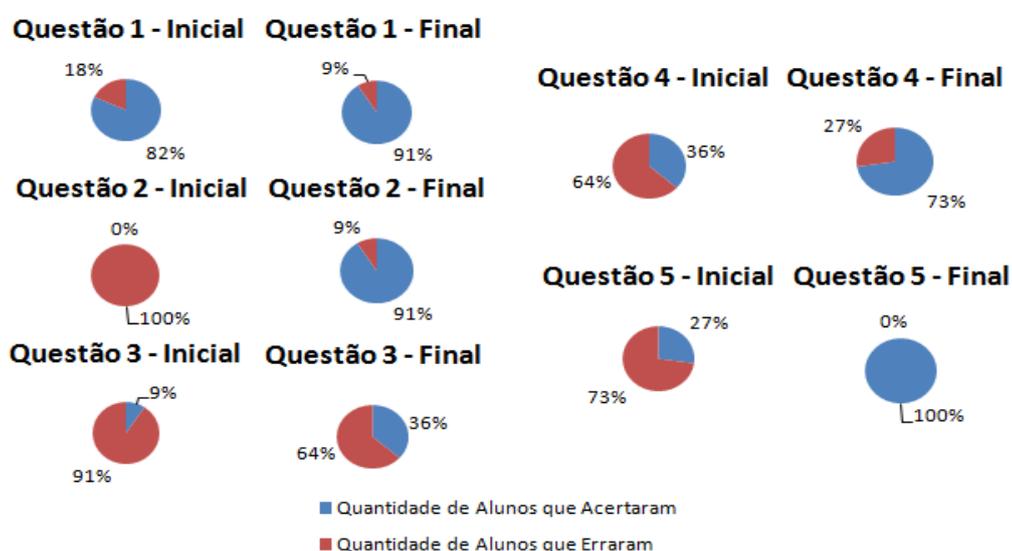
Questionário - Eletromagnetismo	
1-	Como interagem dois ímãs em barras, em relação às forças de atração e repulsão entre eles?
2-	É possível gerar um campo magnético ao redor de um fio condutor de corrente elétrica? Explique.
3-	É possível gerar uma corrente elétrica em um fio condutor usando apenas um ímã? Explique.
4-	Como funciona a geração de energia elétrica em uma usina hidrelétrica?
5-	Um motor elétrico utiliza energia para funcionar, seria possível fazer o inverso, girar seu eixo para gerar energia elétrica?

Quadro 14: Dados da análise coletiva da quantidade de alunos que acertaram e erraram cada questão dissertativa nas atividades diagnósticas: inicial e final.

Avaliações Diagnósticas- Dissertação				
Eletromagnetismo				
Número Pergunta	Questionário Inicial		Questionário Final	
	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram
1	9	2	10	1
2	0	11	10	1
3	1	10	4	7
4	4	7	8	3
5	3	8	11	0

LEGENDA
 Questões com maior quantidade de acertos no questionário final

Figura 50: Gráficos elaborados com os dados do Quadro 14 da análise coletiva (Eletromagnetismo).



Por meio da análise dos dados coletivos, Quadro 14 e gráficos da Figura 50, foi possível identificar que em todas as questões os alunos tiveram avanços perceptíveis em relação à compreensão dos conceitos abordados.

Mais uma vez, ao realizarmos uma comparação entre as respostas apresentadas pelos alunos no questionário inicial e final (questões dissertativas) foi constatado o uso de termos mais adequados se considerar um contexto científico, como, por exemplo, o caso de um aluno que, no início do processo, ao ser questionado se é possível gerar campo magnético ao redor de um fio condutor de corrente elétrica, ele respondeu: “sim, a energia do fio condutor gera o calor e assim como consequência gera a corrente”, e, após a retomada descrita nessa dissertação, no questionário final, o mesmo aluno respondeu: “sim, pois existe um experimento que mostra a geração do campo magnético ao redor de um fio”, o aluno está citando o experimento de Oersted. Nessa mesma questão, outro aluno disse: “não sei”, e, ao final, disse: “a bússola está na mesma direção do fio com ele desligado, a partir do momento que liga o fio, a bússola vai para o lado ao contrário do fio por conta do campo magnético”, o aluno quis dizer que a direção da agulha da bússola muda e fica perpendicular ao fio ao conduzir a corrente elétrica (experimento de Oersted).

Esses são alguns indícios apresentados nas respostas dos alunos e expõem uma possível colaboração das metodologias propostas nesta dissertação para o aprendizado.

A intenção aqui não será realizar uma descrição completa de todas as alterações positivas na escrita das respostas dos alunos, mas apenas apresentar alguns exemplos que evidenciam certa colaboração das metodologias para a construção do aprendizado dos discentes.

Outro exemplo foi apresentado por outro aluno no início do processo ao ser questionado sobre o funcionamento de uma usina hidrelétrica e as conversões de energias, ele respondeu: “é usando o movimento e a força da água”, e, após a retomada descrita nessa dissertação, no questionário final, o mesmo aluno respondeu: “ao cair a água, se move a turbina, e nesse movimento, gera a energia com a energia cinética da turbina”.

A seguir, no Quadro 15, temos as questões do Enem das avaliações inicial e final desta terceira sequência de aulas - Eletromagnetismo.

Quadro 15: Questões do Enem das avaliações inicial e final, respectivamente, desta terceira sequência de aulas - Eletromagnetismo.

6- Deseja-se instalar uma estação de geração de energia elétrica em um município localizado no interior de um pequeno vale cercado de altas montanhas de difícil acesso. A cidade é cruzada por um rio, que é fonte de água para consumo, irrigação das lavouras de subsistência e pesca. Na região, que possui pequena extensão territorial, a incidência solar é alta o ano todo. A estação em questão irá abastecer apenas o município apresentado. Qual forma de obtenção de energia, entre as apresentadas, é a mais indicada para ser implantada nesse município de modo a causar o menor impacto ambiental?

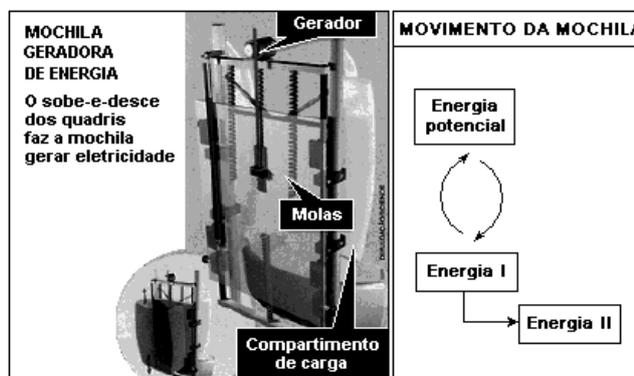
- a) Termelétrica, pois é possível utilizar a água do rio no sistema de refrigeração.
- b) Eólica, pois a geografia do local é própria para a captação desse tipo de energia.
- c) Nuclear, pois o modo de resfriamento de seus sistemas não afetaria a população.
- d) Fotovoltaica, pois é possível aproveitar a energia solar que chega à superfície do local.
- e) Hidrelétrica, pois o rio que corta o município é suficiente para abastecer a usina construída.

6- Com o projeto de mochila ilustrado na figura 1, pretende-se aproveitar, na geração de energia elétrica para acionar dispositivos eletrônicos portáteis, parte da energia desperdiçada no ato de caminhar. As transformações de energia envolvidas na produção de eletricidade enquanto uma pessoa caminha com essa mochila podem ser esquematizadas conforme ilustrado na figura 2.

- A mochila tem uma estrutura rígida semelhante à usada por alpinistas.
- O compartimento de carga é suspenso por molas colocadas na vertical.
- Durante a caminhada, os quadris sobem e descem em média cinco centímetros. A energia produzida pelo vai-e-vem do compartimento de peso faz girar um motor conectado ao gerador de eletricidade.

As energias I e II, representadas no esquema anterior, podem ser identificadas, respectivamente, como

- a) cinética e elétrica.
- b) térmica e cinética.
- c) térmica e elétrica.
- d) sonora e térmica.
- e) radiante e elétrica.



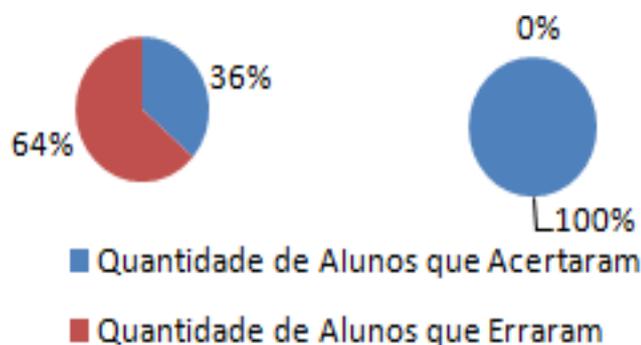
Istoé, n.º 1.864, set./2005, p. 69 (com adaptações).

Quadro 16: Resultados da questão 6 - inicial e final (Eletromagnetismo).

Avaliações Diagnósticas- Dissertação				
Eletromagnetismo				
Número Pergunta	Questionário Inicial		Questionário Final	
	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram	Quantidade de Alunos que Acertaram	Quantidade de Alunos que Erraram
6	4	7	11	0

Figura 51: Gráficos dos resultados da questão 6: inicial e final (Eletromagnetismo).

Questão 6 - Inicial Questão 6 - Final



As questões 6 (avaliações diagnósticas - inicial e final), resultado no Quadro 16 e Figura 51, em relação à questão inicial, os alunos apresentaram maior dificuldade na interpretação das informações presentes no enunciado e ao identificar o tipo de usina mais adequada a situações descritas. Com base nesses dados foi possível identificar que os discentes apresentaram maior facilidade na interpretação da situação descrita na questão final e conseguiram utilizar os conhecimentos desenvolvidos para resolver corretamente essa questão.

Atividade em grupo

Para essa atividade foi pedido que formassem pequenos grupos de, no máximo, cinco alunos, e, em seguida, foi feita a leitura do texto: **Energia e sociedade**, de Joaquim Francisco de Carvalho, e apresentado gráficos da relação entre o consumo energético de um país e seus índices socioeconômicos (texto e gráficos no apêndice A). Partindo dessas informações, foram propostas as reflexões nas perguntas (Quadro 16) sobre consumo energético de um país e seus índices socioeconômicos, os resultados estão no Quadro 17.

Quadro 16: Questões da atividade em grupo - Eletromagnetismo.**Atividade em Grupo - Eletromagnetismo:**

1- Segundo os gráficos, quais as relações entre o uso da energia TEP^* per capita ano com: expectativa de vida, mortalidade infantil e analfabetismo?

2- (ENEM) As sociedades modernas necessitam cada vez mais de energia. Para entender melhor a relação entre desenvolvimento e consumo de energia, procurou-se relacionar o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de vários países com o consumo de energia nesses países.

O **IDH** é um indicador social que considera a **longevidade**, o **grau de escolaridade**, o **PIB (Produto Interno Bruto) per capita** e o **poder de compra** da população. Sua variação é de 0 a 1. Valores do IDH próximos de 1 indicam melhores condições de vida.

Tentando-se estabelecer uma relação entre o IDH e o consumo de energia per capita nos diversos países, no biênio 1991-1992, obteve-se o gráfico abaixo, onde cada ponto isolado representa um país, e a linha cheia, uma curva de aproximação.

Com base no gráfico, é correto afirmar que:

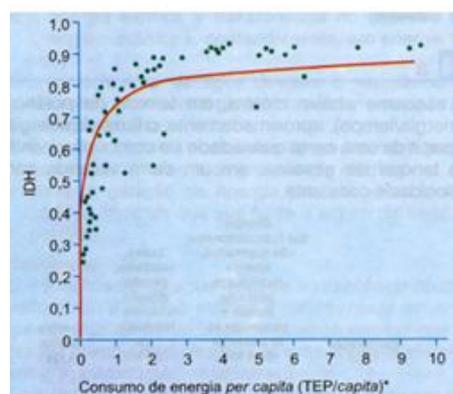
a) quanto maior o consumo de energia per capita, menor é o IDH.

b) os países onde o consumo de energia per capita é menor que 1 TEP não apresentam bons índices de desenvolvimento humano.

c) existem países com IDH entre 0,1 e 0,3 com consumo de energia per capita superior a 8 TEP.

d) existem países com consumo de energia per capita de 1 TEP e de 5 TEP que apresentam aproximadamente o mesmo IDH, cerca de 0,7.

e) os países com altos valores de IDH apresentam um grande consumo de energia per capita (acima de 7 TEP).



* TEP: Tonelada equivalente de petróleo.

Fonte: GOLDEMBERG, J. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo: Edusp, 1998

Quadro 17: Quantidade de acertos e erros para cada questão da atividade em grupo (Eletromagnetismo).

Atividade em Grupo- Eletromagnetismo		
Número Pergunta	Quantidade Acertos	Quantidade Erros
1	8	3
2	6	5

Por meio dos dados do Quadro 17, considerou-se que os resultados da atividade em grupo foram satisfatórios, pois as respostas apresentadas pelos discentes tinham elementos importantes ao identificar a relação entre consumo de energia e índices socioeconômicos da população de alguns países.

Capítulo 6

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise dos resultados (devolutivas escritas nas avaliações diagnósticas iniciais e finais realizadas nas três etapas do processo), foi perceptível a evolução dos alunos na compreensão dos conceitos, havendo assim colaboração das metodologias propostas nesta dissertação para o avanço da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) dos discentes.

Acredita-se que houve colaboração das atividades experimentais (físicas e virtuais - simuladores) para o processo de ensino-aprendizado tanto em seu caráter motivador como na construção de conceito científico dos discentes. Pois essas atividades propostas contaram com momentos de interações, reflexões sobre seu funcionamento, conexões e certas generalizações para que os discentes compreendessem o funcionamento de outros equipamentos do nosso cotidiano relacionados às atividades, auxiliando na compreensão de importantes conceitos relacionados à Física e colaborando com os estudos para os vestibulares e Enem.

Outro aspecto importante a se destacar foi o trabalho em pequenos grupos, pois proporcionou aos alunos diversas discussões e importantes reflexões sobre situações envolvendo os temas abordados nas aulas. Acredita-se que as interações sociais que ocorreram nas atividades em grupos e no decorrer das aulas, tenham colaborado para o desempenho positivo na resolução de situações problema propostas nas atividades.

Nas devolutivas verbais, os alunos pontuaram que as sequências de aulas estavam colaborando para os seus estudos preparatórios para as provas de seleção dos vestibulares e Enem.

Ao final da segunda aula de Física Térmica, um aluno relatou estar gostando bastante da dinâmica desenvolvida e que as imagens, vídeos e simulações estavam exemplificando o que era dito, e, sem essas imagens, ficaria mais difícil a compreensão. Essa fala do aluno não indica muito em relação ao aprendizado, mas evidencia a necessidade de agregar nas ações do

professor em sala de aula recursos e formas variadas de apresentar os conceitos com o objetivo de sensibilizar e colaborar para o aprendizado dos discentes. Esses recursos eram utilizados anteriormente pela professora, mas não com o suporte que o Mestrado Profissional em Ensino de Física trouxe para a prática educativa.

REFERÊNCIAS

AMALDI, U. *Imagens da Física: As Idéias e as Experiências, do Pêndulo aos Quarks*. 1ª ed.- São Paulo: Scipione, 1997.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. *Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 2, p. 176-194, junho 2003.

ATTA mídia e educação: *Coleção grandes educadores Lev Vygotsky*. Marta Kohl de Oliveira. Youtube. 17 jun. 2015. 44 min 39 s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=T1sDZNSTuyE>. Acesso em: 04 julho 2018.

BARBOSA, J. O.; PAULO, S. R.; RINALDI, C. *Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 105-122, 1999.

BONJORNO, E.P; CLINTON, C. *Física 3: Eletromagnetismo e Física Moderna*, 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

BRAGA, Elizabeth dos Santos. *A constituição social do desenvolvimento*. In: *Lev Vygotsky: precursor da teoria histórico-cultural: a importância da cultura e da linguagem na constituição do psiquismo* [S.l: s.n.], 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/34530>>. Acesso em: 17 jul. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Matriz de Referência ENEM*. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2018.

CARVALHO, J. F. *Energia e sociedade*. Instituto de Energia e Ambiente - Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142014000300003>. Acesso em: 24 out. 2019.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA- CREF - *O que acontece quando colocamos o sal em contato direto com o gelo?* Instituto de Física da UFRGS. Disponível em < <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=o-que-acontece-quando-colocamos-o-sal-em-contato-direto-com-o-gelo> > Acesso em: 19 junho 2018.

CHAVES, J. M. F.; HUNSCHE, S. *Atividades experimentais demonstrativas no ensino de Física: panorama a partir de eventos da área*. Universidade Federal do Pampa. Rio Grande do Sul, 2014.

DAVIS, C.; SILVA, M. A. S. S.; ESPÓSITO, Y. *Papel e valor das interações sociais em sala de aula*. São Paulo, 1989, p. 49-54.

EVANGELISTA, F. L.; CHAVES, T. L. *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.

FRANCISCO JUNIOR, W.E.; FERREIRA, L.H.; HARTWIG, D.R. *Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de Ciências*. *Química Nova na Escola*, n. 30, p. 34-41, 2008.

FREIRE, Ana M. *Trabalho experimental na sala de aula; perspectivas dos professores*. Pro-Posições, Campinas, v.7, n.1, p. 14-23. 1996.

FRIEDRICH, J. *Lev Vygotski - mediação, aprendizagem e desenvolvimento: uma leitura filosófica e epistemológica*. Tradutores Anna Rachel Machado e Eliane Lousada. 1ª.ed. Campinas: Mercado de Letras, 2012. cap. 3, p. 53 – 76.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. *Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, p. 227-254, 2005.

GOLDEMBERG, J. L.; LUCON, O. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. 3ª Ed. São Paulo: Edusp, 2008.

GOMES, I. C. P.; ECHEVERRÍA, A. R.; FURTADO, W. W. *A mediação semiótica dos instrumentos culturais na aprendizagem de conceitos científicos*. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: < <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3137?mode=full> >. Acesso em: 24 ago. 2020.

GUIA DO ESTUDANTE. *Como cai na prova: Física mecânica*. Disponível em:< <https://guiadoestudante.abril.com.br/estudo/como-cai-na-prova-fisica-mecanica/> >. Acesso em: 16 out. 2018.

GUIA DO ESTUDANTE. *Raio X do Enem: Os conteúdos que mais caem na prova desde 2009*. Disponível em < <https://guiadoestudante.abril.com.br/enem/raio-x-do-enem-os-conteudos-que-mais-caem-na-prova-desde-2009/> >. Acesso em: 12 maio 2018.

HALLIDAY, D; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física 1*. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, c 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física 2*. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, c 1990.

HEWITT, P. G. *Física Conceitual*; tradução Trieste Freire Ricci; Maria Helena Gravina. – 9ed. – Porto Alegre: Bookman, 2002.

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). *Enem Bastidores – Episódio 4 – A Correção | Enem 20 anos*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nUDvwDfTI74>>. Acesso em: 17 out. 2018.

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). *Teoria de resposta ao item avalia habilidade e minimiza o “chute”*. Disponível em: <http://inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/teoria-de-resposta-ao-item-avalia-habilidade-e-minimiza-o-chute-/21206#targetText=Teoria%20de%20resposta%20ao%20item%20avalia%20habilidade%20e%20minimiza%20o,total%20de%20acertos%20no%20teste.>. Acesso em: 17 out. 2018.

IVIC, I. *Lev Semionovich Vygotsky / Ivan Ivic*; Edgar Pereira Coelho (org.) – Recife: Massangana, 2010. p. 11 – 34.

LEFRANÇOIS, G. R. *Teoria da Aprendizagem*. 5.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. p. 266 – 273.

MANUAL DO MUNDO: *Como fazer um gerador de energia com imã em casa*. Youtube Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=EzEw_Mg0rcU >. Acesso em: 28 jul. 2018.

MANUAL DO MUNDO: *Como gerar energia só com água (Gerador Termoelétrico)*. Youtube Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=wLrXYMJs-q8>>. Acesso em: 28 jul. 2018.

MANUAL DO MUNDO: *Montanha-russa dentro de casa: construa a sua!* Youtube Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=cAso7wLJXT8> >. Acesso em: 28 jul. 2018.

MARTINS, J. C. *Vygotsky e o papel das interações sociais na sala de aula: reconhecer e desvendar o mundo*. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica. Disponível em: <http://www.crmariocovas.sp.gov.br/dea_a.php?t=002>. Acesso em: 19 jul. 2018.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

MOURA, M. O.; MORETTI, V. D. *Investigando a aprendizagem do conceito de função a partir dos conhecimentos prévios e das interações sociais*. Ciências e Educação, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 67 – 82, 2003.

NASCIMENTO, J. M.; AMARAL, E. M. R. *O papel das interações sociais e de atividades propostas para o ensino - aprendizagem de conceitos Químicos*. Ciências e Educação, Recife, v. 18, n. 3, p. 575 – 592, 2012.

OLIVEIRA, C. *Indução Eletromagnética. Eletricidade e Magnetismo*. São Paulo, 2017. Disponível em: < <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=1782526>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

PASTILHA PELTIER - *O que são e como funcionam!* Youtube. Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=q7Bhr8nTEb0> >. Acesso em: 27 mar. 2018.

PEREIRA, A. P.; LIMA JÚNIOR, P. *Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no ensino de Física*. Porto Alegre: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 3, p. 518-535, 2014.

PEREIRA, M. M.; ABIB, M. L. V. *Elementos mediadores para a retomada de conhecimento científico escolar*. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - XI ENPEC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC: julho de 2017.

PROJETO PHET SIMULAÇÕES INTERATIVAS DA UNIVERSIDADE DE COLORADO BOULDER: *Energia na pista de skate*. Disponível em <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-skate-park-basics>. Acesso em: 28 jul. 2018.

PROJETO PHET SIMULAÇÕES INTERATIVAS DA UNIVERSIDADE DE COLORADO BOULDER: *Formas de Energia e Transformações*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>. Acesso em: 17 jun. 2018.

PROJETO PHET SIMULAÇÕES INTERATIVAS DA UNIVERSIDADE DE COLORADO BOULDER: *Imã e eletroímã*. Disponível em < https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday>. Acesso em: 28 jul. 2018.

PROJETO PHET SIMULAÇÕES INTERATIVAS DA UNIVERSIDADE DE COLORADO BOULDER: *Lei de Faraday*. Disponível em < https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday>. Acesso em: 28 jul. 2018.

REIS JÚNIOR, E.M. ; SILVA, O. H. M. *Atividades experimentais: uma estratégia para o ensino da física*. Caderno Intersaberes, v. 1, p. 38-56, 2013. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/328428987/Atividades-Experimentais-No-Ensino-de-Fisica-Uma-Nova-Visao-Baseada-Na-Teoria-de-Vigotski>>. Acesso em: 09 jul. 2020.

SANTOS, E. I., PIASSI, L. P. C., & FERREIRA, N. C. (2004). *Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de Física: uma experiência em formação continuada*. In IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, Jaboticatubas.

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. *Material de Apoio ao Currículo do Estado de São Paulo: Física 3º Ano (EM)*. São Paulo: Governo Estado de São Paulo, 2014.

SCHROEDER, E.; FERRARI, N.; MAESTRELLI, S. R. P. *A Construção dos Conceitos Científicos em Aulas de Ciências: a teoria histórico-cultural do desenvolvimento como referencial para análise de um processo de ensino sobre sexualidade humana*. Alexandria, Florianópolis, v.3, n.1, p.21- 49, Maio 2010.

SEDANO, L.; CARVALHO, A. M. P. *Ensino de Ciências por investigação: oportunidades de interação social e sua importância para a construção da autonomia moral*. Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 199 - 220, 2017.

SÉRÉ, M-G., COELHO, S. D. & NUNES, A. D. *O papel da experimentação no ensino da Física*. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20, 1, 30- 42, 2003.

THOMAZ, M. F. *A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão*. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 17,n. 3, p. 360-369, dez. 2000.

TV UFMG. ENEM 2017 – *Teoria de Resposta ao Item*. Disponível em:<<https://www.youtube.com/watch?v=puX2dIozqDw>>. Acesso em: 17 out. 2018.

VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. Tradutores José Cipolla Neto, Luis Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007. p. 17 - 24, 38 - 90.

VYGOTSKI, L.S. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2001.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A., *Física I - Mecânica*, 12a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A., *Física II - Termodinâmica e Ondas*, 10a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2003.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A., *Física III - Eletromagnetismo*, 10a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2004.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998. p. 13-25.

ZABALA, A. *Os enfoques didáticos*. In: COLL, C et al. *O construtivismo na sala de aula*. 6.ed. São Paulo: Ática, 2009. cap. 6, p.153 – 196.

Anexo A

MATRIZ DE REFERÊNCIA DO ENEM DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO
TEIXEIRA

MATRIZ DE REFERÊNCIA ENEM

EIXOS COGNITIVOS (comuns a todas as áreas de conhecimento)

I. **Dominar linguagens (DL):** dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.

II. **Compreender fenômenos (CF):** construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.

III. **Enfrentar situações-problema (SP):** selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.

IV. **Construir argumentação (CA):** relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.

V. **Elaborar propostas (EP):** recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.

Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

H1 – Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

H2 – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H4 – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5 – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

H6 – Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

H7 – Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

H8 – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.

H9 – Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

H10 – Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e (ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

H11 – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.

H12 – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

H13 – Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

H14 – Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H18 – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e (ou) do eletromagnetismo.

H22 – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

Competência de área 7 – Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H24 – Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

H25 – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

H26 – Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.

H27 – Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.

Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H28 – Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

H29 – Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias primas ou produtos industriais.

H30 – Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e a implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

ANEXO

Objetos de conhecimento associados às Matrizes de Referência

3. Ciências da Natureza e suas Tecnologias

3.1 Física

- **Conhecimentos básicos e fundamentais** - Noções de ordem de grandeza. Notação Científica. Sistema Internacional de Unidades. Metodologia de investigação: a procura de regularidades e de sinais na interpretação física do mundo. Observações e mensurações: representação de grandezas físicas como grandezas mensuráveis. Ferramentas básicas: gráficos e vetores. Conceituação de grandezas vetoriais e escalares. Operações básicas com vetores.

- **O movimento, o equilíbrio e a descoberta de leis físicas** – Grandezas fundamentais da mecânica: tempo, espaço, velocidade e aceleração. Relação histórica entre força e movimento. Descrições do movimento e sua interpretação: quantificação do movimento e sua descrição matemática e gráfica. Casos especiais de movimentos e suas regularidades observáveis. Conceito de inércia. Noção de sistemas de referência inerciais e não inerciais. Noção dinâmica de massa e quantidade de movimento (momento linear). Força e variação da quantidade de movimento. Leis de Newton. Centro de massa e a ideia de ponto material. Conceito de forças externas e internas. Lei da conservação da quantidade de movimento (momento linear) e teorema do impulso. Momento de uma força (torque). Condições de

equilíbrio estático de ponto material e de corpos rígidos. Força de atrito, força peso, força normal de contato e tração. Diagramas de forças. Identificação das forças que atuam nos movimentos circulares. Noção de força centrípeta e sua quantificação. A hidrostática: aspectos históricos e variáveis relevantes. Empuxo. Princípios de Pascal, Arquimedes e Stevin: condições de flutuação, relação entre diferença de nível e pressão hidrostática.

- **Energia, trabalho e potência** - Conceituação de trabalho, energia e potência. Conceito de energia potencial e de energia cinética. Conservação de energia mecânica e dissipação de energia. Trabalho da força gravitacional e energia potencial gravitacional. Forças conservativas e dissipativas.

- **A Mecânica e o funcionamento do Universo** - Força peso. Aceleração gravitacional. Lei da Gravitação Universal. Leis de Kepler. Movimentos de corpos celestes. Influência na Terra: marés e variações climáticas. Concepções históricas sobre a origem do universo e sua evolução.

- **Fenômenos Elétricos e Magnéticos** - Carga elétrica e corrente elétrica. Lei de Coulomb. Campo elétrico e potencial elétrico. Linhas de campo. Superfícies equipotenciais. Poder das pontas. Blindagem. Capacitores. Efeito Joule. Lei de Ohm. Resistência elétrica e resistividade. Relações entre grandezas elétricas: tensão, corrente, potência e energia. Circuitos elétricos simples. Correntes contínua e alternada. Medidores elétricos. Representação gráfica de circuitos. Símbolos convencionais. Potência e consumo de energia em dispositivos elétricos. Campo magnético. Ímãs permanentes. Linhas de campo magnético. Campo magnético terrestre.

- **Oscilações, ondas, óptica e radiação** - Feixes e frentes de ondas. Reflexão e refração. Óptica geométrica: lentes e espelhos. Formação de imagens. Instrumentos ópticos simples. Fenômenos ondulatórios. Pulsos e ondas. Período, frequência, ciclo. Propagação: relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda. Ondas em diferentes meios de propagação.

- **O calor e os fenômenos térmicos** - Conceitos de calor e de temperatura. Escalas termométricas. Transferência de calor e equilíbrio térmico. Capacidade calorífica e calor específico. Condução do calor. Dilatação térmica. Mudanças de estado físico e calor latente de transformação. Comportamento de Gases ideais. Máquinas térmicas. Ciclo de Carnot. Leis da Termodinâmica. Aplicações e fenômenos térmicos de uso cotidiano. Compreensão de fenômenos climáticos relacionados ao ciclo da água.

Apêndice A

QUESTIONÁRIOS DIAGNÓSTICOS DAS AULAS E PRODUTO EDUCACIONAL

APÊNDICE A1

QUESTIONÁRIOS DIAGNÓSTICOS DAS AULAS

MECÂNICA - ENERGIAS

Questionário Inicial - Energia Mecânica:

- 1- Para você o que é energia cinética?
- 2- Como você definiria as energias potenciais?
- 3- O que é energia potencial gravitacional?
- 4- Se um objeto for solto da janela do 5º andar de um prédio, qual (is) é (são) a (s) energia (s) que o fará (ão) descer?
- 5- O que é conservação de energia?
- 6- O que é dissipação de energia?
- 7- Cite um exemplo de conversão de energia cinética em potencial gravitacional ou potencial gravitacional em cinética.
- 8- Explique como ocorrem as conversões de energia em um escorregador de playground.

Questões do Enem:

9- (ENEM - 2011) A figura ilustra uma gangorra de brinquedo feita com uma vela. A vela é acesa nas duas extremidades e, inicialmente, deixa-se uma das extremidades mais baixa que a outra. A combustão da parafina da extremidade mais baixa provoca a fusão. A parafina da extremidade mais baixa da vela pinga mais rapidamente que na outra extremidade. O pingar da parafina fundida resulta na diminuição da massa da vela na extremidade mais baixa, o que ocasiona a inversão das posições. Assim, enquanto a vela queima, oscilam as duas extremidades. Nesse brinquedo, observa-se a seguinte sequência de transformações de energia:

- a) energia resultante de processo químico → energia potencial gravitacional → energia cinética
- b) energia potencial gravitacional → energia elástica → energia cinética
- c) energia cinética → energia resultante de processo químico → energia potencial gravitacional
- d) energia mecânica → energia luminosa → energia potencial gravitacional
- e) energia resultante do processo químico → energia luminosa → energia cinética



Questionário Final - Energia Mecânica:

- 1- Para você o que é energia cinética?
- 2- Como você definiria as energias potenciais?
- 3- O que é energia potencial gravitacional?
- 4- Se um objeto for solto da janela do 5º andar de um prédio, qual (is) é (são) a (s) energia (s) que o fará (ão) descer?
- 5- O que é conservação de energia?
- 6- O que é dissipação de energia?
- 7- Cite um exemplo de conversão de energia cinética em potencial gravitacional ou potencial gravitacional em cinética.
- 8- Explique como ocorrem as conversões de energia em um escorregador de playground.

Questões do Enem:

- 9- Uma das modalidades presentes nas olimpíadas é o salto com vara. As etapas de um dos saltos de um atleta estão representadas na figura:

Desprezando-se as forças dissipativas (resistência do ar e atrito), para que o salto atinja a maior altura possível, ou seja, o máximo de energia seja conservada, é necessário que.

- a) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica representada na etapa IV.
- b) a energia cinética, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa IV.
- c) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa III.
- d) a energia potencial gravitacional, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.
- e) a energia potencial gravitacional, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa III



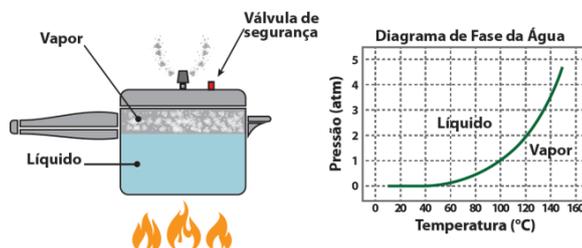
FÍSICA TÉRMICA

Questionário Inicial - Física Térmica

- 1- O calor é uma forma de energia? Explique.
- 2- O que é trabalho? É possível usar o calor para realizar trabalho mecânico? Explique.
- 3- O que é equilíbrio térmico? Explique.
- 4- Como ocorre a conservação de energia na Termodinâmica? Explique.
- 5- É possível uma máquina térmica converter 100% do calor em energia mecânica? Explique.
- 6- Qual o princípio de funcionamento de uma máquina térmica?
- 7- Você sabe como é “produzida” a energia elétrica em uma usina termoelétrica e termonuclear?

Questão do Enem:

8- (ENEM - MEC) O esquema da panela de pressão e um diagrama de fase da água são apresentados a seguir. A vantagem do uso de panela de pressão é a rapidez para o cozimento de alimentos e isto se deve



- à pressão no seu interior, que é igual à pressão externa.
- à temperatura de seu interior, que está acima da temperatura de ebulição da água no local.
- à quantidade de calor adicional que é transferida à panela.
- à quantidade de vapor que está sendo liberada pela válvula.
- à espessura da sua parede, que é maior que a das panelas comuns.

Atividade em Grupo - Física Térmica:

- Todos são máquinas térmicas? Explique.
- Em todas as demonstrações o trabalho mecânico é utilizado para realizar algo? Explique.
- Explique de forma resumida o funcionamento de a usina nuclear e termoeletrica? Explique a diferença entre essas usinas.

Questionário Final - Física Térmica

- O calor é uma forma de energia? Explique.
- O que é trabalho? É possível usar o calor para realizar trabalho mecânico? Explique.
- O que é equilíbrio térmico? Explique.
- Como ocorre a conservação de energia na Termodinâmica? Explique.
- É possível uma máquina térmica converter 100% do calor em energia mecânica? Explique.
- Qual o princípio de funcionamento de uma máquina térmica?
- Você sabe como é “produzida” a energia elétrica em uma usina termoeletrica e termonuclear?

Questão do Enem:

8- (ENEM - MEC) Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizado para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. Física Térmica. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

- liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

ELETROMAGNETISMO

Questionário Inicial - Eletromagnetismo

- 1- Como interagem dois ímãs em barras, em relação às forças de atração e repulsão entre eles?
- 2- É possível gerar um campo magnético ao redor de um fio condutor de corrente elétrica? Explique.
- 3- É possível gerar uma corrente elétrica em um fio condutor usando apenas um ímã? Explique.
- 4- Como funciona a geração de energia elétrica em uma usina hidrelétrica?
- 5- Um motor elétrico utiliza energia para funcionar, seria possível fazer o inverso, girar seu eixo para gerar energia elétrica?

Questão do Enem:

- 6- (ENEM - MEC) Deseja-se instalar uma estação de geração de energia elétrica em um município localizado no interior de um pequeno vale cercado de altas montanhas de difícil acesso. A cidade é cruzada por um rio, que é fonte de água para consumo, irrigação das lavouras de subsistência e pesca. Na região, que possui pequena extensão territorial, a incidência solar é alta o ano todo. A estação em questão irá abastecer apenas o município apresentado. Qual forma de obtenção de energia, entre as apresentadas, é a mais indicada para ser implantada nesse município de modo a causar o menor impacto ambiental?
- a) Termelétrica, pois é possível utilizar a água do rio no sistema de refrigeração.
 - b) Eólica, pois a geografia do local é própria para a captação desse tipo de energia.
 - c) Nuclear, pois o modo de resfriamento de seus sistemas não afetaria a população.
 - d) Fotovoltaica, pois é possível aproveitar a energia solar que chega à superfície do local.
 - e) Hidrelétrica, pois o rio que corta o município é suficiente para abastecer a usina construída.

Atividade em Grupo - Eletromagnetismo:

Leia o texto e reflita sobre o consumo de energia per capita e o índice de desenvolvimento humano de um país.

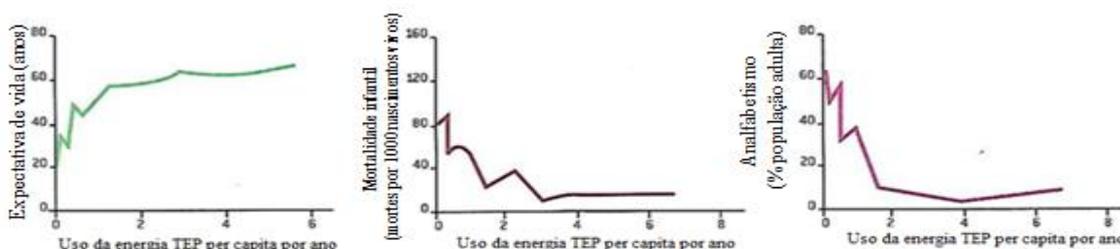
Resumo do artigo: Energia e sociedade de Joaquim Francisco de Carvalho

Neste artigo são examinadas certas correlações entre o consumo de energia e o estágio de desenvolvimento de uma sociedade, seus costumes e o grau de industrialização do país em que vive. **Até as últimas décadas do século passado, pensava-se que "sociedades mais evoluídas consomem necessariamente mais energia"**. Este pensamento ficou tão arraigado que chegava-se ao ponto de considerar que energia era um fim em si mesma e, por vezes, os cenários de alto consumo de energia eram chamados de "cenários otimistas", quando, na verdade, deveria ser o oposto, pois é evidente que, além de implicarem maiores agressões ao meio ambiente, tais cenários exigirão grandes sacrifícios da sociedade. **É certo que o desenvolvimento das sociedades ainda subdesenvolvidas requer um consumo de energia crescente em termos per capita; entretanto, uma vez alcançado uma razoável qualidade de vida, esse consumo pode estabilizar-se num estado estacionário.**

(Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, Brasil. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142014000300003>. Acesso em: 24/10/2019, grifo nosso).

Existe uma relação entre o consumo energético de um país e seus índices socioeconômicos, que estão representados nos gráficos a seguir que relacionam o uso da energia per capita ano com: expectativa de vida, mortalidade infantil e analfabetismo. Observe os gráficos e responda as questões abaixo.

Figura 1: Os gráficos relacionam o uso da energia per capita ano com: expectativa de vida, mortalidade infantil e analfabetismo.



Fonte: GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia, meio ambiente e desenvolvimento. 3 ed. São Paulo: Edusp, 2008.

Tonelada equivalente de petróleo (TEP): Unidade de energia. A TEP é utilizada na comparação do poder calorífico de diferentes formas de energia com o petróleo. **Uma TEP corresponde à energia que se pode obter a partir de uma tonelada de petróleo padrão.** Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_fatoresdeconversao_indice.pdf. Acesso em: 24/10/2019.

Questões

1- Segundo os gráficos, quais as relações entre o uso da energia TEP^* per capita ano com: expectativa de vida, mortalidade infantil e analfabetismo?

2- (ENEM) As sociedades modernas necessitam cada vez mais de energia. Para entender melhor a relação entre desenvolvimento e consumo de energia, procurou-se relacionar o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de vários países com o consumo de energia nesses países.

O **IDH** é um indicador social que considera a **longevidade**, o **grau de escolaridade**, o **PIB (Produto Interno Bruto) per capita** e o **poder de compra** da população. Sua variação é de 0 a 1. Valores do IDH próximos de 1 indicam melhores condições de vida.

Tentando-se estabelecer uma relação entre o IDH e o consumo de energia per capita nos diversos países, no biênio 1991-1992, obteve-se o gráfico abaixo, onde cada ponto isolado representa um país, e a linha cheia, uma curva de aproximação.

Com base no gráfico, é correto afirmar que:

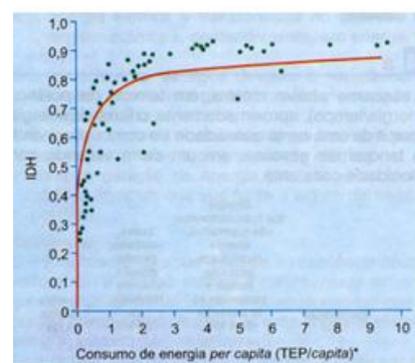
a) quanto maior o consumo de energia per capita, menor é o IDH.

b) os países onde o consumo de energia per capita é menor que 1 TEP não apresentam bons índices de desenvolvimento humano.

c) existem países com IDH entre 0,1 e 0,3 com consumo de energia per capita superior a 8 TEP.

d) existem países com consumo de energia per capita de 1 TEP e de 5 TEP que apresentam aproximadamente o mesmo IDH, cerca de 0,7.

e) os países com altos valores de IDH apresentam um grande consumo de energia per capita (acima de 7 TEP).



* TEP: Tonelada equivalente de petróleo.

Fonte: GOLDEMBERG, J. Energia, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo: Edusp, 1998

Questionário Final - Eletromagnetismo

- 1- Como interagem dois ímãs em barras, em relação às forças de atração e repulsão entre eles?
- 2- É possível gerar um campo magnético ao redor de um fio elétrico? Explique.
- 3- É possível gerar uma corrente elétrica em um fio elétrico usando apenas um ímã? Explique.
- 4- Como funciona a geração de energia elétrica em uma usina hidrelétrica?
- 5- Um motor elétrico utiliza energia para funcionar, seria possível fazer o inverso, girar seu eixo para gerar energia elétrica?

Questão do Enem:

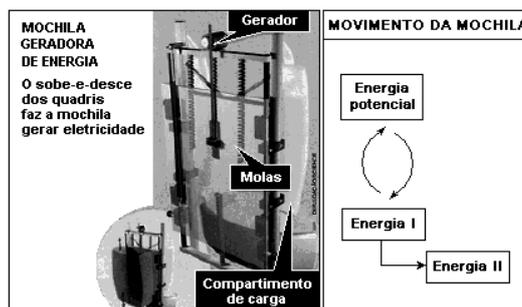
6- (ENEM - MEC) Com o projeto de mochila ilustrado na figura 1, pretende-se aproveitar, na geração de energia elétrica para acionar dispositivos eletrônicos portáteis, parte da energia desperdiçada no ato de caminhar. As transformações de energia envolvidas na produção de eletricidade enquanto uma pessoa caminha com essa mochila podem ser esquematizadas conforme ilustrado na figura 2.

- A mochila tem uma estrutura rígida semelhante à usada por alpinistas.
- O compartimento de carga é suspenso por molas colocadas na vertical.

- Durante a caminhada, os quadris sobem e descem em média cinco centímetros. A energia produzida pelo vai-e-vem do compartimento de peso faz girar um motor conectado ao gerador de eletricidade.

As energias I e II, representadas no esquema anterior, podem ser identificadas, respectivamente, como

- a) cinética e elétrica.
- b) térmica e cinética.
- c) térmica e elétrica.
- d) sonora e térmica.
- e) radiante e elétrica.



Istoé, n.º 1.864, set./2005, p. 69 (com adaptações).

Apêndice A2

PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo **ufscar** Sorocaba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**MANUAL PARA A CONSTRUÇÃO DE
EXPERIMENTOS COM REAPROVEITAMENTO E
MATERIAIS DE BAIXO CUSTO EM AULAS DE
FÍSICA SOBRE: MECÂNICA, FÍSICA TÉRMICA E
ELETROMAGNETISMO**

MARILIN CELISA CANNAVAN

ORIENTADORA: PROF^ª. DR^ª. ANA LÚCIA BRANDL

CO-ORIENTADORA: PROF^ª. DR^ª. FERNANDA KEILA MARINHO DA SILVA

Sorocaba - SP
Abril de 2021

INTRODUÇÃO

Trabalhando como professora em escolas públicas do Estado de São Paulo desde 2007, reconheço as dificuldades que os professores encontram para ministrarem suas aulas; dentre elas, uma das principais é a falta de recursos. Por esse motivo, é necessário adaptar materiais e minimizar custos das aulas para não inviabilizá-las e, com esse objetivo foi elaborado esse produto educacional contendo roteiros de montagem de experimentos com descrição detalhada e exposição de propostas de adaptações de materiais, em que a matéria prima sugerida para a construção é de baixo custo, com opções de reaproveitamento de peças encontradas em objetos do nosso cotidiano e de fácil aquisição, na tentativa de facilitar o trabalho do professor que desejar utilizá-los.

A minha motivação em propor um produto educacional relacionado à atividade experimental está diretamente vinculada ao meu interesse por essa prática. Desde a infância, tenho curiosidade em compreender o funcionamento de alguns objetos do cotidiano e agora, como professora, reconheço a relevância desse tipo de estratégia didática para o ensino-aprendizagem, além de ser atrativa para os discentes.

Neste produto educacional, serão descritos os processos de montagem e, brevemente, a Física envolvida nos experimentos: Montanha-Russa de Papel Cartão, Minigerador Termoelétrico e Gerador de Indução Eletromagnética. Os três experimentos foram retirados do site Manual do Mundo, com a realização de algumas adaptações didáticas para que sejam utilizados em sala de aula, objetivando facilitar a execução e evidenciar conceitos essenciais da Física abordados nas aulas para o Ensino Médio.

No site do Manual do Mundo são apresentados vídeos que demonstram a construção e informações sobre os experimentos propostos, mas não são disponibilizados os roteiros escritos (informação baseada em pesquisa realizada até o ano de 2018, em que iniciei os estudos para a escrita desse produto educacional) que possibilitariam uma visão geral sobre a montagem desses experimentos, agilizando a conclusão do professor no tocante a atender à necessidade da aula planejada e da viabilidade da construção do experimento no contexto de sala de aula.

Acreditamos na importância da disponibilidade dos roteiros escritos dos experimentos e dos vídeos instrucionais de montagem, pois um meio complementa o outro para a compreensão e a reflexão sobre a construção do experimento.

Ao final de cada roteiro de experimento, foi sugerido e disponibilizado o link de recursos pedagógicos complementares que apresentam vínculo conceitual com os experimentos propostos nesse produto educacional.

SUMÁRIO

EXPERIMENTO 1: MONTANHA-RUSSA DE PAPEL CARTÃO	7
EXPERIMENTO 2: MINIGERADOR TERMOELÉTRICO	16
EXPERIMENTO 3: GERADOR DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	24

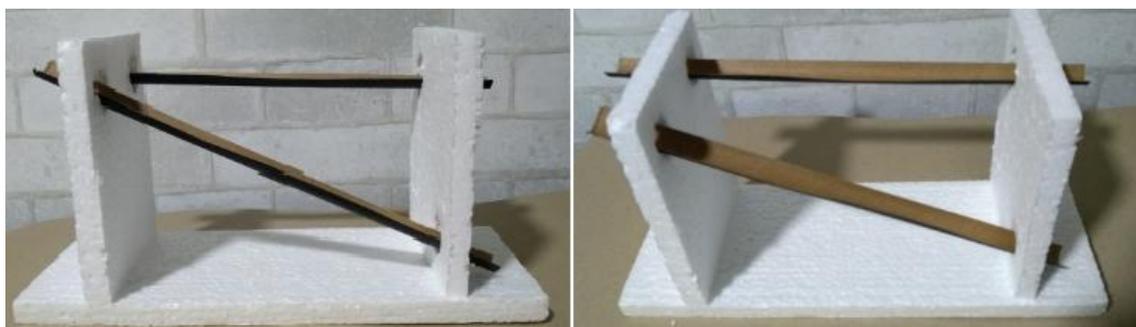
Roteiros dos Experimentos

EXPERIMENTO 1: MONTANHA-RUSSA DE PAPEL CARTÃO

O objetivo principal desse experimento foi discutir a conversão de energia potencial gravitacional em energia cinética. Foram feitas comparações entre as duas rampas (mais inclinada e a menos inclinada), em relação à energia potencial gravitacional armazenada e a energia cinética na extremidade inferior das rampas, estando essa grandeza diretamente relacionada à velocidade final do projétil que desce a rampa, Figura 1.

Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 5,00 (considerando que foram comprados apenas o isopor e o papel cartão, pois os demais materiais foram reaproveitados de objetos existentes na casa da pesquisadora).

Figura 1: Experimento Montanha-Russa de Papel Cartão finalizada.



Fonte: Elaborado pela autora.

Materiais utilizados (em negrito):

Alguns dos materiais citados abaixo podem ser adaptados. Descrevem-se detalhadamente os materiais a serem utilizados para facilitar a compreensão e possíveis adaptações na montagem.

→ **2 Bolinhas de borracha de aproximadamente 1 cm (bolinha vedante de torneira - forsan)** ou substitua por qualquer outra bolinha de aproximadamente 1 cm;

→ **Uma folha de papel cartão**, para recortar duas tiras (30 cm x 3 cm);

→ **Uma placa de isopor de 100 cm x 50 cm x 10 mm**, para recortar as seguintes peças:

- 3 pedaços da placa de isopor, que servirão de apoio e estrutura: uma base (33 cm x 12cm) e duas peças estruturais iguais (15 cm x 12 cm);

- 3 pedaços de isopor que servirão de contenção para as bolinhas em queda das canaletas ao final da descida, serão duas de 6 cm x 2 cm e uma de 12 cm x 2 cm;

→ **Estilete, tesoura, cola quente** (cuidado ao usar cola quente no isopor! esquentar apenas o suficiente para derreter a cola, pois se estiver muito quente derreterá o isopor) **ou cola de isopor, régua, lápis.**

Montagem:

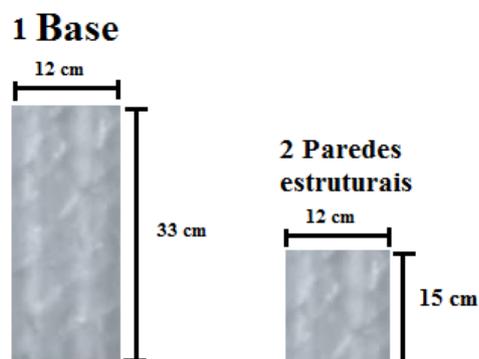
Recorte os pedaços de isopor com régua e estilete, na tentativa de manter um corte mais bem acabado, ver figura 2. Com o isopor, faremos a estrutura da montanha-russa, que serão necessárias as seguintes peças de isopor: uma base retangular (33 cm x 12 cm), dois retângulos estruturais iguais (15 cm x 12 cm) e as peças de **contenção da bolinha ao final do deslocamento das rampas** - dois retângulos (6 cm x 2 cm) e uma peça (12 cm x 2 cm), Figuras 2 e 3.

Figura 2: Retângulo de isopor usado na base da montanha-russa.



Fonte: Elaborado pela autora.

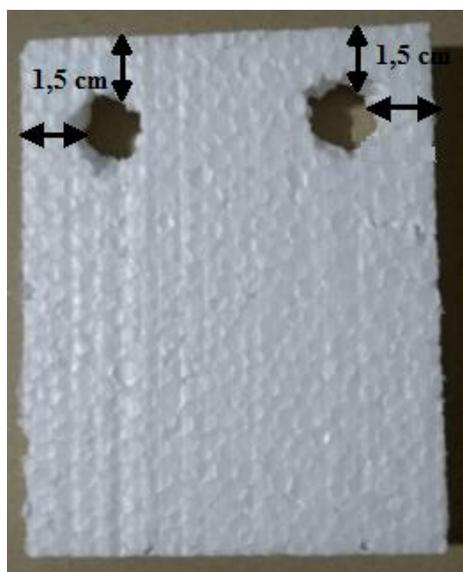
Figura 3: Base da montanha-russa e estruturas para as canaletas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Pegue uma das partes estruturais da montanha-russa e faça dois furos usando a ponta de um lápis, eles devem ser paralelos e com aproximadamente 2 cm de diâmetro e a uma distância de 1,5 cm da extremidades laterais, como na Figura 4 e 5;

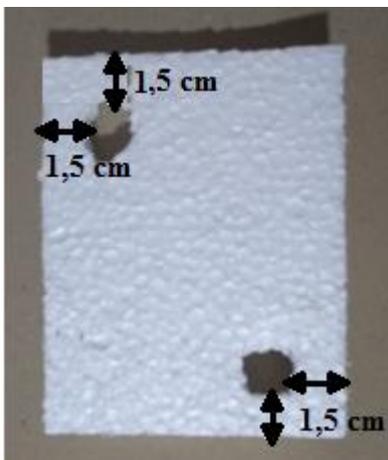
Figura 4: Em uma das paredes estruturais, fazer dois furos paralelos de aproximadamente 2 cm de diâmetro e distantes 1,5 cm das extremidades laterais.



Fonte: Elaborado pela autora.

Pegue a outra peça estrutural e faça dois furos na diagonal, como na figura 5;

Figura 5: Furos da outra parede estrutural, na diagonal e distante das extremidades laterais 1,5 cm e com diâmetro aproximado de 2 cm.



Fonte: Elaborado pela autora.

Recorte as duas canaletas de papel cartão de 30 cm de comprimento por 3 cm de largura, Figura 6;

Figura 6: Duas canaletas de papel cartão usadas na construção da montanha-russa.



Fonte: Elaborado pela autora.

Com uma caneta, curve as canaletas dando o formato arredondado para que, quando a bolinha descer, ela não saia do percurso, Figura 7;

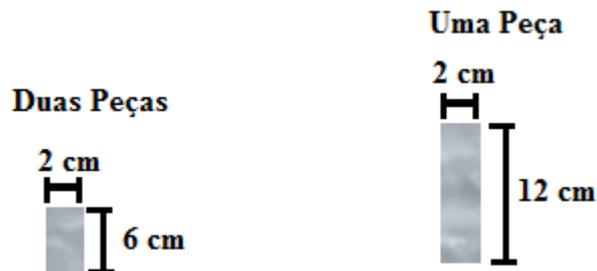
Figura 7: Curvando o papel cartão das canaletas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Vamos recortar as peças de isopor que servirão para segurar as bolinhas ao final da descida, Figura 8;

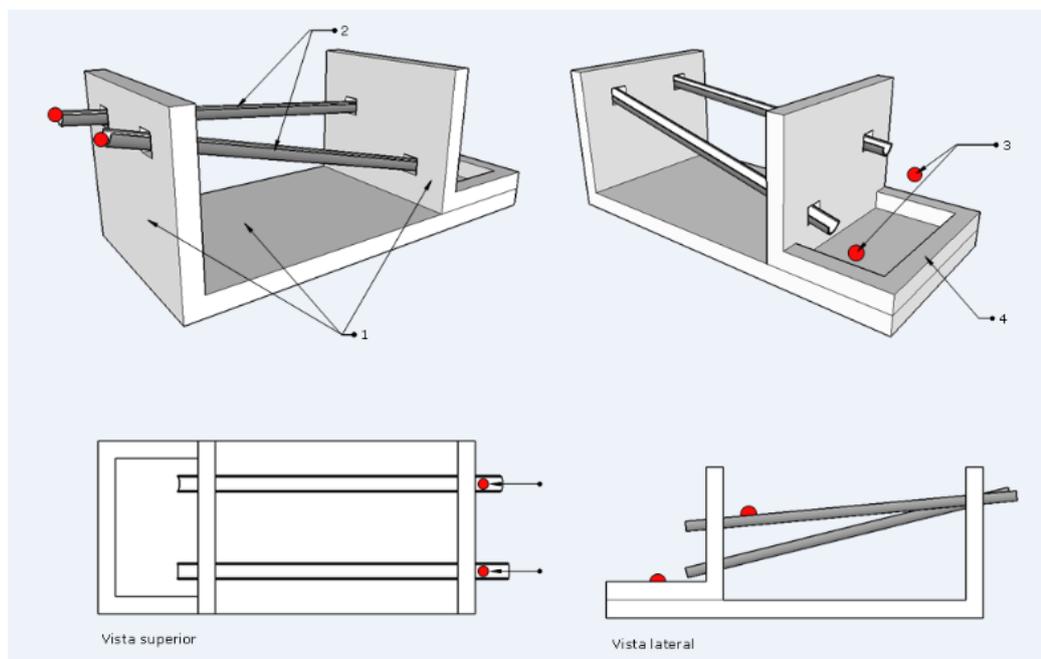
Figura 8: Peças de isopor para a contenção da bolinha ao final do deslocamento pelas rampas.



Fonte: Elaborado pela autora.

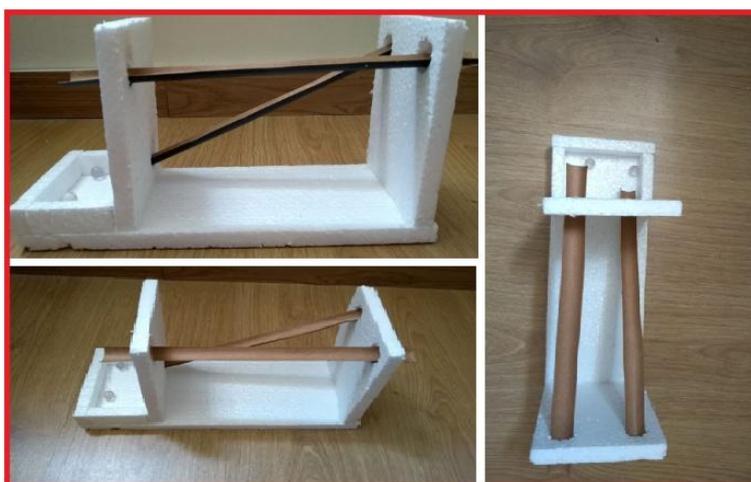
Agora encaixe cada extremidade das tiras de papel cartão nos furos dos isopores estruturais e cole a base de isopor, como na Figura 9 e 10;

Figura 9: Esquema exemplificando o experimento montanha-russa de papel cartão, sendo: (1) estrutura da montanha-russa feita de isopor, (2) canaletas de papel cartão com inclinações diferentes, (3) bolinhas de silicone - projétil e (4) barreira de contenção do projétil.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 10: Montanha-russa de papel cartão finalizada, com duas rampas de inclinações diferentes para testar a Energia Mecânica, construída com isopor e papel cartão.



Fonte: Elaborado pela autora.

O que pode dar errado nesse experimento:

Não há muito que dar errado nesse experimento, mas é importante ficar atento as medidas das peças e a posição dos furos dos quais passarão as canaletas. Uma variação e reflexão interessante nesse experimento seria a mudança do material de confecção das canaletas, com o objetivo de observar a alteração no atrito com a superfície durante o deslocamento do objeto.

A Física envolvida no experimento:

Nesse experimento sugerimos a discussão sobre conversão de energia potencial gravitacional em energia cinética. É interessante propor aos alunos a reflexão sobre as perguntas:

Comparando as duas rampas (mais inclinada com a menos inclinada), em qual delas a bolinha chegará ao final com maior energia cinética e, conseqüentemente, maior velocidade? Em um parque de diversões, após o início do movimento, é possível que o carrinho de uma montanha-russa se desloque sem nenhum motor?

A seguir, descrevemos no Quadro 1 algumas vantagens e desvantagens do experimento montanha-russa de papel cartão.

Quadro 1: Quadro de vantagens e desvantagens do experimento montanha-russa de papel cartão.

Vantagens	Desvantagens
Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 5,00 (considerando que foram comprados apenas o isopor e o papel cartão, os demais materiais foram reaproveitados de outros objetos do cotidiano).	Transporte do experimento.
Possível a comparação simultânea de uma pista mais inclinada com outra menos inclinada. Sistema real que possibilita verificar com clareza a variação de velocidade do projétil de uma pista comparada a outra.	Se o experimento fosse maior facilitaria visualização a uma distância maior.
Oportunidade para falar sobre atrito com a superfície e arrasto.	Impossibilidade de desconsiderar atrito com a superfície e arrasto.

Sugestão de recurso pedagógico complementar para a aula:

Simulador do PhET - Física Energia na Pista de Skate, Figura 11, no qual é possível abordar os conceitos das energias: cinética, potencial gravitacional, mecânica e térmica (como dissipação de energia). Esse simulador é dividido em três fases, havendo algumas variações em cada fase, sendo que na primeira se desconsiderando a energia térmica (essa é uma vantagem se comparado a experimentos reais, nos quais não é possível simular ausência de dissipação de energia); na segunda fase são apresentados os mesmos recursos da primeira, só com o acréscimo da energia térmica e na terceira fase a pista de skate pode ser construída, apresenta os mesmos recursos das anteriores.

Na simulação é possível verificar por meio de gráficos de barras e setorial as conversões de energias, existem também outros itens interessantes, como: o marcador de velocidade (possibilitando associar com a mudança na energia cinética durante o deslocamento do skatista) e variar a massa (skatista - skate) para observar a relação entre essa alteração com a variação nas conversões de energias.

Figura 11: Simulador do PhET - Física - Energia na Pista de Skate, no qual é possível abordar os conceitos das energias: cinética, potencial gravitacional, mecânica e térmica. Fases do mesmo simulador: em (a) nessa fase da simulação é desconsiderada a energia térmica (dissipação) no movimento do skatista; já na segunda fase do mesmo simulador (b), a energia térmica é considerada no movimento do skatista e na fase (c) é possível construir a pista que o skatista irá se deslocar.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt_BR.html. Acesso em: Agosto/2019.

Link:

Simulador do PhET – Física: Energia na Pista de Skate
https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt_BR.html

EXPERIMENTO 2: MINIGERADOR TERMOELÉTRICO

O objetivo principal desse experimento, Figura 12, foi discutir sobre a conservação da energia, convertendo energia térmica em elétrica, estabelecendo conexão com a primeira lei da Termodinâmica.

Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 30,00 (considerando que foram comprados apenas a placa Peltier (com frete), pasta térmica e o Led, pois os demais materiais foram reaproveitados de objetos existentes na casa da pesquisadora).

Figura 12: Experimento Minigerador Termoelétrico em funcionamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

Materiais utilizados (em negrito):

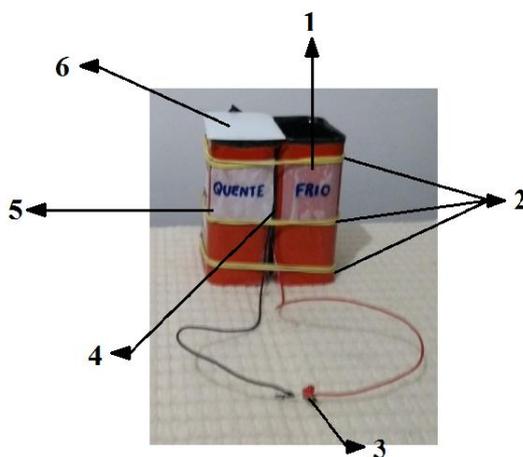
Alguns dos materiais citados abaixo podem ser adaptados, como o LED, que pode ser substituído por um motor de carrinho de brinquedo, pois a função do LED é apenas

demonstrar a energia elétrica “gerada”. As adaptações dos materiais ficarão a critério e criatividade da pessoa que construirá o experimento.

Descreverei detalhadamente os materiais a serem utilizados para facilitar a compreensão e possíveis adaptações na montagem, Figura 13.

- **2 latas retangulares e iguais**, para fazerem os reservatórios, quente e frio;
- **1 placa Peltier**, pode ser reaproveitado do sistema de refrigeração ou de componentes eletrônicos ou refrigeração de bebedouros;
- **Pasta térmica - uma embalagem de 10 g**;
- **1 LED (cor opcional)**;
- **Fita isolante**, para revestir ligação do LED no fio da placa Peltier;
- **Elásticos de borracha** (do tipo utilizado para prender dinheiro), aproximadamente 12 unidades para unir satisfatoriamente as latas à placa Peltier, como na Figura 13;
- **Bandeja de isopor (dessas que compramos com carne) ou tampa de embalagem plástica**, esses materiais são sugestões para a confecção da tampa para o reservatório quente;
- **Água fria, gelo e água fervendo**, para os reservatórios, frio e quente;
- **Pilha de 1,5 V**, para identificar a face quente e a fria da placa Peltier;
- **Adesivo e caneta** para identificar os reservatórios: quente e frio;
- **2 colheres pequenas de sal**, para colocar na fonte fria, com o objetivo de baixar a temperatura.

Figura 13: Foto do Minigerador Termoelétrico, que é composto por: (1) reservatório frio, (2) elásticos, (3) LED, (4) placa Peltier com pasta térmica entre os reservatórios frio e quente, (5) reservatório quente e (6) tampa do reservatório quente.



Fonte: Elaborado pela autora.

Materiais Complementares: esses materiais foram considerados opcionais, pois não influenciarão no funcionamento do experimento, mas servirão para melhorar a demonstração do mesmo, verificando as medidas de: tensão e corrente elétrica, tempo e temperatura.

- Multímetro, para medir tensão e corrente elétrica;
- 2 termômetros culinários (foram usados esses e não o clínico, pois ele mede temperaturas entre -50°C a $+300^{\circ}\text{C}$);
- Cronômetro.

Montagem:

Antes de iniciar a montagem do experimento, faça o teste para identificar a face da placa Peltier que ficará voltada para o reservatório quente e qual será o frio. Nesse teste, pegue a placa Peltier e ligue na pilha, de maneira que o fio vermelho da placa seja colocado no polo positivo da pilha e o preto no negativo, e sinta com suas mãos o lado que aquece. Essa face deverá ficar voltada para o reservatório onde será colocada a água quente e a outra face para o reservatório frio;

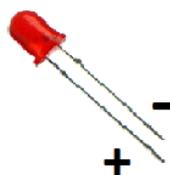
Após o teste, pegue a placa Peltier e passe a pasta térmica nas duas faces que ficarão em contato com as latas;

Coloque a placa Peltier entre as latas e identifique-as com a fita adesiva, conforme mostrado na Fig. 12;

Passa o elástico de borracha de forma a fixar a placa entre as duas latas, sendo quatro em cima, quatro no meio e quatro em baixo. Quanto maior o contato, melhor será a condução do calor do reservatório quente para a placa Peltier;

Ligue o LED, polo positivo no fio vermelho da placa Peltier e polo negativo no fio preto, veja na Figura 14, a polaridade do LED;

Figura 14: Polaridade do LED.



Fonte: Elaborado pela autora.

Coloque água fervendo no reservatório quente e água gelada com gelo no reservatório frio;

Tampe o reservatório quente na tentativa de diminuir a perda de calor por meio da convecção.

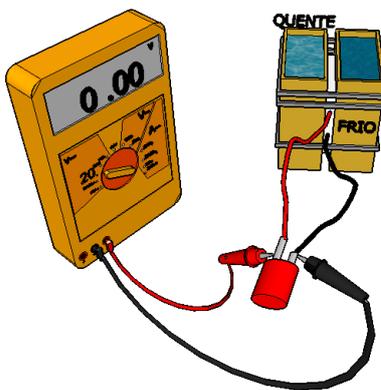
Etapas Opcionais: coletando dados das temperaturas, tensões e correntes elétricas; e tempo de duração no funcionamento do experimento.

Após colocar água nos dois reservatórios, insira um termômetro em cada um deles para medir as temperaturas, observar a variação entre elas e a conseqüente influência na luminosidade do LED, de maneira que a intensidade luminosa está diretamente relacionada com o tempo de “geração” de energia;

Acione o cronômetro para medir o tempo de duração na geração de energia elétrica e desligue o cronômetro quando o LED apagar;

Ligue um multímetro em paralelo com o LED para medir a tensão gerada no experimento, então, selecione na chave do multímetro a opção de voltagem contínua (V ---) 20, como na Figura 15;

Figura 15: Multímetro ligado em paralelo no experimento, para medir a tensão elétrica no circuito (imagem fora de escala).

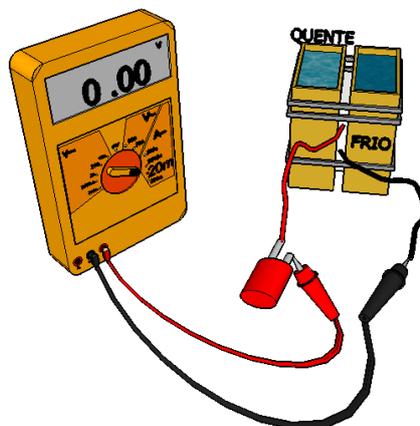


Fonte: Elaborado pela autora.

Posteriormente, ligue o multímetro em série com o experimento, com o objetivo de medir a corrente elétrica gerada para observar sua influência na luminosidade do LED;

Para medir corrente elétrica no multímetro, selecione a opção de corrente contínua (A ---) 20m, ver Figura 16;

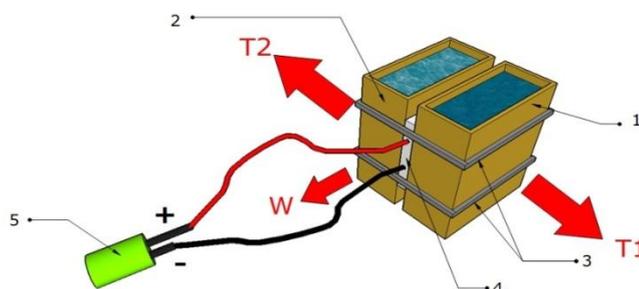
Figura 16: Multímetro ligado em série no experimento para medir a corrente elétrica gerada no circuito (imagem fora de escala).



Fonte: Elaborado pela autora.

Quando a luminosidade do LED estiver baixa, acrescente o sal no reservatório de água fria. Como resultado, a temperatura irá baixar e a luminosidade do LED irá se restabelecer permanecendo aceso por mais um curto período de tempo. Veja a seguir um esquema ilustrativo da montagem do experimento Minigerador Termoelétrico, Figura 17, e uma imagem do experimento finalizado e em funcionamento, Figura 18.

Figura 17: Esquema ilustrativo mostrando a montagem do experimento. O sistema é composto por (1) lata de azeite com água quente, (2) lata de azeite com água fria, (3) elásticos, (4) placa termoelétrica - Peltier com camada de pasta térmica em cada face da placa - que es quente e a que esfria - e (5) LED.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 18: Experimento Minigerador Termoelétrico em funcionamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

O que pode dar errado nesse experimento:

Nesse experimento é importante ficar atento ao teste da placa Peltier para identificar a face que ficará voltada para cada reservatório de água - quente e frio (página 18) não se esquecendo de passar a pasta térmica nas faces da placa antes da montagem do experimento, outro ponto de atenção é para a ligação do LED na placa Peltier (página 18).

A Física envolvida no experimento

Nesse experimento sugerimos a discussão sobre conservação da energia, convertendo energia térmica em elétrica, estabelecendo conexão com a primeira lei da Termodinâmica. Outros temas interessantes de serem abordados são: processo endotérmico, convecção, efeito Seebeck e Peltier, dissipação de energia, funcionamento das usinas termoelétricas e termoeletrônicas, estando esses temas relacionados com o experimento em questão. Sugestões de perguntas:

Quais são os meios de “geração” da energia elétrica? É possível “gerar” energia elétrica por meio do calor? Como funciona uma termoelétrica? É viável utilizar um gerador como o da aula para abastecer uma residência?

Observação

Ao colocar o sal no reservatório frio para baixar sua temperatura, cria-se o processo chamado endotérmico, o qual o sal absorve calor da água. Com isso, prolongamos o tempo de funcionamento da placa Peltier, pois quando a lâmpada de LED diminuir sua luminosidade,

devido à redução na variação de temperatura nos reservatórios, o acréscimo de sal aumentará a diferença entre elas, restabelecendo o funcionamento por um breve período.

A seguir, descrevemos no Quadro 2 algumas vantagens e desvantagens do experimento Minigerador Termoelétrico.

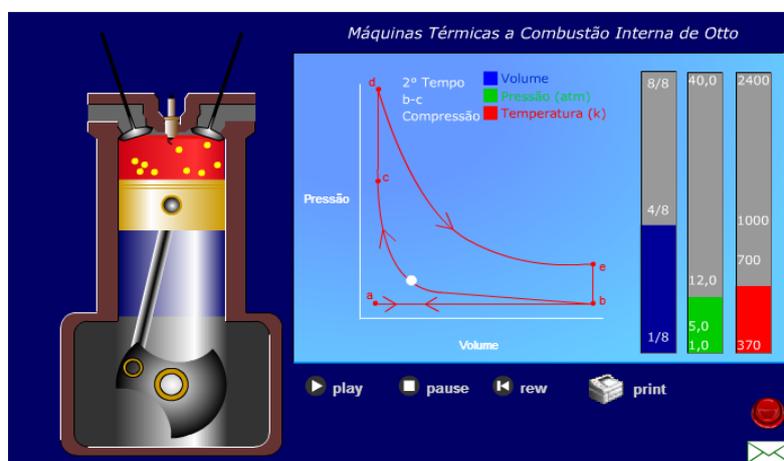
Quadro 2: Quadro de vantagens e desvantagens do experimento Minigerador Termoelétrico.

Vantagens	Desvantagens
Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 30,00 (considerando que foram comprados apenas: a placa Peltier - com frete, pasta térmica e o LED, os demais materiais foram reaproveitados de outros objetos do cotidiano).	Se a variação de temperatura entre fonte quente e fria não for considerável o experimento não funcionará.
Demonstra de forma satisfatória as conversões de energia.	Dificuldade de descolamento do experimento junto com garrafas térmicas (água quente e fria), e fragilidade.
Demonstra o princípio básico de funcionamento das máquinas térmicas.	É importante a manutenção a cada reutilização do experimento.

Sugestões de recursos pedagógicos complementares para a aula:

Animações sobre o ciclo de Otto (Figura 19) e do ciclo Diesel (Figura 20), sendo que a primeira apresenta por meio de um vídeo as etapas do motor ciclo Otto e seu respectivo diagrama pV e gráficos indicando o estado da substância no cilindro do motor.

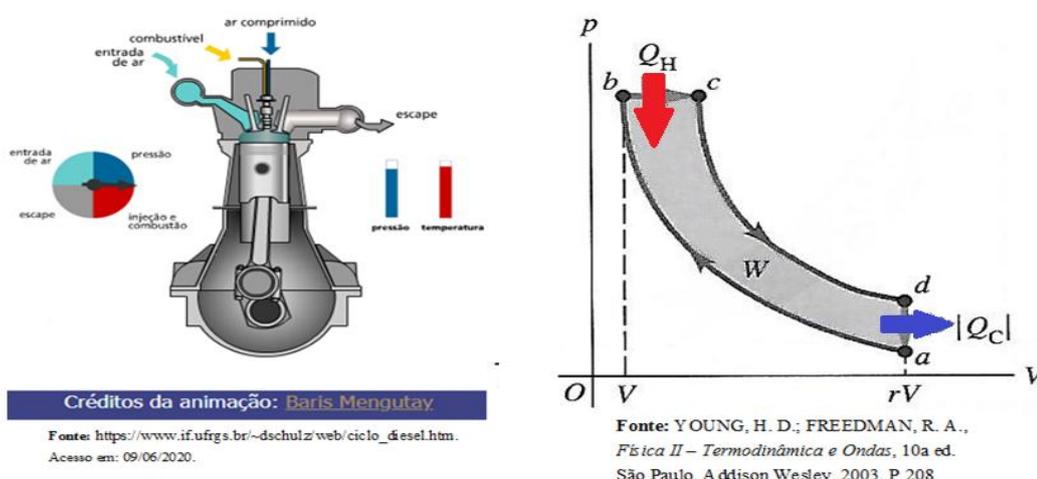
Figura 19: Animação com o ciclo do motor Otto e seu diagrama pV.



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/termodinamica/motor.html>. Acesso em: 09/06/2020.

A segunda animação é sobre os tempos do ciclo Diesel e seu diagrama pV idealizado, Figura 20, possibilitando a realização de comparações entre algumas etapas (ciclos Otto e Diesel) que diferem um motor do outro, sendo que no Diesel não é necessário vela de ignição para a explosão, na admissão a válvula se abre e há a entrada apenas do ar que será comprimido até a capacidade máxima, elevando assim a temperatura e só, então, o combustível será injetado, provocando a explosão da mistura (ar e combustível), não sendo necessário dispositivo faiscador (vela) para a ignição. No diagrama pV ideal estão destacados a entrada de calor no sistema “fonte quente” e a saída do calor do sistema (escape do gás) “fonte fria”.

Figura 20: Animação com o ciclo do motor Diesel e o diagrama pV idealizado.



Links:

Animação ciclo do motor Otto https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_diesel.htm

Animação ciclo do motor Diesel <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/termodinamica/motor.html>

EXPERIMENTO 3: GERADOR DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

O objetivo principal desse experimento, Figura 21, foi discutir a transformação da energia cinética de oscilação dos ímãs em energia elétrica e indução eletromagnética.

Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 30,00 (considerando que foram comprados apenas: os super ímãs (com frete) e os Leds, pois os demais materiais foram reaproveitados de objetos existentes na casa da pesquisadora).

Figura 21: Experimento Gerador de Indução Eletromagnética.



Fonte: Elaborado pela autora.

Materiais utilizados (em negrito):

Alguns dos materiais citados abaixo podem ser adaptados, descreverei detalhadamente os materiais a serem utilizados para facilitar a compreensão e possíveis adaptações na montagem.

→ **2 seringas de 5 ml sem os êmbolos**, foram escolhidas seringas com esse volume por seu diâmetro ser aproximado ao dos ímãs de 1 cm (diâmetro), o que facilita seu deslocamento, portanto, elas servirão de estrutura para o gerador, ou, então, substitua por qualquer recipiente que tenha aproximadamente 1,5 cm de diâmetro e 14 cm de comprimento;

→ **fio de cobre esmaltado**, que será utilizado para enrolar a bobina, **aproximadamente 40 m de comprimento por 0,5 mm de espessura**. O fio de cobre pode ser encontrado em bobinas usada de: motores elétricos, alto-falantes, entre outras;

→ **4 super ímãs (ímãs de neodímio) circular** de aproximadamente **1cm de diâmetro** por 0,3 cm de profundidade, é necessário que o diâmetro seja um pouco menor que o da seringa, facilitando a oscilação dos ímãs dentro do recipiente (é possível encontrar esse tipo de ímã em fones de ouvido, leitores de DVD, disco rígido, entre outros; mas há a dificuldade em relação ao formato desses para o experimento, porque é necessário que se mantenha o ímã na mesma direção sempre, com as polaridades perpendiculares às espiras, sendo essencial que esse ímã se desloque no interior da espira ao oscilar o experimento);

→ **2 LED vermelho** ou qualquer outra cor;

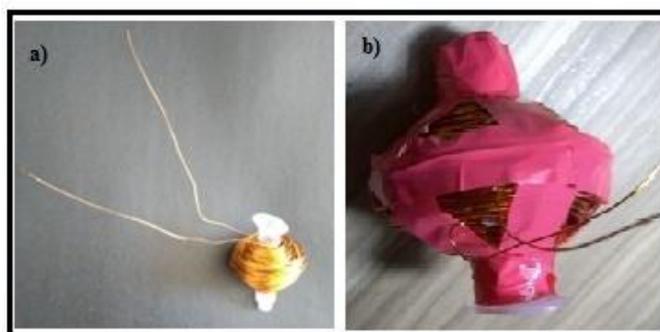
→ **cola branca, fita adesiva** para finalizar a bobina, **estilete** para tirar o esmalte do fio.

Montagem:

Inicia-se pegando as seringas, retiramos os êmbolos e descartamos, pois iremos utilizar apenas os cilindros;

Pega-se o fio de cobre esmaltado, deixando aproximadamente 50 cm de fio sobrando antes de enrolar a bobina, e, ao final, deixaremos também 50 cm de fio, que serão ligados nas lâmpadas de LED, como na Figura 22;

Figura 22: Montagem da bobina do Gerador de Indução Eletromagnética, em: a) bobina enrolada sobre cilindro da seringa e b) bobina enrolada, colada e com fita adesiva para não soltar o fio de cobre.



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao longo do processo de enrolar a bobina na seringa, é necessário ir puxando o fio para evitar que fique frouxo e acabe desenrolando. Uma dica para manter os fios da bobina unidos é, a cada sequência de voltas do fio, passar sobre eles uma quantidade generosa de cola branca e repetir o processo até finalizar a bobina;

Enrole 600 voltas de fio de cobre esmaltado sobre uma das seringas, localizado no centro ou mais deslocado para a parte de cima próximo à extremidade oposta à que ficaria a agulha, pois a intenção é que a bobina fique posicionada nessa região para aumentar o espaço de oscilação dos ímãs saindo do campo de interação com a bobina, pois, ao final, juntaremos as duas seringas, aumentando o espaço de oscilação dos ímãs dentro das seringas, veja na Figura 23;

Após enrolar a bobina e a cola secar, passamos fita adesiva (em vermelho na Figura 23) sobre sua extensão;

Coloque os super ímãs dentro da seringa e junte as duas seringas com fita adesiva, como na Figura 23;

Figura 23: Estrutura do Gerador de Indução Eletromagnética montada.



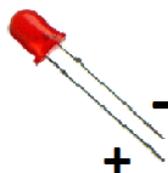
Fonte: Elaborado pela autora.

Descasque as extremidades do fio de cobre para retirar o esmalte e assim permitir o contato elétrico, sugestão: raspe com a lâmina do estilete em todos os lados das extremidades dos fios.

Agora ligue as duas lâmpadas LED, o polo positivo de uma com negativo da outra (ver polaridade do LED na Figura 24). A intenção é, quando o experimento estiver funcionando,

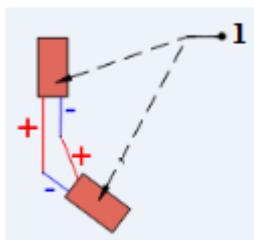
intercalar as lâmpadas acesas com a inversão do sentido da corrente elétrica (Figura 25), então, após ligarmos essa associação de LEDs nas extremidades dos fios da bobina, passe fita isolante e, agora, é só chacoalhar o ímã para as lâmpadas acenderem, Figura 26.

Figura 24: Polaridade do LED.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 25: Esquema da ligação dos LEDs associados, assim havendo sempre um deles aceso na inversão do sentido da corrente elétrica.



Fonte: Elaborado pela autora.

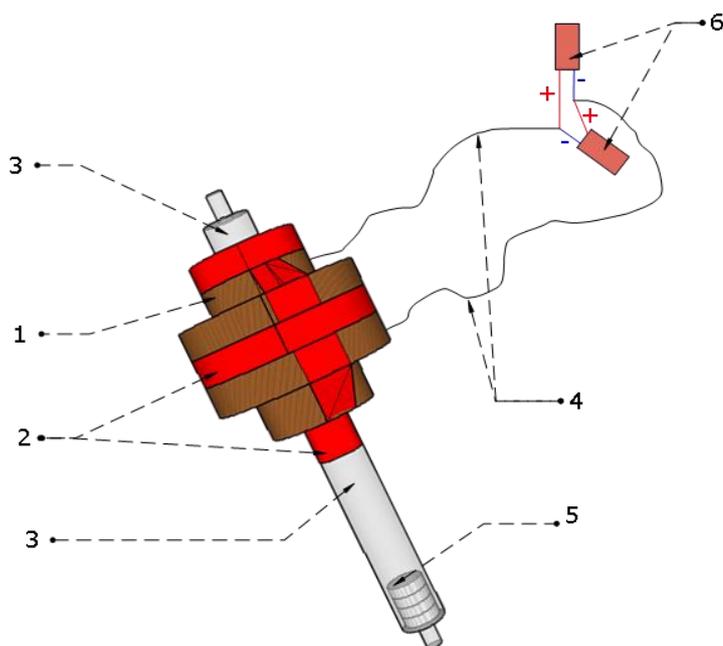
Figura 26: Ligação dos LEDs.



Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir, na Figura 27, está o esquema ilustrativo detalhado da montagem do experimento Gerador de Indução Eletromagnética e o trabalho finalizado na Figura 28.

Figura 27: Esquema ilustrativo mostrando a montagem do experimento, sendo composto por (1) bobina de fio de cobre esmaltado enrolado sobre cilindro de seringa, (2) fita adesiva para fixar a bobina a não desmontar, (3) dois cilindros de seringas que formam a estrutura do gerador, (4) extremidades da bobina, (5) super ímãs e (6) dois LEDs associados.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 28: Experimento Gerador de Indução Eletromagnética finalizado.



Fonte: Elaborado pela autora.

O que pode dar errado nesse experimento:

Nesse experimento é importante ficar atento a confecção da bobina, pois é necessário fazer a quantidade de espiras descritas no roteiro e para facilitar o seu trabalho no momento de executar essa tarefa siga as sugestões propostas no roteiro de montagem do experimento. Outro ponto importante na execução desse experimento está em não se esquecer de descascar a região do fio de cobre que será conectado aos LEDs, todas essas orientações se encontram nas páginas 25 e 26 desse produto educacional.

A Física envolvida no experimento:

Nesse experimento, sugere-se a discussão sobre conservação, convertendo energia cinética dos ímãs em energia elétrica, e indução eletromagnética. Sugestões de perguntas:

Como é “gerada” a energia elétrica no experimento? O que é indução eletromagnética?

A seguir, descrevemos no Quadro 3 algumas vantagens e desvantagens do experimento Gerador de Indução Eletromagnética.

Quadro 3: Quadro de vantagens e desvantagens do experimento Gerador de Indução Eletromagnética.

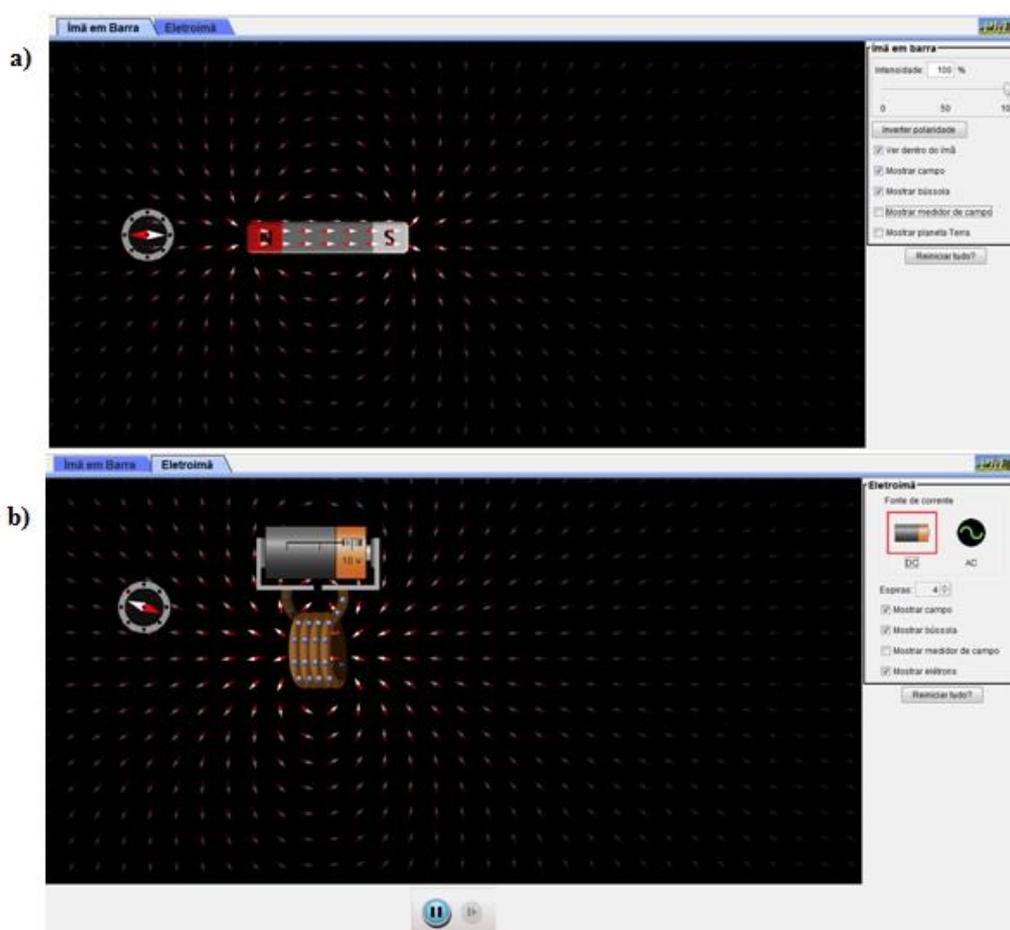
Vantagens	Desvantagens
Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 30,00 (considerando que foram comprados apenas: os super ímãs - com frete e os LEDs, os demais materiais foram reaproveitados de outros objetos do cotidiano).	Se for necessário comprar todos os materiais para a montagem, o valor ficará um pouco elevado. O fio de cobre tem o custo mais significativo, porém pode ser reaproveitado de bobinas usadas (motores elétricos, alto-falantes, entre outro).
Fácil deslocamento do experimento.	Certa fragilidade do experimento.
Demonstra a indução eletromagnética.	Cansativo o processo de enrolar a bobina do gerador.

Sugestões de recursos pedagógicos complementares para a aula:

Simulador Imãs e Eletroímãs, Figura 29, no qual temos as demonstrações do campo magnético de um ímã em barra e de um eletroímã.

Esse simulador é dividido em duas fases, Figura 29, sendo elas: (a) simulação do ímã em barras (ou Terra) e o campo magnético ao seu redor, estando disponíveis algumas variações e medidas, como: na intensidade do campo magnético, inversão da polaridade do ímã (ou Terra), medidor de campo e ao clicar no item “mostrar campo” surgem pequenas agulhas de bússolas que identificam e se alinham com o campo magnético do ímã como se fossem as linhas de campo. Em (b) simulação de um eletroímã e o seu campo magnético, estando disponíveis algumas variações e medidas, como: utilizar fonte de corrente contínua ou alternada, alterar o número de espiras no eletroímã (de uma a quatro), mostrar o campo, medidor de campo magnético e visualizar a movimentação dos elétrons no fio do eletroímã.

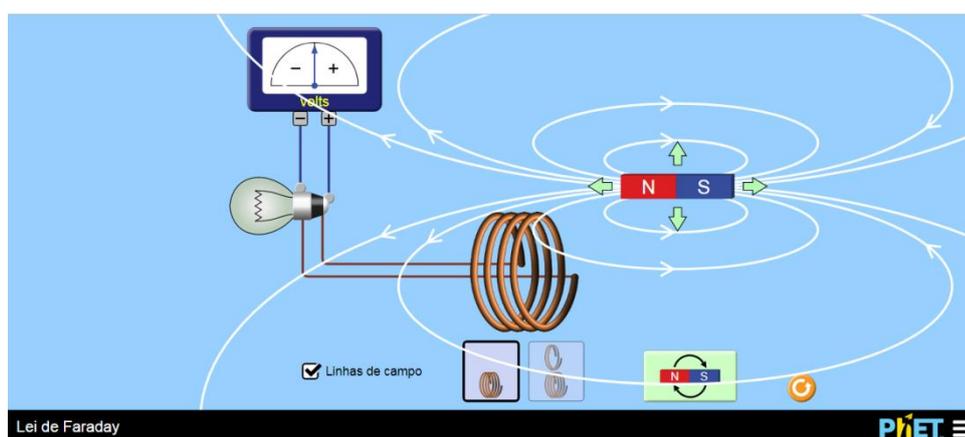
Figura 29: Simulador PhET - Imãs e Eletroímãs, em: (a) simulação do ímã em barras e o campo magnético ao seu redor e (b) simulação de um eletroímã e o seu campo magnético.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=magnets-and-electromagnets&locale=pt_BR. Acesso em: Agosto/2019.

Nesse outro simulador se mostra a aplicação da lei de Faraday - indução eletromagnética, Figura 30. Nesse simulador são disponibilizados alguns recursos, como: voltímetro, acrescentar as linhas de campo magnético, inverter a polaridade do imã e duas opções de bobinas com quantidades diferentes de espiras.

Figura 30: Simulador PhET - lei de Faraday - indução eletromagnética.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.html. Acesso em: Agosto/2019.

Links:

Simulador PhET - Imãs e Eletroímãs

https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=magnets-and-electromagnets&locale=pt_BR

Simulador PhET - lei de Faraday

https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.html