



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS

PRODUTO EDUCACIONAL

DO FENÔMENO AO MODELO: Ensino de Física Mediado pela Modelização.

EVELIN FERNANDES

JOINVILLE, SC
2025

Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Programa: ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS

Nível: MESTRADO PROFISSIONAL

Área de Concentração: Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias.

Linha de Pesquisa: Práticas Educativas e Processos de Aprendizagem no Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias

Título: Do Fenômeno ao Modelo: Ensino de Física Mediado pela Modelização

Autor: Evelin Fernandes

Orientador: Luiz Clement

Data: 26/08/2025

Produto Educacional: livro

Nível de ensino: Ensino Médio.

Área de Conhecimento: Física

Tema: Eletrodinâmica, Mecânica, Óptica e Ondulatória.

Descrição do Produto Educacional:

Resultado de uma pesquisa dedicada ao ensino de Física, este material apresenta uma coletânea de atividades didáticas voltadas à modelização de fenômenos físicos no Ensino Médio. Elaborado com base no Ciclo de Modelagem de David Hestenes, o produto oferece uma proposta formativa que estimula o protagonismo, o interesse e a autonomia dos estudantes, favorecendo a construção de sentido por meio da observação, investigação e elaboração de modelos explicativos. As atividades contemplam conteúdos de Eletrodinâmica, Mecânica, Óptica e Dinâmica. Além disso, o material traz sugestões metodológicas, orientações detalhadas para o professor, recursos visuais e alternativas de aplicação, permitindo que cada docente adapte as propostas ao seu contexto educacional e às especificidades de sua turma.

Biblioteca Universitária UDESC: <http://www.udesc.br/bibliotecauniversitaria>

Publicação Associada: MODELIZAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: desenvolvendo o interesse e a autonomia em sala de aula

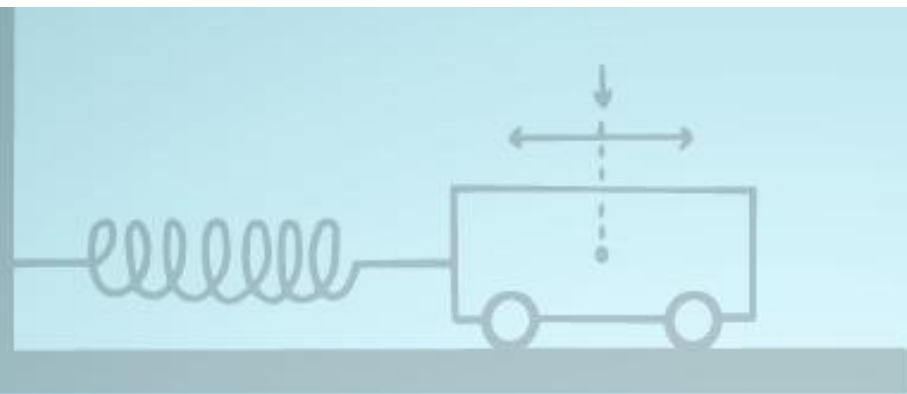
URL: <http://www.udesc.br/cct/ppgecmt>

Arquivo	*Descrição	Formato
Registrar tamanho,ex. 6.720kb	Texto completo	Adobe PDF

Este item está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#)

Atribuição-NãoComercial-Compartilha Igual CC BY-NC-SA

Do Fenômeno ao Modelo: Ensino de Física Mediado pela Modelização



$$V = f \times \lambda$$

$$S = ut + \frac{1}{2} at^2$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad \tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

$$V = R \cdot I$$

$$Q = mc\Delta T$$

$$E = E_0 \cos \theta$$

$$P = \frac{F}{A}$$

Apresentação

Prezados professores,

É com grande entusiasmo que apresentamos esta Coletânea de Atividades Didáticas de Modelização (ADM) para o ensino de Física, elaborada no âmbito do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC), sob orientação do Prof. Dr. Luiz Clement.

Este produto educacional tem como principal objetivo oferecer um material didático que contribua para o enriquecimento das práticas pedagógicas em aulas de Física. As ADM foram organizadas com base no Ciclo de Modelagem de Hestenes (2010), proporcionando uma abordagem investigativa e centrada na construção de sentido pelos estudantes. As atividades abrangem conteúdos de Eletrodinâmica, Ondulatória, Mecânica e Óptica.

Ao estruturar esta proposta, buscamos favorecer o interesse e a autonomia dos alunos, por meio de situações que incentivem a observação, a formulação de hipóteses, a elaboração de modelos e a análise crítica dos fenômenos físicos. Uma análise sobre o teste destas ADM em sala de aula encontra-se registrada no texto da dissertação intitulada **“MODELIZAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: DESENVOLVENDO O INTERESSE E A AUTONOMIA EM SALA DE AULA”**, produção desenvolvida conjuntamente ao presente Produto Educacional.

Este material é voltado a professores de Física do Ensino Médio que desejam incorporar à sua prática uma perspectiva ativa, reflexiva e significativa no ensino de Ciências/Física.

Organização das atividades:

Cada Atividade Didática de Modelização (ADM) inicia com uma breve recapitulação dos conceitos físicos, com o objetivo de auxiliar o(a) professor(a) na retomada dos conteúdos antes de sua aplicação em sala de aula. As atividades estão organizadas de acordo com as competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Além disso, são apresentadas sugestões metodológicas que buscam favorecer o interesse e a autonomia dos estudantes. Como material complementar, disponibilizamos também slides de apoio, que podem ser utilizados para facilitar o desenvolvimento das aulas.



Sumário

Ciclo de Modelagem de David Hestenes	4
SUORTES À AUTONOMIA E À APRENDIZAGEM	7
AUTONOMIA	7
INTERESSE.....	8
Estrutura das Atividades	11
Quadro de Habilidades da BNCC.....	12
Eletrodinâmica	13
ATIVIDADE DIDÁTICA DE MODELIZAÇÃO - 01.....	15
Resistores Ôhmicos	15
ATIVIDADE DIDÁTICA DE MODELIZAÇÃO - 02.....	24
Resistores não-ôhmicos	24
Óptica	32
ATIVIDADE DIDÁTICA DE MODELIZAÇÃO - 03.....	33
Associação de Espelhos Planos	33
Dinâmica	41
ATIVIDADE DIDÁTICA DE MODELIZAÇÃO - 04.....	43
Lei de Hooke.....	43
Cinemática	51
ATIVIDADE DIDÁTICA DE MODELIZAÇÃO – 05	53
Movimento retilíneo uniforme	53
APÊNDICE I - PRÉ-TESTE E PÓS- TESTE ADM 03.....	63
APÊNDICE II - PRÉ-TESTE E PÓS- TESTE ADM 04.....	66
ANEXO I - ESCALA DE MEDIDA DE INTERESSE E SUORTES À AUTONOMIA - EMISA.....	69

Ciclo de Modelagem de David Hestenes

Segundo Hestenes (1987), um modelo é uma representação conceitual de um objeto real, sendo que na Física esses modelos são predominantemente matemáticos.

Uma teoria científica é, essencialmente, um conjunto de princípios para criar modelos de objetos reais. A interligação entre o conceito de teoria e modelo é crucial, pois para relacionar uma teoria à experiência prática, é necessário desenvolver modelos específicos para comparação com os objetos reais.

O ciclo de modelagem de Hestenes é organizado de forma que os alunos estejam envolvidos em todas as fases do modelo, do desenvolvimento, da avaliação e da aplicação em situações concretas, promovendo assim, uma compreensão integrada dos processos de modelagem e aquisição de habilidades. (HESTENES, 1987).

O papel do professor, portanto, é o de guiar os alunos durante o processo de modelagem, fornecendo *feedback* e orientação ao longo do caminho, a fim de motivá-los e encorajá-los durante todo o ciclo.

Para concretizar a prática da modelagem, Hestenes (2010) introduziu um ciclo de modelagem com dois estágios. O primeiro estágio envolve a análise (discussão pré-laboratorial), construção (investigação) e validação (discussão pós-laboratorial). O segundo estágio compreende a aplicação do modelo (implementação).



Primeiro estágio: Desenvolvimento do Modelo

Discussão pré-laboratorial: Nesse momento inicial, o professor apresenta aos estudantes uma questão-problema que servirá como eixo central para o desenvolvimento das atividades. Essa questão pode ser proposta de diferentes maneiras, como por meio de uma situação experimental, uma simulação computacional, um vídeo curto ou, ainda, de forma verbal e contextualizada.

Independentemente do formato adotado, o mais importante é que a questão suscite curiosidade, provoque reflexão e gere engajamento por parte dos estudantes. Ela deve ser suficientemente desafiadora para instigar a investigação, mas também precisa ser acessível para que os alunos consigam se envolver ativamente na busca por respostas.

Desenvolvimento do modelo: Os estudantes organizados em pequenos grupos dedicam-se à investigação do problema proposto. A partir das informações previamente discutidas, eles formulam hipóteses, elaboram representações e constroem modelos explicativos que tentam dar conta da questão levantada. Esses modelos podem assumir diferentes formas, como diagramas, tabelas, gráficos, esquemas, equações ou narrativas conceituais. Durante essa fase, o professor atua como mediador do processo: ele acompanha os grupos, escuta suas ideias, faz perguntas orientadoras, sugere possíveis caminhos conceituais e disponibiliza instrumentos que favoreçam a organização e a comunicação das ideias. Hestenes (2010) recomenda o uso de quadros brancos pequenos como recurso pedagógico útil para essa etapa, pois permitem que os grupos representem visualmente suas hipóteses, comparem diferentes possibilidades e revisem seus modelos ao longo da discussão. O professor também deve estar atento à linguagem utilizada pelos alunos, encorajando o uso de termos científicos e promovendo uma transição gradual das explicações cotidianas para formas mais formalizadas de conhecimento.

PAPEL DO PROFESSOR

Atuar como mediador do processo de aprendizagem, propondo desafios que estimulem a investigação e oferecendo suporte para que os alunos construam suas próprias explicações. O professor deve promover a troca de ideias entre os grupos, encorajar o uso da linguagem científica e criar um ambiente favorável ao protagonismo e ao desenvolvimento do pensamento crítico.

Sugestão



Todas as atividades podem ser iniciadas com a turma dividida em grupos de 4 a 6 pessoas.

Discussão pós-laboratorial: Depois de construírem seus modelos, os grupos apresentam suas propostas para o restante da turma. Essa socialização pode ocorrer com o uso dos quadros brancos, de forma que todos os estudantes tenham acesso às diferentes ideias construídas. A função dessa etapa é múltipla: permite que os estudantes comparem e contrastem suas explicações, reflitam coletivamente sobre os resultados e negociem significados em grupo. O professor assume, mais uma vez, o papel de mediador, promovendo o diálogo entre os grupos e trazendo contribuições que possibilitem a aproximação dos modelos dos estudantes aos modelos científicos validados. Essa etapa também é fundamental para identificar possíveis concepções alternativas e, por meio da argumentação, provocar sua superação. Ao final desse processo, espera-se que os alunos tenham não apenas compreendido o fenômeno em questão, mas também desenvolvido competências científicas importantes, como a construção, avaliação e revisão de modelos.

Segundo Estágio: Implementação do Modelo

Após a elaboração do modelo, o professor pode apresentar novos desafios que estimulem a aplicação e ampliação desses conhecimentos. Esses desafios podem incluir problemas teóricos ou experimentais, atividades em laboratório, questionários de aprofundamento, simulações computacionais, análises gráficas, interpretação de dados ou tarefas em grupo com situações contextualizadas. O objetivo dessa etapa é levar os alunos a utilizarem ativamente os modelos em contextos distintos, o que contribui para consolidar e expandir sua compreensão conceitual. Ao lidar com novas situações-problema, os estudantes têm a oportunidade de verificar a consistência e os limites de suas explicações, ajustando-as conforme necessário e explorando diferentes formas de interação entre variáveis.

SUORTES À AUTONOMIA E À APRENDIZAGEM

Para validar as atividades propostas neste Produto Educacional, adotamos como referência os conceitos de autonomia e interesse, por compreendermos que esses elementos são essenciais para promover uma aprendizagem significativa, participativa e centrada no estudante. Inspirados na Teoria da Autodeterminação, conforme discutida por Reeve (2006) e Clement (2013), e no Modelo de Desenvolvimento do Interesse, proposto por Renninger e Hidi (2006, 2015), buscamos estruturar as Atividades Didáticas de Modelização de forma a favorecer a liberdade de escolha, o engajamento ativo e a curiosidade dos alunos.

A avaliação da efetividade dessas atividades considerou o quanto elas contribuíram para fomentar a motivação autônoma e o envolvimento dos estudantes com os conteúdos de Física. Para isso, utilizamos a Escala Motivacional para Interesse e Suporte à Autonomia (EMISA), elaborada por Clement (2013), cuja versão completa encontra-se disponível no Anexo I deste material. A seguir, apresentam-se de forma sintetizada algumas estratégias para favorecer a autonomia e o interesse dos estudantes no contexto escolar.

AUTONOMIA

A autonomia, no contexto educacional, refere-se à capacidade dos estudantes de assumirem um papel mais ativo e responsável no próprio processo de aprendizagem. Quando o aluno tem oportunidade de fazer escolhas, expressar opiniões, propor estratégias e refletir sobre suas decisões, ele se torna mais envolvido, motivado e confiante em sua própria capacidade de aprender. Para favorecer a autonomia em sala de aula, o professor pode adotar algumas práticas importantes, que estão alinhadas com a ajuda ajustada:

- Permitir escolhas: como decidir a organização das suas atividades, os colegas de grupo ou os materiais a serem utilizados;
- Valorizar as ideias dos alunos: ouvindo suas propostas, incentivando soluções próprias e reconhecendo seus esforços;
- Oferecer apoio sem controlar: estar disponível para orientar, mas sem impor respostas prontas;
- Estimular a autorreflexão: propor momentos em que os estudantes possam avaliar suas ações e raciocínios.

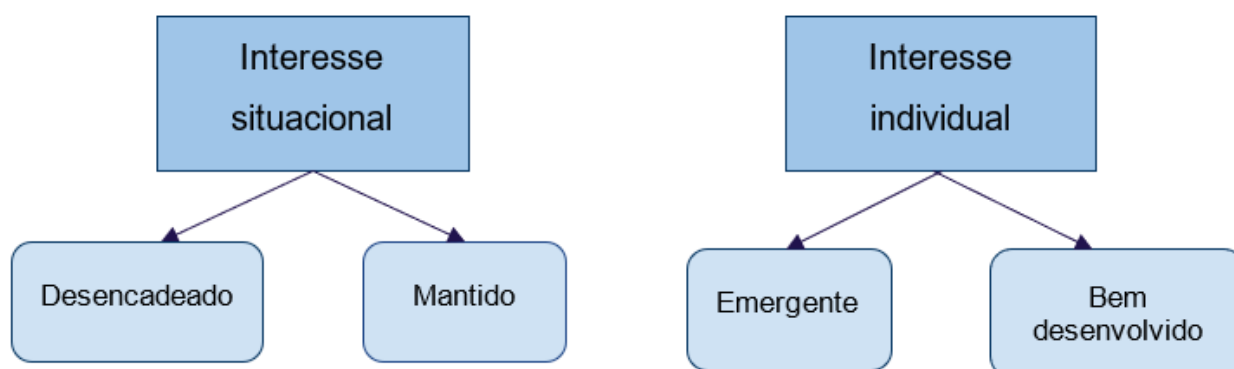
A Teoria da Autodeterminação, discutida por Reeve (2006) e Clement (2013), propõe que o bem-estar e a aprendizagem de qualidade estão diretamente relacionados à satisfação de três necessidades psicológicas básicas: autonomia, competência e pertencimento. Em ambientes educativos que respeitam e apoiam a autonomia dos estudantes, essas necessidades tendem a ser mais bem atendidas, favorecendo o surgimento da motivação intrínseca, que é aquela que leva o aluno a se engajar em uma atividade pelo prazer e interesse que ela desperta, sem depender de recompensas externas. Em contraste, a motivação extrínseca está relacionada ao comportamento orientado por fatores externos à atividade, como notas, prêmios ou aprovação social. (REEVE 2006; CLEMENT, 2013).

Ao cultivar contextos que permitam escolhas, escuta ativa e participação real dos alunos, o professor estimula não apenas um engajamento mais autêntico, mas também o desenvolvimento da autorregulação. Essa autorregulação refere-se à capacidade do estudante de planejar, monitorar e ajustar suas próprias ações e estratégias de aprendizagem de forma autônoma. Assim, quando a autonomia é promovida de maneira intencional, os estudantes não apenas se envolvem mais com os conteúdos, mas também constroem uma relação mais significativa, crítica e responsável com o próprio processo de aprender.

INTERESSE

De acordo com Renninger e Hidi (2006; 2015), o interesse é compreendido como um processo dinâmico e cumulativo, que se desenvolve ao longo do tempo e pode ser influenciado por fatores tanto externos quanto internos. Esse processo é descrito no Modelo de Quatro Fases para o Desenvolvimento do Interesse, representado na Figura 1, o qual propõe uma progressão contínua do envolvimento dos estudantes com os conteúdos escolares, desde um entusiasmo inicial até o estabelecimento de um vínculo duradouro com a aprendizagem.

Figura 1 - Modelo de quatro fases de desenvolvimento de interesse



Fonte: Fluxograma elaborado pela autora (2024), com base em Renninger & Hidi (2006).

A primeira fase do modelo é o interesse situacional desencadeado, caracterizado por uma resposta momentânea a estímulos do ambiente, como experimentos, vídeos, jogos ou situações inusitadas que captam a atenção dos estudantes. Trata-se de um envolvimento ainda superficial e fortemente dependente de elementos externos.

A segunda fase é o interesse situacional mantido, em que o aluno continua engajado por mais tempo e demonstra maior concentração e curiosidade, mesmo que ainda necessite de apoio do ambiente para sustentar esse interesse.

Na terceira fase, chamada de interesse individual emergente, o estudante começa a atribuir valor pessoal ao conteúdo, busca informações adicionais e passa a demonstrar envolvimento mais autônomo, embora o suporte do professor continue relevante.

Por fim, a quarta fase corresponde ao interesse individual bem desenvolvido, quando o vínculo com o tema é consolidado. O estudante apresenta engajamento autônomo, persistência mesmo diante de dificuldades e prazer contínuo na exploração do conteúdo.

Com base no modelo de Renninger e Hidi (2006; 2015), torna-se evidente que o interesse exerce um papel fundamental no engajamento dos estudantes com a aprendizagem. Ao compreender que o interesse evolui em fases, desde uma atração inicial até um envolvimento mais profundo e autônomo, o professor pode planejar estratégias que favoreçam cada uma dessas etapas. Para despertar e sustentar o interesse dos alunos, e alinhado a ajuda ajustada, o professor pode:

- Apresentar desafios significativos: problemas instigantes, que façam sentido para o estudante e estimulem o raciocínio;
- Relacionar o conteúdo ao cotidiano dos alunos: mostrando a utilidade e a presença dos conceitos científicos no mundo real;
- Oferecer atividades dinâmicas e variadas: como experimentos, simulações, jogos, vídeos ou discussões em grupo;
- Permitir participação ativa: dar espaço para perguntas, hipóteses, descobertas e construções próprias.

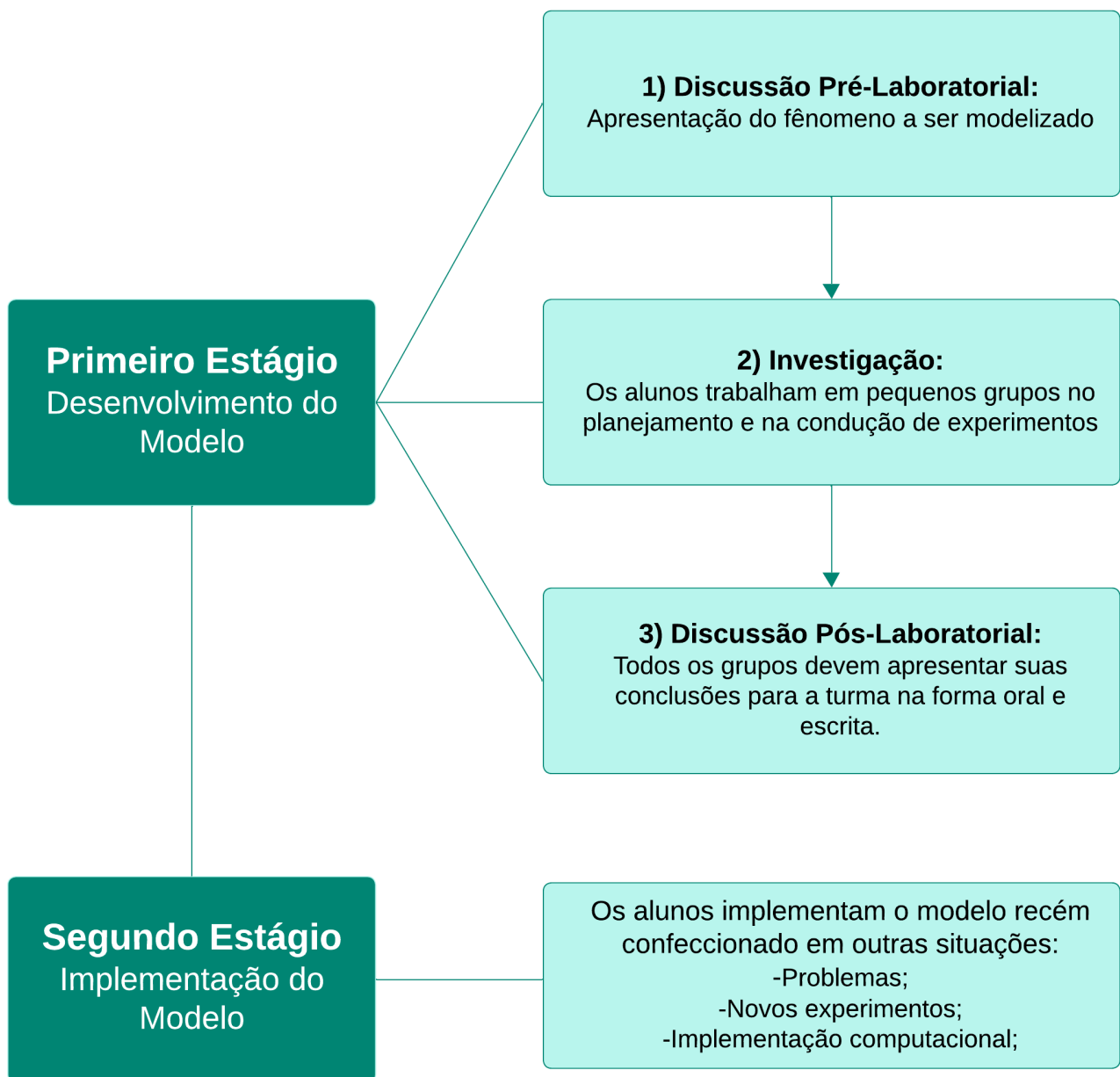
Compreender esse modelo permite ao professor elaborar estratégias didáticas mais eficazes para favorecer o desenvolvimento do interesse dos alunos. Para isso, é fundamental planejar atividades que despertem a curiosidade, estimulem a participação ativa e promovam uma relação de sentido com os conceitos abordados. A valorização dos saberes prévios dos estudantes, o uso de situações-problema contextualizadas e a oferta de diferentes formas de interação com o conteúdo são elementos que contribuem para transformar um interesse pontual em uma motivação estável e significativa. Nesse

contexto, o interesse atua como um potente mediador da aprendizagem, favorecendo o envolvimento cognitivo e emocional dos alunos com os temas trabalhados em sala de aula. (RENNINGER; HIDI, 2006; RENNINGER; HIDI, 2015).

Estrutura das Atividades

Para fins pedagógicos, no início da descrição de cada ADM é apresentada a equação específica que será modelada. Posteriormente, realizamos uma revisão dos conceitos fundamentais relacionados, com o objetivo de proporcionar ao professor um auxílio para a formalização desses conceitos durante a condução da atividade. Todas as atividades estão estruturadas de acordo com na Figura 2.

Figura 2 - Organização do ciclo de modelização de Hestenes



Fonte: Elaborado pelos autores (2024), com base em Hestenes (2010).

Quadro de Habilidades da BNCC

Pensando no planejamento do plano de aula do professor, que deve estar alinhado à BNCC, tanto no contexto de escolas públicas quanto privadas, foram selecionadas as habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias correspondentes a cada ADM. Essas habilidades estão organizadas e descritas no Quadro 01, de forma a orientar a construção das atividades com base nas competências previstas no documento oficial.¹

Quadro 1 - Habilidades da BNCC utilizadas nas ADM.

ADM	Código	Habilidade
1 e 2	EM13CNT 107	Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.
4 e 5	EM13CNT 204	Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como <i>softwares</i> de simulação e de realidade virtual, entre outros).
1, 2, 3, 4 e 5	EM13CNT 301	Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
1, 2, 3, 4 e 5	EM13CNT 302	Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
1, 2, 3, 4 e 5	EM13CNT 303	Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

¹ Documento disponível na versão digital em:

https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf

Eletrodinâmica

Para essa unidade conceitual, propomos duas ADM. Nessas atividades, a abordagem visa estudar a relação entre elementos básicos, frequentemente desafiadores de mensurar, tais como diferença de potencial elétrico, corrente elétrica e resistividade, com o propósito de modelar as seguintes equações:

$$U = R \cdot i$$
$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

A geração de corrente elétrica em metais é facilitada pela presença de elétrons nas camadas externas dos átomos, que não estão rigidamente ligados aos núcleos. Essa característica é fundamental para conferir aos metais a qualidade de bons condutores, tanto de eletricidade quanto de calor. Metais nobres, como prata, ouro e platina, são especialmente eficazes nesse papel e são comumente utilizados em pequenas quantidades em produtos de alto valor. Por outro lado, o cobre e o alumínio, são escolhas populares em sistemas de fiação elétrica devido ao seu desempenho eficiente e custos mais acessíveis. (HEWITT, 2015)

Em contrapartida, materiais como borracha e vidro apresentam uma ligação mais firme entre os elétrons e os átomos individuais, limitando sua capacidade de movimento entre as estruturas atômicas do material. Essa limitação dificulta a criação de um fluxo de corrente elétrica, tornando esses materiais maus condutores. São conhecidos como bons isolantes. O vidro, por exemplo, destaca-se como um isolante eficaz e é utilizado para manter a separação entre os fios em torres metálicas. Muitos plásticos também atuam como isolantes, razão pela qual os fios elétricos em residências são revestidos por uma camada de plástico. A capacidade de condução de corrente elétrica pode ser classificada para todas as substâncias com base em sua facilidade de condução. (HEWITT, 2015)

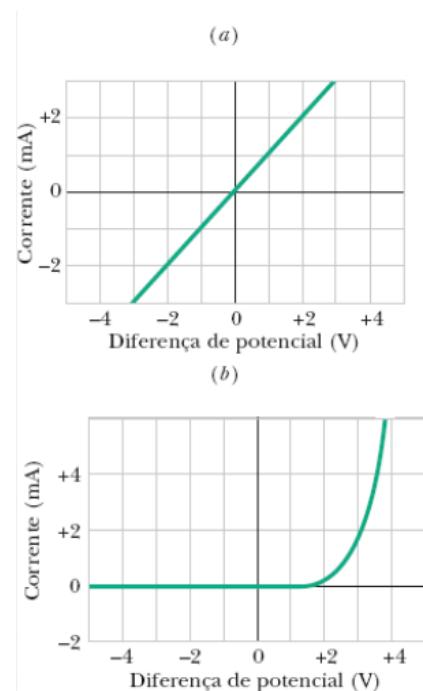
Cuidado!

As cargas elétricas fluem apenas quando são impulsionadas por uma força externa. Para manter uma corrente elétrica constante, é necessário um dispositivo que forneça uma diferença de potencial elétrico, ou seja, uma fonte de tensão. Baterias e geradores elétricos desempenham o papel de realizar um trabalho para afastar cargas negativas das positivas. Nas baterias químicas, esse trabalho é geralmente realizado pela desintegração química do zinco ou chumbo em ácido, onde a energia armazenada nas ligações químicas é convertida em energia potencial elétrica. Esse processo é crucial para manter o fluxo contínuo de corrente elétrica.

A resistência elétrica do condutor é um fator que influencia o fluxo de carga. Esta resistência, dependente da espessura, comprimento e condutividade específica do fio, desempenha um papel significativo na capacidade do condutor de permitir ou dificultar o movimento das cargas elétricas. Fios mais grossos tendem a ter menor resistência, enquanto fios mais longos e materiais menos condutores apresentam resistência mais elevada. Além disso, é importante considerar que a temperatura também desempenha um papel na resistência elétrica, uma vez que o aumento da agitação térmica dos átomos no condutor pode resultar em um aumento da resistência ao fluxo de carga.

Embora a expressão $V = R \cdot i$ seja frequentemente associada à Lei de Ohm, ela é, na verdade, uma definição de resistência, aplicável a qualquer componente que conduza eletricidade, mesmo que não siga a Lei de Ohm. A resistência R é calculada como $R = V / i$ para qualquer componente submetido a uma diferença de potencial V e corrente i . Para que um componente obedeça à Lei de Ohm, o gráfico de i em função de V deve ser linear conforme Gráfico 1, indicando que R não varia com V . A Lei de Ohm se aplica mais amplamente a materiais que apresentam essa linearidade, em vez de a componentes específicos. (HALLIDAY, 2016).

Gráfico 1 - Corrente x Diferença de Potencial



Fonte: HALLIDAY, 2016

ATIVIDADE DIDÁTICA DE MODELIZAÇÃO - 01

Resistores Ôhmicos

Objetivos de aprendizagem:

- Investigar as propriedades dos materiais e sua condutividade.
- Explorar, através de experimentos, a relação entre corrente, resistência e potencial.
- Modelizar a equação da relação entre resistência, diferença de potencial e corrente elétrica para resistores ôhmicos.
- Caracterizar os conceitos de diferença de potencial, resistência e corrente elétrica.

Materiais necessários:

- Pilhas.
- Fio de níquel cromo.
- Suporte para pilhas.
- Multímetro.

O Quadro 2 apresenta uma organização de cada estágio da atividade, categorizada conforme o Ciclo de Modelização de Hestenes.

Quadro 2 - Organização da ADM 01

Estágio	Etapa	Dinâmica	Tempo
Primeiro	Discussão pré-laboratorial	Atividade investigativa com associação de pilhas	90 min
	Investigação	Obtenção de dados e modelização	60 min
	Discussão Pós-Laboratorial	Apresentação dos modelos e formalização da equação	45 min
Segundo	Implementação	Implementação do modelo elaborado	30 min

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Sugestão



Ferramenta de auxílio para aula:

https://www.canva.com/design/DAGrXPFby_k/7m48IC2KrgzkUOuJlQ_W0Q/edit?utm_content=DAGrXPFby_k&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Recomenda-se que antes de iniciar essa atividade, o professor já tenha trabalhado com os alunos o conceito de campo elétrico, corrente e tensão, dando uma breve introdução ao papel da resistência (resistor) em um circuito. É interessante também que em uma aula antes do desenvolvimento desta ADM, seja falado como funciona um multímetro. A Figura 03 ilustra uma breve explicação.

Figura 3 - Como utilizar um multímetro



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Primeiro estágio

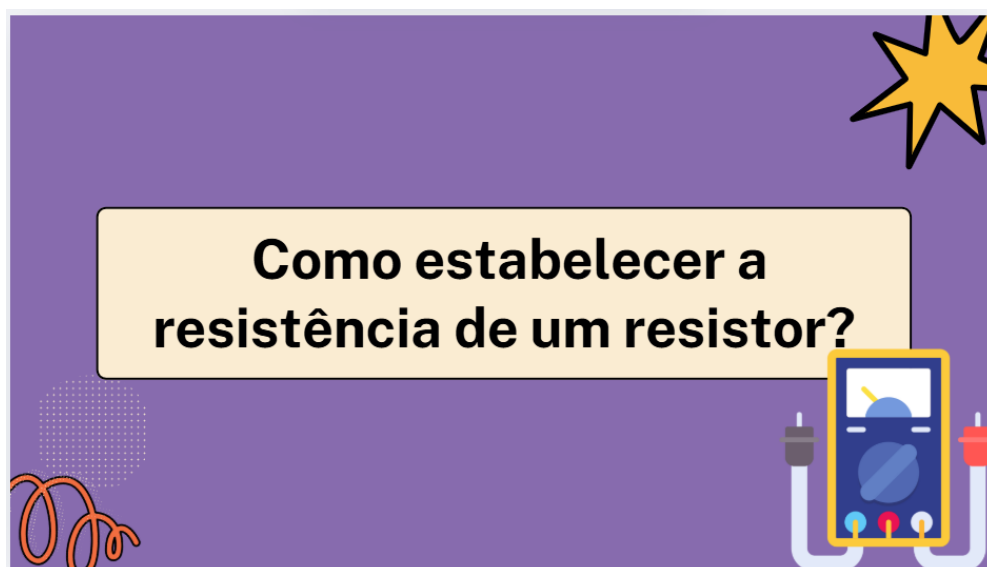
a) Discussão pré-laboratorial: Experimento com pilhas

Dinâmica: A atividade é iniciada relembrando com os estudantes alguns pontos chave sobre circuitos elétricos. Pode ser perguntado aos estudantes:

1. O que é corrente elétrica? Como podemos gerá-la?
2. Onde podemos obter uma diferença de potencial/tensão?
3. Quais são as unidades de medida destas grandezas físicas?

Espera-se que os estudantes consigam responder que a corrente elétrica é a movimentação de elétrons dentro de um material condutor, e que ela pode ser gerada a partir de uma diferença de potencial, que pode ser obtida a partir de uma pilha, bateria ou de uma tomada. É introduzida então a questão central a ser respondida, conforme Figura 4.

Figura 4 - Questão central



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Após a discussão inicial, o(a) professor(a) deve conduzir os estudantes à atividade experimental por meio de perguntas investigativas, estimulando-os a construir o próprio roteiro de experimentação. Nesse momento, pode levantar questões como: *Quais são os fatores que interferem no fenômeno? Quais variáveis devem ser controladas? O que será observado ou medido?*

A partir dessas provocações, os estudantes devem ser incentivados a definir coletivamente os objetivos da atividade, a delimitar o que será medido (como tensão e corrente, por exemplo), e a organizar as etapas do experimento, registrando essas informações de forma clara nos quadros brancos disponíveis. Uma sugestão de organização, para o professor, está disponível ao final dessa ADM.

Enquanto os grupos discutem e elaboram seus roteiros, o professor pode circular pela sala para acompanhar o processo e, em seguida, distribuir os materiais nas mesas, promovendo um ambiente de investigação orientada e valorizando a autonomia dos alunos.

Feito isso, recomenda-se que o docente circule entre os grupos, oferecendo suporte e assistência conforme necessário. Alguns alunos podem mostrar receio ao manipular os materiais devido à natureza do fenômeno em estudo, temendo possíveis choques. Portanto, é crucial tranquilizá-los para que possam participar ativamente da atividade com segurança.

Na sequência, na Figura 5, apresentamos registros dos alunos durante o desenvolvimento desta ADM, ao longo da pesquisa de mestrado².

Figura 5 - Atividade experimental



Fonte: Registrado pelos autores (2024).

Sugestão



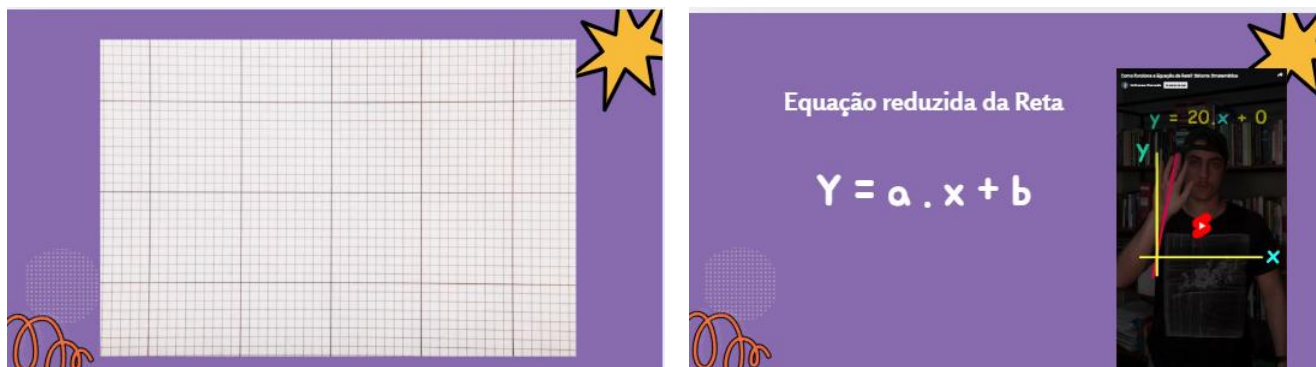
Pode acontecer também de os estudantes quererem testar a existência de corrente elétrica em outros materiais que possuem, como borracha, grafite, colar e entre outros. Por isso, é importante que o professor os instigue a testar hipóteses, pois essa curiosidade demonstrada pode ser significativa para o interesse com o conteúdo em processo de ensino e aprendizagem.

² Todas as imagens apresentadas ao longo deste Produto Educacional foram obtidas durante a implementação das ADM no contexto da pesquisa de mestrado. As descrições detalhadas e análises pedagógicas dessas implementações estão disponíveis na dissertação intitulada “Modelização no Ensino de Física: Desenvolvendo o Interesse e a Autonomia em Sala de Aula”.

b) Investigação: Análise dados e modelização

Dinâmica: Nessa etapa, será proposto aos estudantes que elaborem um gráfico em papel milimetrado a partir dos valores obtidos pelo seu grupo. Pode ser que os alunos já tenham utilizado o papel milimetrado, mas é relevante fazer uma breve explicação sobre as escalas do papel e revisar a equação reduzida da reta, lembrando as definições de variáveis e coeficientes, como é mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Papel milimetrado / equação reduzida da reta



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

É possível que os estudantes tentem ligar os pontos, por isso é importante destacar que devem traçar uma reta que comece no zero, representando uma média aproximada dos pontos. É essencial esclarecer que a reta é uma aproximação destinada a representar a tendência geral dos dados e pode não passar necessariamente por todos os pontos individuais, medidos experimentalmente.

c) Discussão Pós-Laboratorial: Apresentação dos modelos e formalização da equação

Dinâmica: Após a confecção dos gráficos, os estudantes serão solicitados a descrever o significado de cada elemento da equação da reta. Cada grupo poderá fazer esboços das suas interpretações em quadros brancos. Ao finalizar, cada grupo deverá apresentar sua equação ao restante da classe, conforme Figura 7.

Figura 7 - Apresentação dos grupos



Fonte: Registrado pelquadro 3os autores (2024).

Para formalizar os conceitos, o docente poderá explicar que o Y, correspondente ao valor da tensão, e b, que representa a tensão inicial, podem ser denominados como diferença de potencial, expressados pela letra U.

$$Y = a \cdot x + b$$

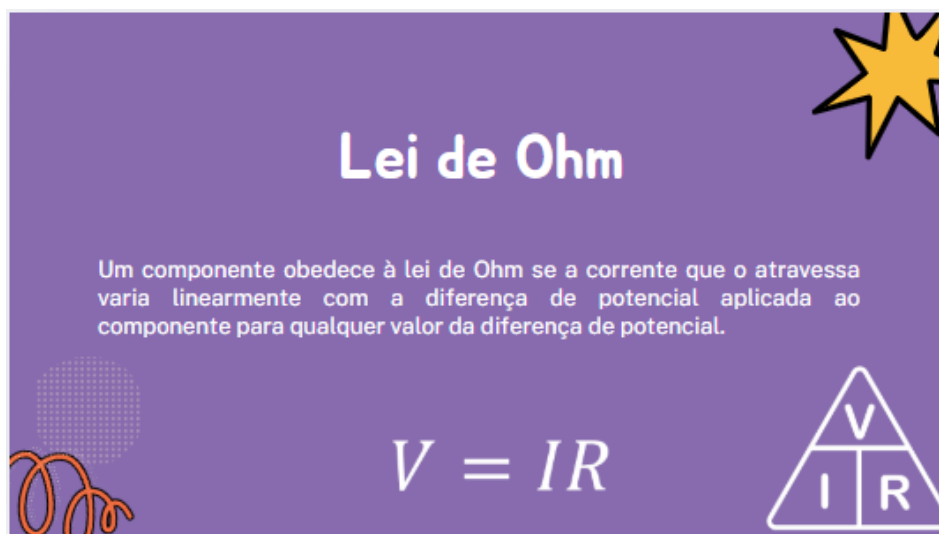
$$V = R \cdot i + V_0$$

$$V - V_0 = R \cdot i$$

$$U = R \cdot i$$

Além disso, poderá explicar que isso se relaciona com a primeira Lei de Ohm (Figura 8), que estabelece a proporcionalidade entre a tensão elétrica e a corrente elétrica, resultando em uma resistência elétrica constante.

Figura 8 - Lei de Ohm

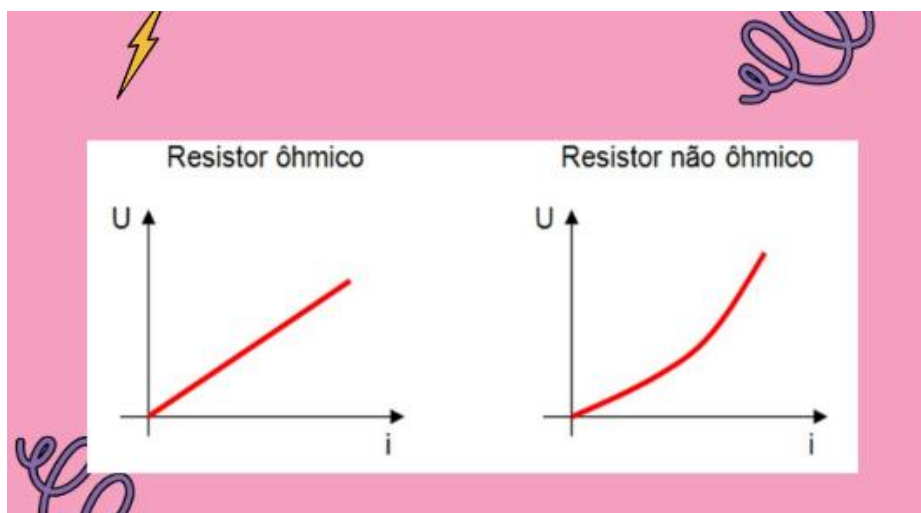


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

É importante ressaltar que nem todos os condutores têm esse comportamento de resistência constante, apenas os condutores ôhmicos. Condutores ôhmicos são aqueles que obedecem à Lei de Ohm, ou seja, a razão entre a tensão aplicada (U) e a corrente elétrica (i) permanece constante, independentemente da variação da tensão. Isso significa que, no gráfico da tensão em função da corrente ($U \times i$), o condutor ôhmico apresenta uma reta que passa pela origem, indicando uma resistência constante (Figura 9).

Por outro lado, condutores não ôhmicos não seguem essa proporção constante entre tensão e corrente. Nesses materiais, a resistência varia com a tensão aplicada, com a corrente elétrica, com a temperatura ou com outros fatores. No gráfico, isso se reflete em uma curva, que demonstra que a resistência elétrica muda conforme variamos a tensão ou a corrente

Figura 9 - Gráfico de um resistor ôhmico e não ôhmico



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Segundo estágio

Implementação do modelo elaborado

Dinâmica: Para encerrar o ciclo de aprendizado e aplicar os conceitos adquiridos de forma contextualizada, será proposto aos estudantes que resolvam uma questão na qual precisarão encontrar a resistência das lâmpadas para instalar um novo sistema de iluminação na escola:

“Vocês são engenheiros eletricitas trabalhando em um projeto para instalar um novo sistema de iluminação em nossa escola. Vamos utilizar lâmpadas LED (aproximando a um resistor ôhmico), que são mais eficientes e duráveis. Cada lâmpada possui uma voltagem de 12 V e requer uma corrente elétrica de 0,5 A para seu funcionamento. Para garantir que o sistema de iluminação funcione corretamente, precisamos calcular a resistência elétrica de cada lâmpada LED.”



Espera-se que os estudantes tenham facilidade ao resolver a questão proposta. Pode ser dado aos alunos a tarefa de pesquisar sobre outros tipos de lâmpadas (como incandescentes e fluorescentes) e comparar suas eficiências e características com as lâmpadas LED, visando assim ampliar a aplicabilidade do assunto estudado nesta ADM.

Sugestão de Experimento (Para Mediação Docente)

Orientações para o(a) professor(a):

Esta atividade tem como objetivo possibilitar que os estudantes manipulem o multímetro e obtenham dados de tensão e corrente elétrica em diferentes configurações de pilhas conectadas a um fio de níquel-cromo, que mantém resistência constante.

Ao invés de entregar um roteiro pronto, conduza a turma por meio de perguntas orientadoras para que os grupos estruturem o próprio procedimento experimental. Estimule a organização das ideias em quadro branco ou folha de registro.

Peça que os grupos escrevam:

- O objetivo da atividade com suas próprias palavras;
- O que será medido e como;
- Uma previsão do que pode acontecer ao alterar o número de pilhas.

Materiais Necessários:

- Multímetro
- Cabos conectores (jacarés)
- Pilhas tipo D
- Suporte para pilhas
- Fio de níquel-cromo

Acompanhamento durante o experimento

Conforme os grupos propõem seus procedimentos, intervenha pontualmente com perguntas e sugestões para que:

- Configurem o multímetro corretamente para tensão (VDC) e corrente (A);
- Garantam conexões seguras e bem isoladas;
- Diferenciem o modo de medição de tensão (em paralelo com a fonte) e de corrente (em série com o circuito);
- Façam leituras e registrem os dados em tabela, relacionando a quantidade de pilhas com os valores medidos.

Modelo de tabela sugerida para registro (construída pelos próprios alunos):

Quantidade de pilhas	Tensão (V)	Corrente (A)
1 pilha		
2 pilhas		
3 pilhas		

ATIVIDADE DIDÁTICA DE MODELIZAÇÃO - 02

Resistores não-ôhmicos

Objetivos de aprendizagem:

- Explorar, através de experimentos, como a resistência varia com o comprimento e a espessura dos fios.
- Investigar a influência do tipo de material (resistividade) na resistência elétrica de um condutor.
- Modelar matematicamente a resistência de condutores de diferentes dimensões e materiais.

Materiais necessários:

- Fios com diferentes comprimentos, materiais e espessuras.
- Multímetro.

O Quadro 3 apresenta uma organização de cada estágio da atividade, categorizada conforme os ciclos de Hestenes.

Quadro 3 - Organização da ADM 02

Estágio	Etapas	Dinâmica	Tempo
Primeiro	Discussão pré-laboratorial	Atividade investigativa com diferentes fios condutores	45 min
	Investigação	Obtenção de dados e modelização da equação que permite o cálculo da resistência para resistores não-ôhmicos	45 min
Segundo	Discussão Pós-Laboratorial	Apresentação dos modelos e formalização da equação	45 min
	Implementação	Implementação do modelo elaborado	20 min

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Sugestão



Essa atividade pode ser aplicada em sequência da ADM 01 ou pode ser utilizada após os alunos já terem conhecimento da diferença de resistores ôhmicos e não-ôhmicos. Ferramenta de auxílio para aula: https://www.canva.com/design/DAGrXPFby_k/7m48IC2KrgzkUOuJlQ_W0Q/e

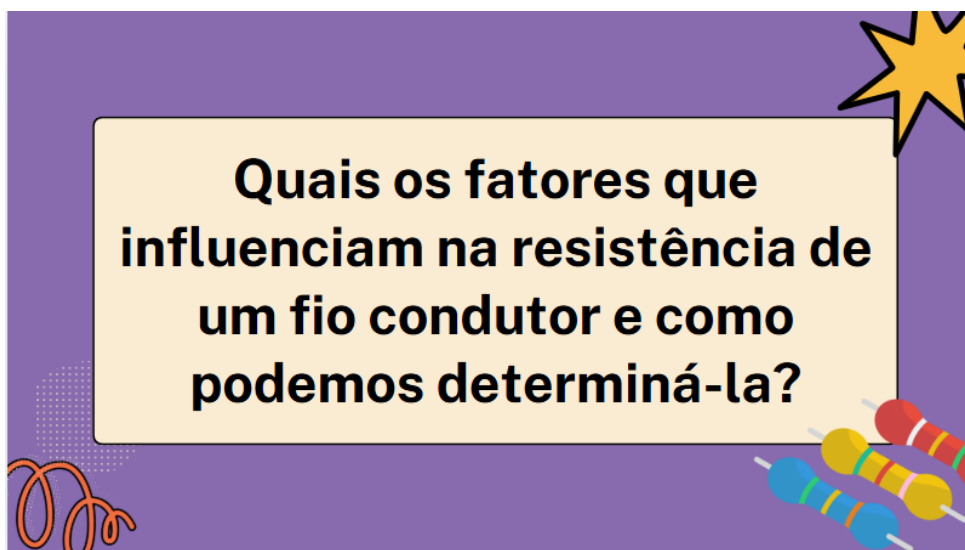
Primeiro estágio

- a) Discussão pré-laboratorial: Experimento com fios

Tempo estimado: 60 minutos

Dinâmica: Inicie a atividade lembrando com os estudantes alguns pontos chave sobre Circuitos elétricos. Pergunte aos estudantes o que é resistência elétrica e qual a diferença de um resistor ôhmico e não-ôhmico. Espera-se que os estudantes consigam responder que a resistência elétrica é a oposição à passagem da corrente elétrica em um condutor. A partir disso, pode ser colocada a questão problematizadora, conforme Figura 10.

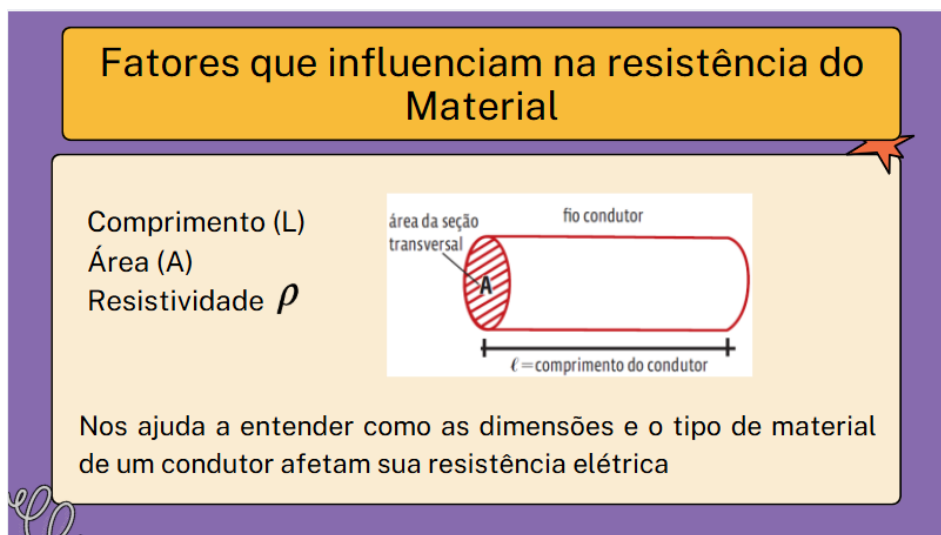
Figura 10 - Questão Problema.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Em seguida, os alunos devem registrar em seus quadros brancos os fatores que podem influenciar a resistência de um fio. Espera-se que identifiquem elementos como o tipo de material, a área da secção transversal e o comprimento do fio (Figura 11).

Figura 11 - Fatores que influenciam na resistência do material



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Caso esses aspectos não sejam mencionados, o professor pode intervir apresentando fios diferentes e questionando: “Será que esses fios conduzem energia com a mesma resistência?”. A partir dessa reflexão, deve-se iniciar uma atividade experimental, solicitando que os grupos planejem como irão organizar seus experimentos e quais grandezas pretendem medir. Uma sugestão de organização, para o professor, está disponível no final desta ADM.

b) Investigação: Análise de dados e modelização

Dinâmica: Nessa etapa, será proposto aos estudantes que discutam os resultados obtidos no experimento, descrevendo como cada um dos seguintes fatores influencia a resistência dos fios.

Primeiramente, os estudantes devem observar que a espessura ou área de secção transversal dos fios tem um impacto significativo na resistência. Eles devem identificar que fios mais espessos, com maior área de secção transversal, apresentam menor resistência, enquanto fios mais finos, com menor área de secção transversal, têm maior resistência.

Em seguida, os estudantes devem analisar o efeito do comprimento do fio na resistência. Eles devem identificar que fios mais longos têm maior resistência, enquanto fios mais curtos apresentam menor resistência.

Por fim, os estudantes devem comparar a resistência entre fios feitos de diferentes materiais, como cobre e alumínio. Eles devem identificar que a resistência varia de acordo com o material do fio, devido à diferença na resistência de cada material.

A partir disso, deve ser solicitado que os estudantes procurem uma forma de expressar matematicamente a resistência de um condutor, considerando os fatores investigados experimentalmente.

c) Discussão Pós-Laboratorial: Apresentação dos modelos e formalização da equação

Dinâmica: Após a investigação e análise dos dados coletados no experimento, será proposto aos estudantes que apresentem seus modelos e conclusões. Cada grupo deverá explicar como os fatores investigados (espessura/área de secção transversal, comprimento e material do fio) influenciam a resistência dos fios.

Com base nas observações e discussões, os estudantes devem ser orientados a formular uma equação que descreva a resistência de um fio condutor, levando em consideração os fatores investigados. Eles devem chegar à equação:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

Onde R é a resistência, ρ é a resistividade do material, L é o comprimento do fio, e A é a área de secção transversal. Deve ser explicado que a resistividade é uma propriedade intrínseca dos materiais.

Após a apresentação de todos os grupos, o professor deve consolidar o conhecimento discutido, reafirmando a validade da equação e a importância dos fatores que influenciam a resistência elétrica.

Sugestão

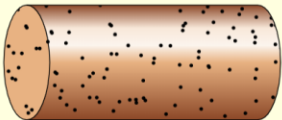


Para auxiliar nessa etapa, recomendamos a utilização do simulador phet, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/resistance-in-a-wire.

Um print da tela está representado na Figura 12.

Figura 12 - Print do Simulador Phet Colorado

$$R = \frac{\rho L}{A}$$



resistência = 0.667 ohm

ρ resistividade	L comprimento	A área
0.50 Ωcm	10.00 cm	7.50 cm^2

Resistência em um Fio

Fonte: Simulador Phet Colorado (2024).

Segundo estágio

Implementação do modelo elaborado

Dinâmica: Para encerrar o ciclo de aprendizado e aplicar os conceitos adquiridos de forma contextualizada, será proposto aos estudantes que resolvam uma questão na qual precisarão comparar a utilização de dois fios em instalações subterrâneas, conforme Figura 13.

Figura 13 - Aplicação do modelo

Aplicação

Você foi contratado para escolher o material mais apropriado para fabricar fios que serão usados em uma rede elétrica subterrânea de uma nova área residencial. Como a instalação será subterrânea, é importante escolher um material que tenha baixa resistência elétrica, para evitar perdas de energia e garantir maior eficiência, além de funcionar bem em diferentes condições ambientais.

- Comprimento e Área: Os fios de cobre e alumínio têm o mesmo comprimento e a mesma área de seção transversal.
- Os materiais considerados são Cobre e Alumínio com resistividades à temperatura ambiente 20°C:

Cobre	Alumínio
$1,69 \times 10^{-8} \rho \text{ (}\Omega \cdot \text{m)}$	$2,75 \times 10^{-8} \rho \text{ (}\Omega \cdot \text{m)}$

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

O material mais adequado para essa aplicação é o cobre, pois ele apresenta uma menor resistividade elétrica do que o alumínio. Isso significa que, para um mesmo comprimento e área, o fio de cobre terá uma menor resistência elétrica, resultando em menor dissipação de energia na forma de calor (efeito Joule).

Durante a atividade, os alunos podem calcular a resistência de um fio utilizando valores iguais de comprimento e área de seção transversal para ambos os materiais. Isso os ajudará a perceber que materiais com menor resistência elétrica são mais eficientes, pois reduzem perdas de energia e melhoram o desempenho geral da rede elétrica.

Sugestão



Pergunte aos alunos sobre onde eles acham que alumínio pode ser uma escolha preferível, como em situações onde o peso é um fator crítico.

Sugestão de Atividade Experimental (Para Mediação Docente)

Orientações para o(a) professor(a):

Esta atividade tem como objetivo possibilitar que os estudantes manipulem o multímetro e obtenham dados de resistência elétrica em fios com diferentes espessuras, comprimentos e materiais.

Em vez de entregar um procedimento pronto, conduza os grupos por meio de perguntas orientadoras, incentivando-os a pensar sobre como a resistência de um fio pode variar e o que eles podem medir para verificar isso. Estimule a organização das ideias em quadros brancos ou folhas de registro, valorizando o planejamento experimental pelos próprios alunos.

Peça que os grupos escrevam:

- O objetivo da atividade com suas próprias palavras;
- Quais características dos fios serão testadas (material, comprimento, espessura);
- Como pretendem medir a resistência de cada fio;
- Uma previsão do que pode acontecer com a resistência ao variar cada um dos fatores.

Materiais Necessários:

- Multímetro
- Cabos conectores (jacarés)
- Fios de mesmo material com diferentes espessuras
- Fios de mesmo material com diferentes comprimentos
- Fios de diferentes materiais (ex: cobre e alumínio)

Acompanhamento durante o experimento:

À medida que os grupos propõem e executam seus procedimentos, acompanhe com intervenções pontuais para que:

- Configurem corretamente o multímetro para a função de resistência (Ω);
- Conectem os fios de forma segura e adequada;
- Façam comparações controlando uma variável por vez (ex.: testar fios de mesmo material e comprimento, variando apenas a espessura);
- Registrem os dados obtidos em uma tabela de forma clara e organizada.

Modelo de tabela sugerida para registro (a ser construída pelos próprios alunos):

Tipo de Medição	Comprimento (cm)	Área (mm²)	Material	Resistência (Ω)
Fio de menor espessura				
Fio de maior espessura				
Fio de menor comprimento				
Fio de maior comprimento				
Fio de cobre			Cobre	
Fio de alumínio			Alumínio	

Óptica

Para essa temática propomos uma ADM que foca na exploração das características de espelhos planos (óptica geométrica), incluindo a análise de dados como ângulos e imagens obtidos por meio de experimentação em que estes espelhos são associados. O resultado dessa atividade é a modelização do número de imagens formadas por uma associação de espelhos, levando à seguinte equação para o Número de Formação de Imagens em Espelhos Planos:

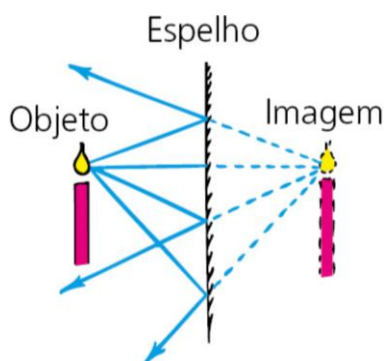
$$N = \frac{360^\circ}{\theta} - 1$$

Os espelhos planos são fundamentais no estudo da óptica, especialmente na formação de imagens. Quando a luz incide em um espelho plano, ela é refletida de acordo com a lei da reflexão, onde o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. Essa reflexão permite que o espelho forme imagens virtuais e diretas dos objetos (Figura 14). A imagem formada em um espelho plano possui algumas características distintas:

- **Natureza da Imagem:** A imagem formada é virtual, o que significa que não há convergência real dos raios de luz. Ela é uma representação óptica do objeto refletido.
- **Tamanho e Orientação:** O tamanho da imagem é igual ao tamanho do objeto, e a orientação é direita, ou seja, não há inversão como ocorre em outros tipos de espelhos.
- **Localização da Imagem:** A imagem é formada atrás do espelho, em uma posição equivalente à do objeto, mas do lado oposto.

Além disso, os espelhos planos proporcionam um amplo campo de visão, o que os torna úteis em várias aplicações práticas. Eles são comumente utilizados em espelhos retrovisores de veículos, espelhos de maquiagem e periscópios, facilitando a observação sem distorção significativa da imagem. (HEWITT, 2015).

Figura 14 - Projeção de imagem em um espelho plano



Fonte: Hewitt, 2015

ATIVIDADE DIDÁTICA DE MODELIZAÇÃO - 03

Associação de Espelhos Planos

Objetivos de aprendizagem:

- Discutir as características dos espelhos na óptica geométrica.
- Analisar dados como ângulo e imagens obtidas por meio da experimentação.
- Modelizar o número de imagens formadas por uma associação de espelhos planos.

Materiais necessários:

- Pares de espelhos planos.
- Transferidor.

O Quadro 4 apresenta uma organização de cada estágio da atividade, categorizada conforme os ciclos de Hestenes.

Quadro 4 - Organização da ADM 03

Estágio	Etapa	Dinâmica	Tempo
Primeiro	Discussão pré-laboratorial	Atividade investigativa com associação de espelhos planos	45 min
	Investigação	Obtenção de dados e modelização do número de formação de imagens	45 min
Segundo	Discussão Pós-Laboratorial	Apresentação dos modelos e formalização da equação	30 min
	Implementação	Implementação do modelo elaborado	15 min

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Sugestão



Para preparar os alunos para a atividade de óptica geométrica, é fundamental realizar uma revisão matemática sobre ângulos. Esta revisão visa consolidar o entendimento dos conceitos essenciais que serão aplicados durante a atividade prática.

Primeiro estágio

a) Discussão pré-laboratorial: Apresentação do fenômeno a ser modelizado

Dinâmica: Com base nos objetivos previamente definidos, a aula pode ser iniciada com a apresentação do fenômeno a ser estudado e discutido: o número de imagens formadas por uma associação de espelhos planos. Deve ser apresentado um exemplo visual com dois espelhos e várias imagens refletidas. Para estimular a participação e o engajamento dos alunos, pode se perguntar conforme está na Figura 15.

Figura 15 - Pergunta aos alunos



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Os alunos, neste momento, podem começar a fazer suposições sobre os valores e observar que há mais de um espelho envolvido na situação. A proposta é que percebam, por meio da exploração, que se trata de uma associação de espelhos. Em seguida, uma pergunta pode ser feita para levá-los à compreensão de que os reflexos são na verdade imagens formadas pelos espelhos (Figura 16).

Figura 16 - Reflexos em um espelho



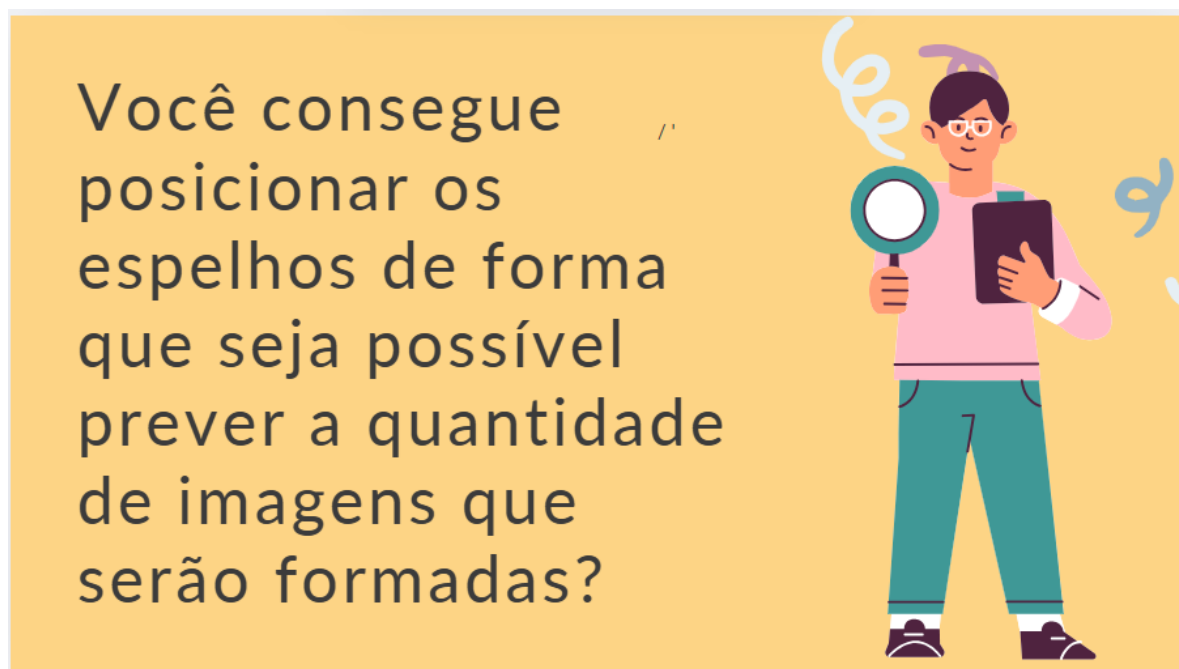
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Após isso, com os alunos em grupos, deve ser solicitado que respondam:

“Destaque as características que influenciam na formação das imagens”

É comum que surjam ideias como o ângulo de inclinação dos espelhos, a quantidade de espelhos utilizados, a iluminação do ambiente, a distância entre o objeto e o espelho, além da própria posição do observador. Outros termos mais amplos ou pouco definidos, como “reflexo” e “óptica”, também podem ser mencionados.

Diante dessas contribuições, é importante que o(a) professor(a) esteja atento(a) ao que os alunos conseguem mobilizar a partir de seus conhecimentos prévios e observações. Caso algum dos elementos fundamentais não seja mencionado pelos grupos, é recomendável conduzir a discussão com perguntas que estimulem a reflexão e favoreçam o avanço conceitual, sem fornecer diretamente as respostas. Por exemplo, se a quantidade de espelhos não for levantada, pode-se perguntar: “Será que se colocássemos mais espelhos, a quantidade de imagens mudaria? Como vocês acham que isso funcionaria?”. Após a isso, deve ser colocada a problematização da atividade, conforme Figura 17.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

b) Investigação: Tabela de ângulos e número de imagens

Dinâmica: Nessa etapa, os grupos devem discutir e fazer anotações para tentar responder à pergunta. A partir deste momento, os estudantes em grupos iniciam a construção de seus modelos. Será entregue aos grupos espelhos planos e um transferidor.

Sugestão



É interessante deixar com que os alunos se familiarizem com os espelhos, pois apesar de o espelho ser algo comum do cotidiano, pode trazer bastante entusiasmo e novas possibilidades de organização, como pode ser observado na Figura 18.

Figura 18 - Aluno apontando espelho para câmera do celular

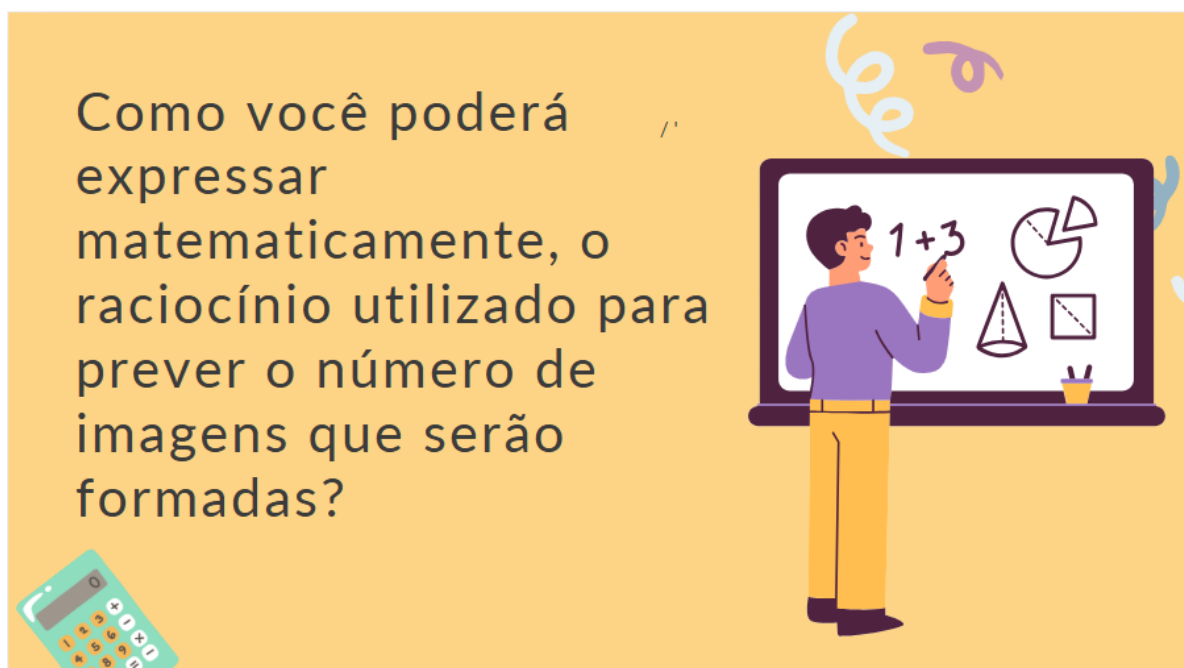


Fonte: Registro dos autores (2024).

Após os alunos manipularem e posicionarem os espelhos, o professor deve conduzir a atividade voltando para a questão-problema, de forma com que incentive a investigação da relação entre o ângulo formado pelos espelhos e o número de imagens geradas. Caso os estudantes apresentem dificuldades para estabelecer essa relação, o professor pode intervir com perguntas orientadoras, como: “Você consegue formar uma imagem no espelho? Com qual ângulo?”, “E duas imagens? O que mudou?” ou ainda “Para obter mais imagens, é necessário aumentar ou diminuir o ângulo entre os espelhos?”.

Na sequência, deve-se solicitar que testem essas hipóteses na prática, tentando responder à seguinte pergunta: “Com base nos dados observados experimentalmente, é possível posicionar os espelhos de forma que se possa prever a quantidade de imagens formadas? Como você explicaria essa relação?”. Em conjunto com essa pergunta, pode ser proposta a modelização (Figura 19).

Figura 19 - Proposta de expressão matemática



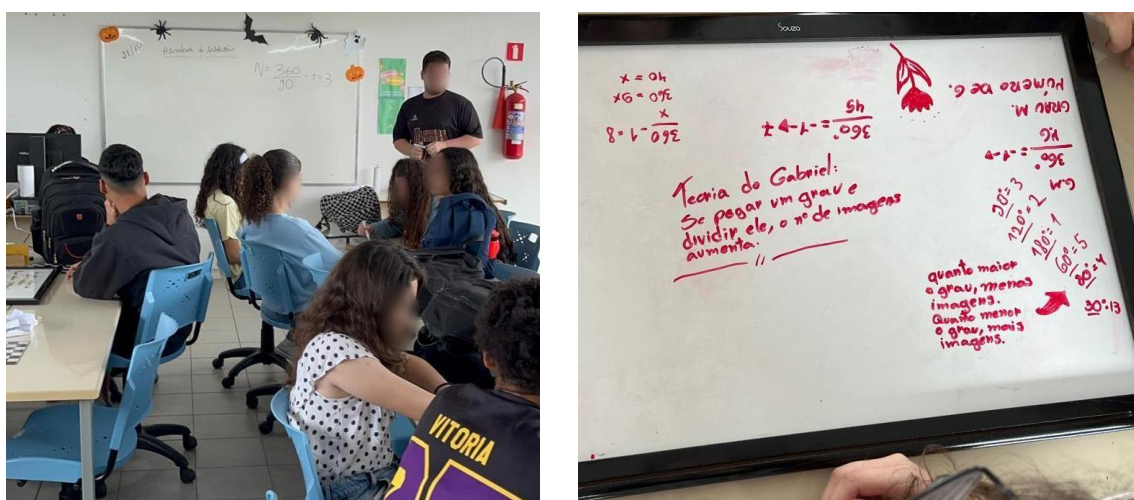
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Após todos os grupos terem discutido e registado suas conclusões, avançamos para a terceira fase do ciclo.

c) Discussão Pós-Laboratorial: Apresentação dos modelos

Dinâmica: Um estudante de cada grupo é convidado a apresentar e explicar o modelo matemático desenvolvido pelo seu grupo no quadro (Figura 20). Durante essa exposição, o professor deve destacar a importância de uma padronização nos modelos apresentados, pois embora todos expressem a mesma ideia, eles podem diferir em termos de linguagem e notação.

Figura 20 - Apresentação dos estudantes



Fonte: Registro dos autores (2024).

Conforme previsto nos ciclos de modelagem de Hestenes, é fundamental utilizar termos técnicos apropriados nesse momento, para garantir uma comunicação clara e precisa. Esse enfoque na padronização e na linguagem técnica contribui para aprimorar a compreensão dos alunos sobre a construção de modelos e sua relevância na Física, além de fortalecer suas habilidades de comunicação científica.

Portanto, espera-se que se os alunos alcancem a equação que representa o número de imagens formadas em uma associação de dois espelhos planos:

$$N = \frac{360^\circ}{\theta} - 1$$

Segundo estágio


Implementação do modelo

Dinâmica: Após definido o modelo matemático, avançamos para a última fase do ciclo de modelagem de Hestenes, que consiste na implementação do modelo recém-criado. Para isso, pode ser proposto aos estudantes que resolvam a questão, conforme a Figura 21.

Figura 21 - Aplicação do modelo

APLIÇÃO

Em uma loja de roupas, dois espelhos planos são posicionados em um ângulo reto no canto de um provador. Quando você entra no provador, várias imagens suas aparecem nos espelhos. Quantas imagens você verá? Assuma que você está exatamente no meio dos dois espelhos. O que acontece se você se aproximar de um dos espelhos? O número de imagens que você vê mudará? Justifique sua resposta



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Espera-se que os estudantes sejam capazes de explicar que verão três imagens de si mesmos. Isso ocorre porque, quando dois espelhos são posicionados em um ângulo reto (90°), o número de imagens é determinado pela equação

$$N = \frac{360^\circ}{90^\circ} - 1 = 4 - 1 = 3$$

Ao se aproximar do espelho, o número de imagens não mudará independentemente da posição da pessoa em relação aos espelhos, pois a quantidade depende apenas do ângulo entre os espelhos.

Sugestão



Ferramenta de auxílio para as aulas:

https://www.canva.com/design/DAGrXPnxvLk/0wgVU8KLwIZR3ILZ_BI6UQ/edit?utm_content=DAGrXPnxvLk&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton.

No Apêndice I está disponível um questionário de pós-teste.

Dinâmica

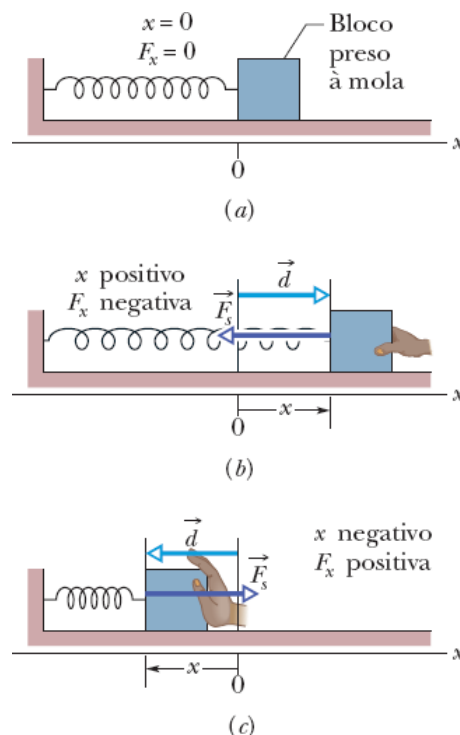
Para esta unidade conceitual propomos uma ADM, cujo objetivo principal consiste em uma discussão aprofundada da Lei de Hooke, com a intenção de relacionar a força elástica à reação de um corpo à aplicação de outra força com a finalidade de deformá-lo, resultando na seguinte equação:

$$F = -k \cdot x$$

Quando um objeto é submetido a forças externas, pode mudar de tamanho, forma ou ambos. Essas mudanças dependem da estrutura dos átomos e das ligações entre eles no material. (HEWITT, 2015)

Na Figura 22a, é possível contemplar um sistema composto por um bloco conectado a uma mola em seu estado de equilíbrio, isto é, sem qualquer compressão ou distensão evidente. Ao exercer uma força de tração no bloco, a mola é esticada, conforme retratado na Figura 22b. Nesse contexto, percebe-se um deslocamento (d) na direção positiva do eixo x . Já na Figura 22c, o bloco é submetido a uma força de compressão, levando à contração da mola. Desta forma, o deslocamento ocorre na direção negativa do eixo x , enquanto a força elástica manifesta-se como positiva. Portanto, podemos afirmar que a deformação é diretamente proporcional à força aplicada.

Figura 22 - Representação de forças.



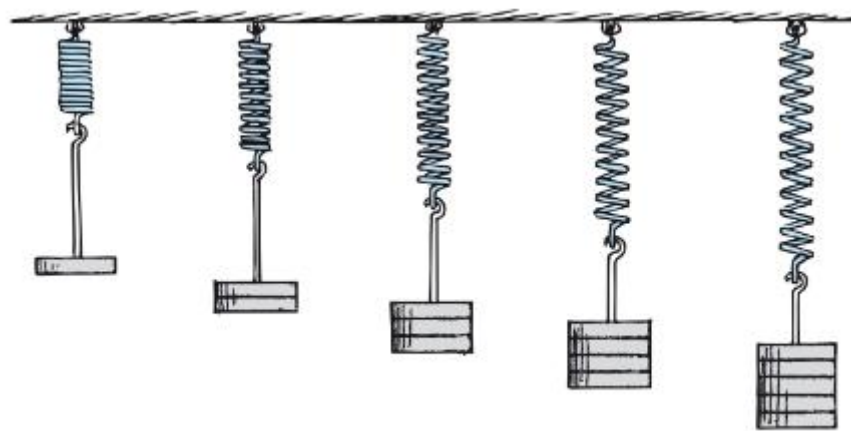
Fonte: Halliday (2016).

A constante k é designada como constante elástica, também conhecida como constante de força, representando uma medida da resistência da mola. Quanto maior o valor de k , mais acentuada é a rigidez da mola, indicando que a força aplicada pela mola é maior para um determinado deslocamento. (HALLIDAY, 2016). Conforme mencionado, a força elástica age sempre no sentido oposto ao deslocamento da extremidade livre da mola, por isso o sinal negativo na equação.

É fundamental destacar a importância da elasticidade. A elasticidade de um corpo refere-se à sua capacidade de voltar à forma original após sofrer uma deformação causada por uma força externa. Se um material elástico for esticado ou comprimido além de um certo ponto, não conseguirá mais recuperar sua forma original e permanecerá deformado. O ponto em que isso ocorre é conhecido como limite elástico. A aplicabilidade da Lei de Hooke está restrita ao intervalo em que a força aplicada não ultrapassa o limite elástico do material (HEWITT, 2015).

Ao considerarmos um sistema vertical, conforme mostrado na Figura 23, podemos observar algumas características importantes. Quando adicionamos peso a uma mola, temos um sistema massa-mola. Nesse sistema, o equilíbrio deve ser alcançado, o que significa que a soma das forças é igual a zero, conforme estabelecido pela Primeira Lei de Newton.

Figura 23 - Sistema massa-mola



Fonte: Hewitt (2015).

ATIVIDADE DIDÁTICA DE MODELIZAÇÃO - 04

Lei de Hooke

Objetivos de aprendizagem:

- Perceber as características de uma mola.
- Entender a constante elástica.
- Verificar por meio da experimentação o deslocamento de uma mola.
- Analisar dados como deslocamento, força, peso e constante elástica.
- Estudar o movimento de uma mola através do simulador Phet.
- Modelizar a equação da Lei de Hooke.
- Compreender e relacionar a Lei de Hooke com as aplicações do cotidiano.

Materiais necessários:

- Molas (de diferentes constantes elásticas).
- Notebook.

O Quadro 05 apresenta uma organização de cada estágio da atividade, categorizada conforme os ciclos de modelização de Hestenes.

Quadro 5 - Organização da ADM 04

Estágio	Etapa	Dinâmica	Tempo
Primeiro	Discussão pré-laboratorial	Atividade investigativa com molas de diferentes constantes elásticas	90 min
	Investigação	Obtenção de dados e modelização da Lei de Hooke	60 min
Segundo	Discussão Pós-Laboratorial	Apresentação dos modelos e formalização da equação	30 min
	Implementação	Implementação do modelo elaborado	45 min

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Sugestão



Para esta atividade, é essencial que os alunos possuam conhecimento prévio sobre forças, incluindo a força peso e o conceito de gravidade.

Primeiro estágio

- a) Discussão pré-laboratorial: Percepção das características de uma mola e apresentação do fenômeno a ser modelizado

Dinâmica: Pergunta-se aos alunos onde já viram molas sendo utilizadas no dia a dia. Os exemplos podem variar, mas é comum que mencionem objetos como amortecedores de carro, colchões, canetas, cadeiras giratórias, molas de caderno e calçados com molas.

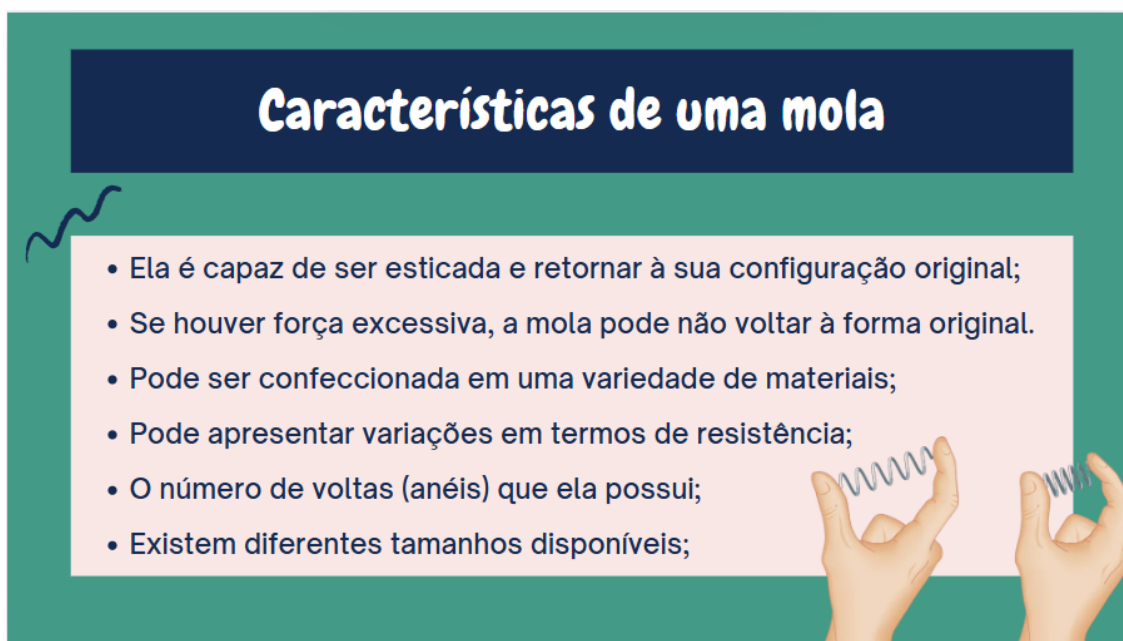
Em seguida, o docente pode apresentar diferentes tipos de molas para a turma: mola de caneta, mola com gancho, mola de caderno e a mola de brinquedo, conhecida como mola maluca. Ao apresentar cada uma delas, é importante explicar brevemente sua utilidade e funcionamento, destacando como o tipo de mola está relacionado ao seu uso. Após essa breve explicação, pode-se retomar o diálogo com os alunos, questionando se lembram de outros objetos que também utilizam molas.

As molas devem ser distribuídas entre os grupos, junto com os quadros brancos e canetas para registro. Nesse momento, os alunos terão a oportunidade de manusear livremente as molas, observando suas características e funcionamento. Após isso, pode ser proposto aos estudantes:

“Destaque as características que você observou na(s) mola(s) manipulada(s)”

As observações devem ser anotadas no quadro. Espera-se que os alunos mencionem as características contidas na Figura 24.

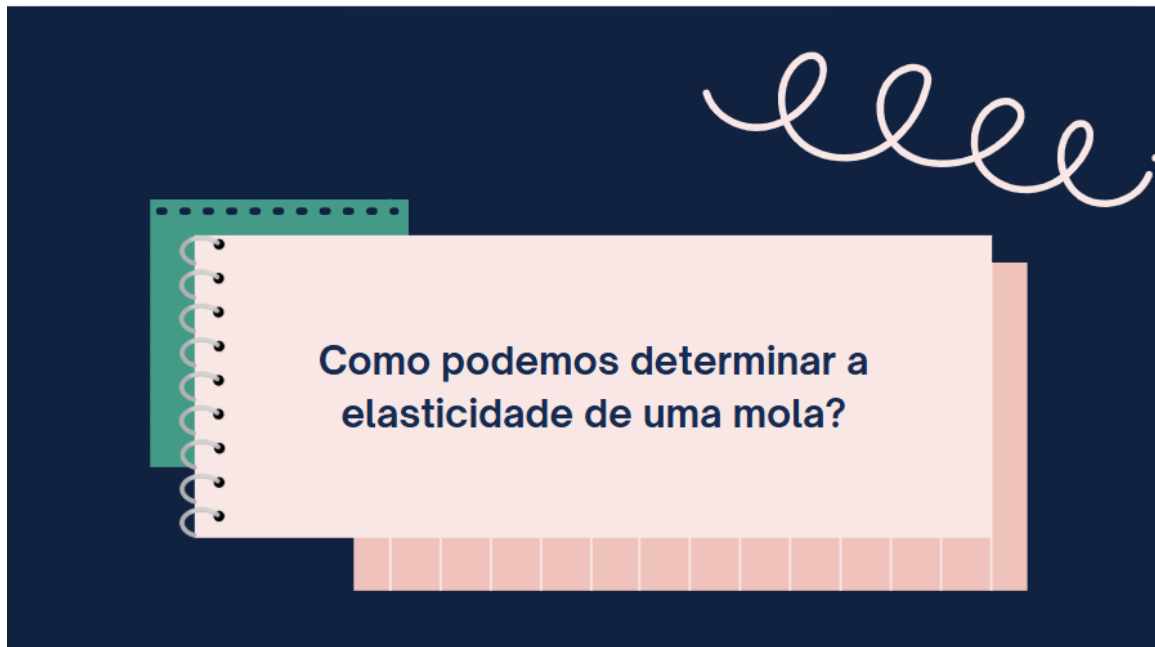
Figura 24 - Características de uma mola



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Se os alunos não mencionarem alguma dessas características, é apropriado incentivá-los a observar, por exemplo, se não notarem que a mola pode não retornar à sua forma original. Pode-se questionar os alunos sobre o que acontece ao puxar demais uma mola de caderno. A partir dessas discussões, é lançada a questão problematizadora, conforme Figura 25.

Figura 25 - Questão problematizadora



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

b) Investigação: Elasticidade da mola

Dinâmica: A partir da problematização, o docente pode propor uma construção experimental iniciando com perguntas como “Se fôssemos realizar um experimento com essa mola, o que deveríamos medir?”. Essa pergunta inicial permite que os alunos identifiquem as variáveis relevantes, como força aplicada e o quanto a mola se estica. Em seguida, para aprofundar a reflexão pode questionar: “Como podemos medir essa força numericamente?”, incentivando os estudantes a pensarem em maneiras de quantificar a força. Nesse momento, é recomendável que o professor segure uma mola e a estique diante da turma, incentivando a observação direta do fenômeno. Com base nas respostas dos alunos, a conversa pode ser direcionada para a relação entre massa, gravidade e força peso.

Durante esse momento de discussão, o professor deve incentivar os alunos a proporem formas de registrar os dados e planejar o experimento, fazendo perguntas como: “Como vocês vão organizar as informações que irão coletar na próxima aula?”. É comum que surjam sugestões como relatórios ou tabelas, e o professor pode orientar que a tabela contenha colunas para massa, força peso e deslocamento da mola.

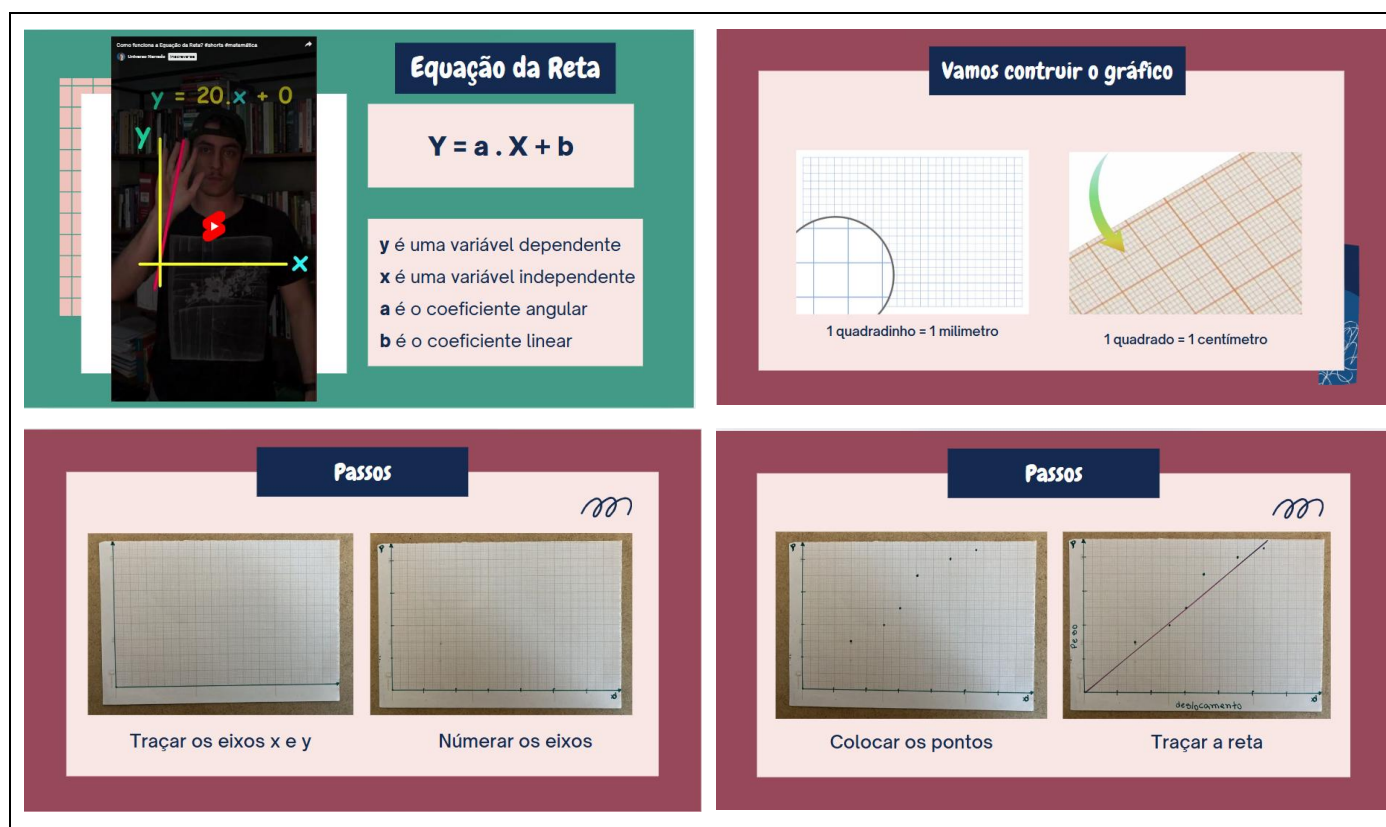
Essa etapa é essencial para que os estudantes se apropriem do experimento como uma investigação construída por eles.

O professor pode fornecer aos grupos uma mola, uma régua ou trena, um suporte para a mola, três argolas ou outro objeto e uma balança. Antes de iniciar a atividade, é importante retomar com a turma o que foi discutido anteriormente e reforçar as perguntas norteadoras: o que será feito com a mola e como as informações serão anotadas. Com o auxílio de quadros brancos, os estudantes devem organizar os dados obtidos.

Durante o experimento, o professor deve circular pela sala, orientando os grupos na montagem do dispositivo experimental e na realização dos cálculos. É essencial observar a participação de todos os membros do grupo, garantindo uma distribuição equilibrada das tarefas. Além disso, é importante relembrar os alunos sobre as unidades de medida envolvidas.

Após a atividade experimental, o docente deve orientar os estudantes a transferirem os valores obtidos para um gráfico (Figura 26). Antes dos grupos iniciarem é importante revisar a equação reduzida da reta e qual a função de cada coeficiente e variável. A força peso deve ser representada no eixo vertical (y), como variável dependente, enquanto o deslocamento da mola deve ser colocado no eixo horizontal (x), como variável independente. Em seguida, os alunos devem plotar os pontos correspondentes e traçar uma reta que melhor se ajuste aos dados coletados.

Figura 26 - Como construir um gráfico



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

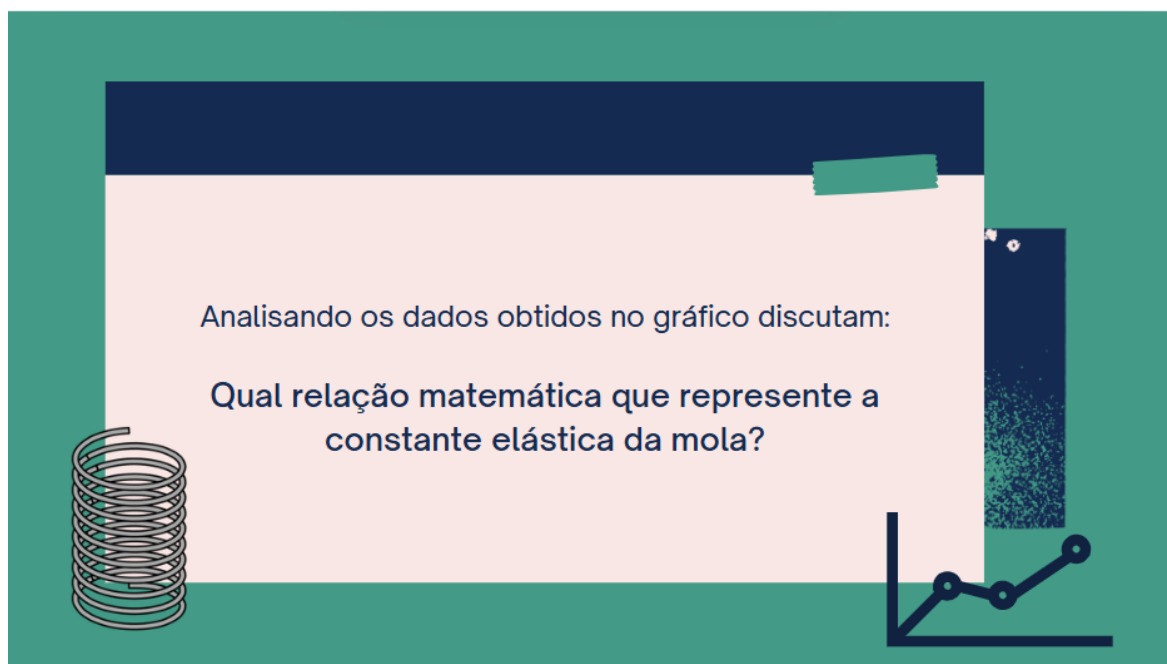
Sugestão



Os alunos podem precisar de ajuda para definir a escala do gráfico, por isso é importante manter a atenção. Também é essencial garantir o uso correto das unidades, como quilogramas (kg) para a massa e metros (m) para o deslocamento.

Ao finalizar os gráficos, os alunos devem procurar uma relação matemática que represente a constante elástica da mola (Figura 27).

Figura 27 - Relação matemática



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Espera-se que discutindo em grupos os estudantes cheguem na seguinte relação:

$$Y = a \cdot x + b$$

$$P = a \cdot D + 0$$

$$P = k \cdot D$$

$$\frac{P}{D} = k$$

c) Discussão Pós-Laboratorial: Apresentação dos modelos

Dinâmica: Um estudante de cada grupo é convidado a apresentar e explicar o modelo matemático desenvolvido pelo seu grupo no quadro.

Ao final das apresentações, é importante que o docente formalize os conceitos, contextualizando sobre a Lei de Hooke que pode ser representada por:

$$P = k \cdot D$$

$$P = k \cdot x$$

$$P = m \cdot g \quad F = m \cdot a$$

$$F = k \cdot x$$

Forma escalar, onde F é a força elástica, k é a constante elástica da mola e x é a deformação (ou alongamento/compressão).

É importante ressaltar que o sinal negativo na forma vetorial da Lei de Hooke ($\vec{F} = -k \cdot \vec{x}$) indica que a força elástica sempre atua no sentido contrário ao da deformação da mola:

- Se o deslocamento for para a direita (positivo), a força será para a esquerda (negativa);
- Se o deslocamento for para a esquerda (negativo), a força será para a direita (positiva).

Segundo estágio

Implementação do modelo

Dinâmica: Para aplicar a equação da Lei de Hooke e explorar o conceito de elasticidade dos materiais de forma prática, pode-se propor aos alunos o seguinte desafio:

“Quantos elásticos seriam necessários para suportar o peso de uma pessoa sem que arrebentem?”.

A atividade inicia-se com a entrega de um elástico de látex para cada grupo e o lançamento da pergunta, que desperta a curiosidade e promove a reflexão. No início, os estudantes podem demonstrar incerteza sobre como proceder. Para guiá-los, o professor pode pegar alguns elásticos e questionar: “Quantos desses elásticos seriam necessários para que eu pudesse me pendurar sem que se rompam?”. A partir dessa provocação, os grupos são incentivados a pensar em estratégias para resolver o problema.

O professor deve circular pela sala, observando as primeiras ideias dos grupos e incentivando a autonomia dos estudantes. Ao longo da atividade é comum que os grupos comecem testando a resistência de um único elástico, utilizando objetos disponíveis, como cadernos, garrafas de água ou até mesmo materiais alternativos, como pedras coletadas no pátio. Nesse processo, os alunos percebem a necessidade de medir a força aplicada ao elástico e solicitam balanças ou instrumentos para mensuração. O professor pode fornecer esses recursos apenas quando requisitados, incentivando os alunos a buscar soluções por conta própria.

Durante os testes, os estudantes devem observar a deformação sofrida pelo elástico e utilizar a fórmula:

$$k = \frac{m \cdot g}{y}$$

Em seguida, com base no valor da força máxima que um único elástico suporta antes de se romper, os alunos utilizam uma regra de três simples para estimar a quantidade de elásticos necessários para sustentar um integrante do grupo. Normalmente, os grupos escolhem o colega de menor massa como referência para os cálculos. É comum que no início alguns grupos “chutem” um valor alto, como 100 elásticos, sem justificar a escolha. Nesses momentos, o professor pode intervir com perguntas orientadoras, incentivando o raciocínio baseado em evidências experimentais.

Após todos os grupos determinarem o peso máximo suportado por um único elástico, o docente pode sistematizar os dados coletados e com base nos valores médios, orientar os próximos passos da

atividade. A turma pode se deslocar até a quadra da escola para testar na prática as estimativas realizadas. Cada grupo recebe a quantidade de elásticos que calculou como necessária e tenta suspender um integrante por cerca de cinco segundos. O professor deve acompanhar essa etapa atentamente, garantindo a segurança dos alunos. A maioria dos grupos costuma obter sucesso, mas eventuais falhas, como a ruptura dos elásticos, também são importantes para discutir a importância dos cálculos, da margem de segurança e das variações nos materiais.

Sugestão



Ferramenta de auxílio para as aulas:

https://www.canva.com/design/DAGrXFlk-h8/uDoceMhfk5JS3FOWg9BdRQ/view?utm_content=DAGrXFlk-h8&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=uniquelinks&utlId=h0fa9d6e1d2

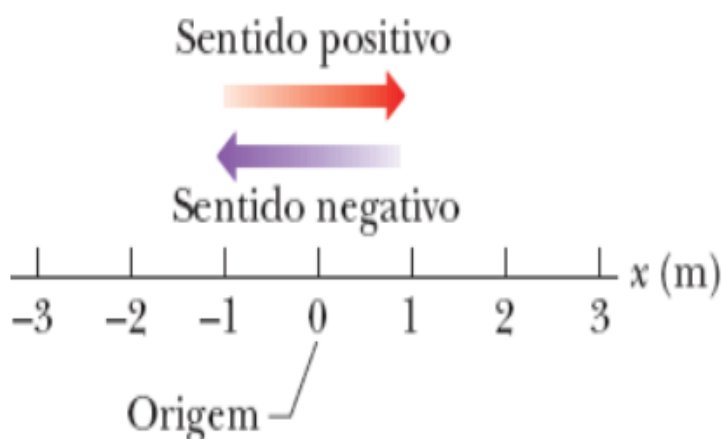
No Apêndice II está disponível um questionário de pós-teste.

Cinemática

O universo e todos os seus componentes estão em constante movimento. Mesmo objetos aparentemente estáticos, como uma estrada, estão em constante deslocamento devido à rotação da Terra, sua órbita em torno do Sol, a trajetória do Sol em nossa galáxia, e o movimento da própria Via Láctea em relação às outras galáxias. O estudo e comparação desses movimentos, conhecido como cinemática, apresenta desafios significativos. A partir dessa reflexão, exploramos a dinâmica do movimento de objetos por meio de uma ADM. (HALLIDAY, 2016).

Para compreender o movimento, é essencial determinar a posição de um objeto no espaço. Isso envolve situá-lo em relação a um ponto de referência, frequentemente definido como a origem de um eixo, como o eixo x da Figura 28. O sentido positivo desse eixo é aquele em que as coordenadas aumentam de valor, geralmente associado à direção para a direita, enquanto o sentido oposto é considerado negativo. (HALLIDAY, 2016).

Figura 28 - Origem de um eixo



Fonte: Halliday (2016).

Antes da época de Galileu, as pessoas costumavam caracterizar o movimento dos objetos de forma rudimentar, utilizando termos como "lento" ou "rápido", o que resultava em descrições imprecisas. Galileu foi o pioneiro ao introduzir a medição da velocidade, levando em consideração tanto a distância percorrida quanto o tempo decorrido. Ele definiu rapidez como a distância percorrida por unidade de tempo, por exemplo, se um ciclista percorre 16 metros em 2 segundos, sua rapidez é de 8 metros por segundo. (HEWITT, 2015).

Atualmente, podemos chamar a rapidez de Galileu como velocidade escalar, sendo que além dela podemos categorizar também a velocidade instantânea ou média. A velocidade instantânea é definida

como a velocidade obtida no instante, sem variações. Já a velocidade média (V_m) é a variação da distância total (S) percorrida dividida pelo tempo total (t), conforme a equação:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

A velocidade média de uma partícula pode assumir valores positivos quando o deslocamento da partícula é positivo, negativos quando o deslocamento é negativo, ou nula quando não há deslocamento. Essa medida – deslocamento - pode ser expressa em diversas unidades de distância, como milhas, metros ou quilômetros. Já as unidades de tempo podem ser expressas em horas, minutos ou segundos. No entanto, no Sistema Internacional de Unidades (SI), a velocidade média é comumente expressa em metros por segundo (m/s).

A atividade desenvolvida sobre Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) é uma adaptação do trabalho de George Luis Azevedo (2017) intitulado como “MODELIZAÇÃO, EXPERIMENTAÇÃO E RECURSOS COMPUTACIONAIS: possíveis articulações para o estudo de movimentos em Aulas de Física”. No produto educacional resultante, a primeira atividade intitulada “Sempre na mesma”, concentra-se no estudo do movimento uniforme (velocidade constante) utilizando os softwares Tracker e Modellus. Contudo, uma vez que o nosso trabalho não está centrado no uso de recursos computacionais, decidimos não incorporar essa ferramenta no primeiro estágio da atividade.

O objetivo principal consiste em promover uma discussão sobre a equação horária da posição, representada pela seguinte equação:

$$S = S_0 + v \cdot t$$

ATIVIDADE DIDÁTICA DE MODELIZAÇÃO – 05

Movimento retilíneo uniforme

Objetivos de aprendizagem:

- Explorar as propriedades do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU).
- Observar, através de experimentos, a constância da velocidade no deslocamento do carrinho.
- Analisar dados experimentais, incluindo tempo e posição, para compreender o movimento.
- Desenvolver um modelo matemático para descrever a relação entre tempo e posição.
- Caracterizar os conceitos de posição e deslocamento no contexto do movimento estudado.

Materiais utilizados:

- Carrinho de lego ou controle remoto.
- Trena.
- Cronômetro/ celular.

O Quadro 06 apresenta uma organização de cada estágio da atividade, categorizada conforme os ciclos de Hestenes.

Quadro 6 - Organização da ADM 05

Estágio	Etapas	Dinâmica	Tempo
Primeiro	Discussão pré-laboratorial	Apresentação e análise da constância da velocidade no movimento do carrinho como fenômeno a ser modelado.	45 min
	Investigação	Obtenção de dados e modelização da equação horária da posição.	90 min
Segundo	Discussão Pós-Laboratorial	Apresentação dos modelos e formalização da equação	45 min
	Implementação	Implementação do modelo elaborado	45 min

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Primeiro estágio

- a) Discussão pré-laboratorial: Apresentação e análise da constância da velocidade no movimento do carrinho como fenômeno a ser modelado.

Dinâmica: Para iniciar a discussão, o docente pode utilizar um carrinho que se desloque com velocidade constante. Esse recurso pode ser um carro de controle remoto ou um carrinho de Lego. Em escolas públicas que possuam sala maker e dispõem do kit de Lego, é possível construir um carrinho programado para se movimentar para frente e para trás, favorecendo a realização da atividade. O carrinho eletrônico será colocado sobre uma mesa central na sala, permitindo que todos os estudantes possam observar o que acontece. Após essa preparação, o carrinho pode ser posto em movimento sobre a mesa, mantendo uma velocidade constante. Após alguns deslocamentos, os estudantes serão questionados com a seguinte pergunta:

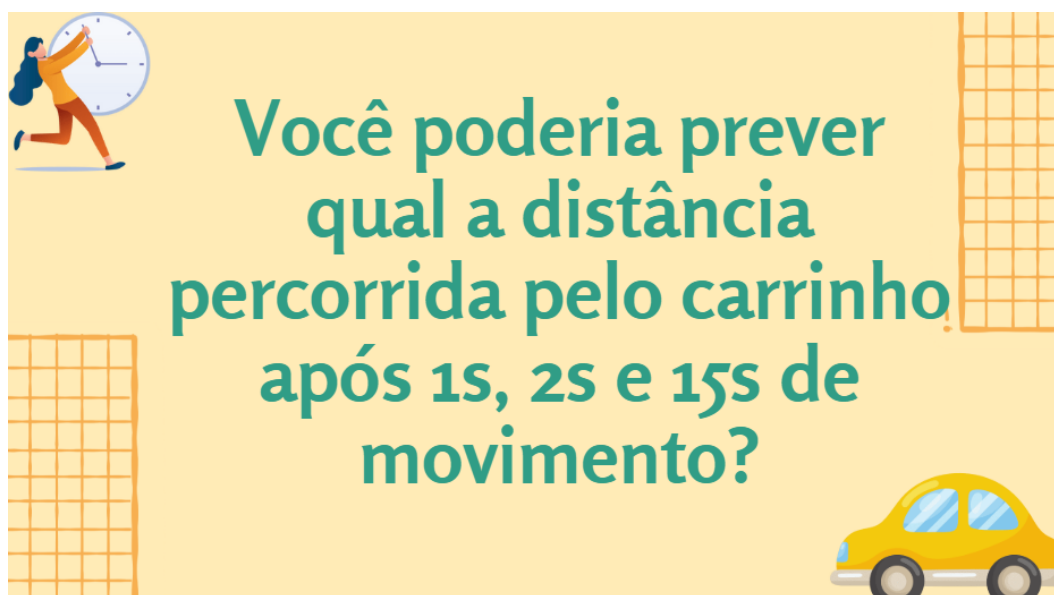
“Destaque as características deste movimento, que você julga importante.”

É solicitado que os registros sejam feitos no caderno ou em quadros brancos e em seguida, compartilhados em grande grupo. É importante que o docente direcione a atenção dos alunos ao movimento que o carrinho faz, sem focar na estrutura do carrinho. Espera-se que sejam citadas as afirmações:

- Movimento se dá em linha reta;
- O movimento se dá somente numa única direção;
- A velocidade é baixa;
- A velocidade fica constante;
- O carrinho passa por várias posições;
- As posições somente aumentam ou somente diminuem.

Sugere-se que essas afirmações sejam escritas no quadro/lousa. Após isso, pode ser solicitado que os estudantes respondam a questão da Figura 29.

Figura 29 - Questão problema



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Nesse momento, pode ser que os estudantes deem a sugestão da experimentação, utilizando um cronômetro e uma trena. Caso não o façam, o professor deve incentivar essa ideia, para então, partir para a próxima etapa.

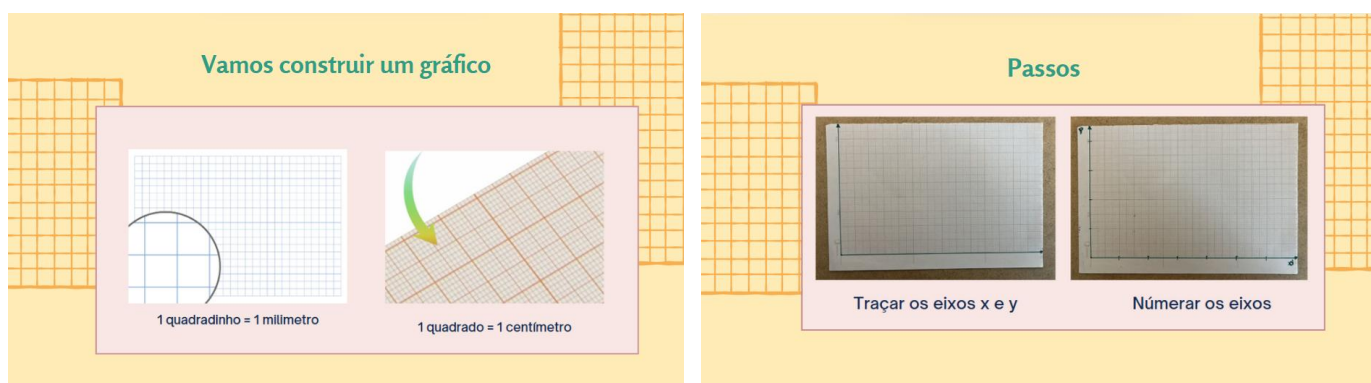
b) Investigação: Obtenção de dados e modelização da equação horária da posição.

Dinâmica: Nesse momento a turma deve ser dividida em grupos para realizar a atividade experimental. Cada equipe deverá explicar como irá organizar essas informações, por se tratar de um conteúdo (cinemática) que é comumente dado no início do ano e os alunos estão sendo inseridos no ensino médio, pode ser que o professor tenha que guiá-los a elaborar uma tabela e sugerir formas de organização. Deve ser distribuído aos alunos um carrinho, a trena e um cronômetro. Uma sugestão de experimento está descrita no final dessa ADM.

Caso o professor opte por utilizar um único carrinho para todos os grupos, a atividade poderá ser conduzida de forma sequencial, com cada equipe realizando suas medições. Entretanto, se preferir, o docente também pode disponibilizar um carrinho para cada grupo, adaptando os recursos disponíveis.

Após a realização da atividade experimental, recomenda-se discutir coletivamente os dados obtidos. Por se tratar de grupos distintos, é esperado que haja variação na precisão das medições realizadas com o cronômetro. A partir dos dados tabelados, os estudantes receberão uma folha milimetrada. Considerando que este é o primeiro ano do Ensino Médio, pode ser que os alunos ainda não tenham experiência com este tipo de papel. O professor deve explicar e demonstrar exemplos de escalas para que compreendam como utilizar a folha milimetrada corretamente (Figura 30).

Figura 30 - Construção do gráfico

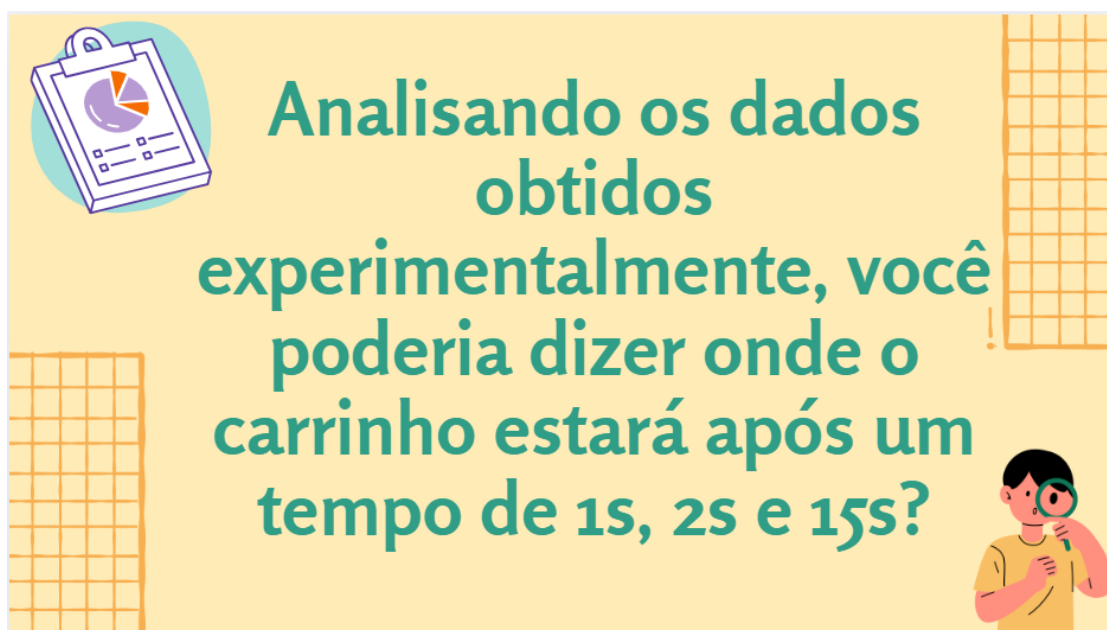


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Além disso, é importante revisar o conceito da equação reduzida da reta neste momento. Alguns estudantes podem não ter estudado este conteúdo anteriormente, então o professor deve explicá-lo antes de avançar para a próxima etapa da atividade. Feito isso, os alunos podem construir seus gráficos com base nos dados obtidos e anotados na tabela, traçando uma reta.

Após a realização do experimento e o registro dos dados, inicia-se a etapa de elaboração de um modelo matemático a partir das informações coletadas. O objetivo é que os estudantes desenvolvam, com base nos resultados obtidos, a equação horária da posição característica do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU). Para iniciar esse processo, proponha o desafio da Figura 31.

Figura 31 - Análise dos dados

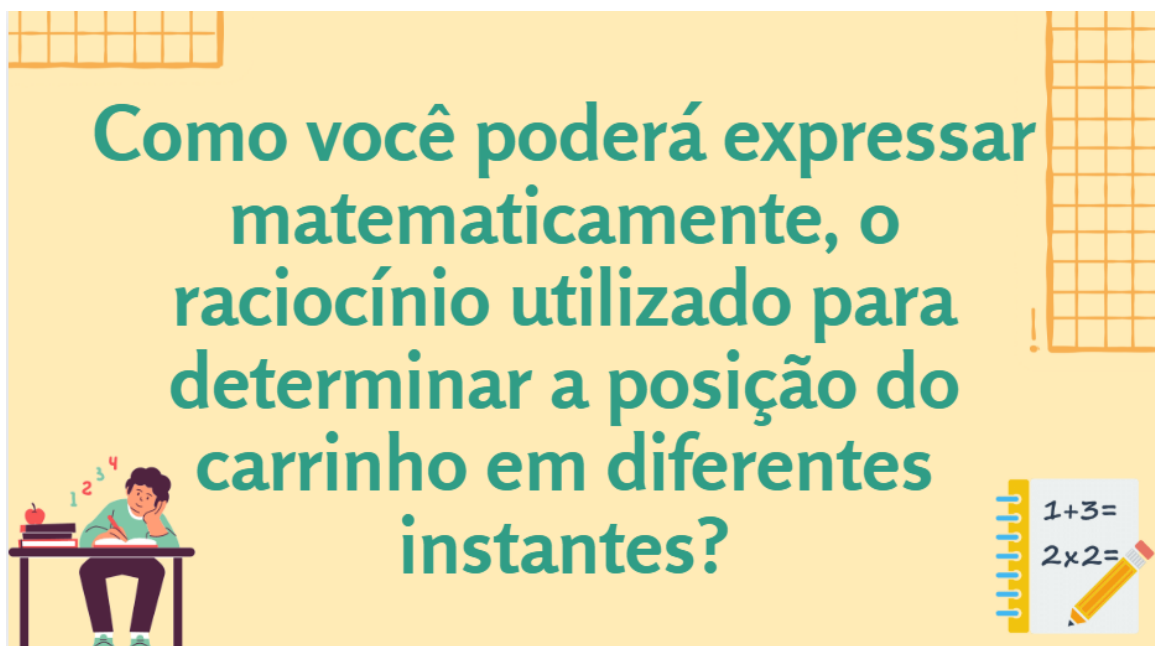


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Os alunos devem discutir entre si e registrar em seus cadernos as estratégias utilizadas para resolver o desafio. Em seguida, promova uma discussão coletiva, incentivando os grupos a verbalizarem suas ideias

e hipóteses, destacando os caminhos escolhidos para encontrar a posição do carrinho em diferentes tempos. Na sequência, lance um novo desafio, agora com o foco na modelização matemática do raciocínio elaborado (Figura 32).

Figura 32 - Expressão matemática



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Nesse momento o docente pode escrever a equação reduzida da reta:

$$y = a . x + b$$

Peça que os estudantes, ainda em grupos, relacionem os elementos da equação com os dados obtidos no experimento, discutindo o que cada variável e coeficiente representa no contexto do movimento analisado. Caso surjam dúvidas, o professor pode fazer perguntas orientadoras como: "Qual é o significado do coeficiente linear b nesta situação?"

Se os alunos tiverem dificuldades, incentive-os a observar o gráfico e identificar o ponto em que a reta intercepta o eixo vertical (posição). A partir dessa análise, devem concluir que o valor de b corresponde à posição inicial do carrinho. Caso o gráfico comece na origem, esse valor será igual a zero.

c) Discussão Pós-Laboratorial: Apresentação dos modelos e formalização da equação

Dinâmica: Cada grupo será convidado a registrar, em seu quadro branco, a hipótese de uma expressão matemática que represente o movimento analisado. Em seguida, deverá apresentar suas conclusões para a turma, explicando a linha de raciocínio utilizada para chegar ao modelo proposto.

Caso os alunos apresentem dificuldades, incentive-os a observar o gráfico construído durante o experimento e identificar o ponto em que a reta intercepta o eixo vertical, que representa a posição. A

partir dessa análise, os estudantes devem concluir que esse valor corresponde à posição inicial do carrinho, ou seja, ao coeficiente linear b . Quando o gráfico tem início na origem, esse valor será igual a zero.

Essa discussão pode ser feita de forma coletiva, valorizando a troca entre os grupos e o confronto de ideias. Após as apresentações, o professor deve destacar a importância de padronizar a forma de expressar o modelo matemático, propondo uma maneira que possa ser aplicada a diferentes situações.

Neste momento, é indicado introduzir uma linguagem mais técnica, apresentando a equação da reta:

$$y = a \cdot x + b$$
$$\textit{Posição} = a \cdot \textit{Tempo} + \textit{Posição Inicial}$$
$$S = a \cdot t + S_0$$
$$S = v \cdot t + S_0$$

Explique aos alunos que, na equação apresentada, a letra S representa a posição final do corpo, S_0 corresponde à posição inicial, v indica a velocidade constante e t refere-se ao tempo decorrido. É interessante mencionar que a letra S é tradicionalmente utilizada para representar a posição por influência da palavra *space* em inglês, algo que pode ser confirmado em livros didáticos e outros materiais de referência.

Segundo estágio

Implementação do modelo elaborado

Tempo previsto: 20 minutos

Dinâmica: Nesse estágio os alunos deverão aplicar o modelo elaborado na seguinte questão proposta:

Vamos descobrir qual é a sua velocidade aproximada para chegar até a escola. Primeiro, precisamos de algumas informações:

- Como você se locomove até a escola? De carro, andando de bicicleta ou de ônibus?
- Quanto tempo você leva para chegar até a escola?
- Qual é a sua posição inicial (por exemplo, sua casa) e qual é a posição final (a escola)? Lembre-se de que estamos considerando uma linha reta entre esses dois pontos.

Com base nessas informações, e considerando que você possua uma velocidade constante, você pode calcular sua velocidade média até a escola usando a equação modelada anteriormente.

É importante promover o diálogo entre os estudantes para que haja uma troca de informações e resultados, permitindo identificar se os valores obtidos fazem sentido. Nesse momento, o professor deve também prestar atenção às unidades de medida, já que alguns alunos podem calcular a distância em quilômetros, mas representar o tempo em minutos.

Sugestão



Ferramenta de auxílio para as aulas:

https://www.canva.com/design/DAGrXJa654E/QnpGhOczBJglp2N0-bygUA/edit?utm_content=DAGrXJa654E&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Sugestão de Atividade Experimental (Para Mediação Docente)

Orientações para o(a) professor(a):

Esta atividade tem como objetivo proporcionar aos estudantes uma vivência prática sobre o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), por meio da observação e registro da posição de um carrinho em movimento constante. Ao invés de entregar um procedimento pronto, conduza os grupos com perguntas orientadoras, incentivando-os a planejar como medir e registrar a variação da posição em função do tempo. Estimule os alunos a organizarem suas ideias em quadros brancos ou folhas, valorizando o planejamento do experimento pelo próprio grupo.

Sugestões de perguntas para orientar os grupos:

- Como podemos identificar se o carrinho está em movimento uniforme?
- O que devemos medir para analisar esse movimento?
- Em que momentos devemos fazer as medições?
- Como vamos organizar os dados obtidos?

Solicite que os grupos escrevam:

- O objetivo da atividade com suas próprias palavras;
- O que pretendem observar ou comprovar com o experimento;
- Como irão medir a posição e o tempo;
- Como vão registrar e analisar os dados;
- Uma previsão sobre o comportamento do movimento (por exemplo, se a posição aumentará de forma constante com o tempo).

Materiais necessários:

- Carrinho eletrônico com velocidade constante
- Régua ou fita métrica
- Cronômetro ou aplicativo de tempo
- Papel, caneta ou quadro branco para registros

Acompanhamento durante o experimento:

À medida que os grupos planejam e executam o experimento, acompanhe com intervenções pontuais para garantir que:

- Definam corretamente os intervalos de tempo para observação da posição;
- Mantenham o carrinho em linha reta e em superfície plana;
- Calculem corretamente a variação de posição (Δs) e a variação de tempo (Δt);
- Registrem os dados em tabela de forma clara e organizada.

Modelo de tabela sugerida (a ser construída pelos próprios alunos):

Posição (m)	Variação da posição Δs	Tempo (s)	Variação do tempo Δt
0			
0,5			
1			
1,5			
2			
2,5			
3			

Sugestão



Os aparelhos de celular possuem um cronômetro em que é possível registrar os tempos com o cronômetro contínuo. O docente pode pedir para que uma pessoa fique responsável por cronometrar, e os outros integrantes devem avisar quando o carrinho passar por cada posição.

Referências

CLEMENT, L. Autodeterminação e Ensino por Investigação: Construindo Elementos para Promoção de Autonomia em Aulas de Física. 2013. 334 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

HESTENES, David. Modeling methodology for physics teachers. In: **AIP conference proceedings**. American Institute of Physics, 1996. p. 935-958.

HESTENES, David. Toward a modeling theory of physics instruction. **American journal of physics**, v. 55, n. 5, p. 440-454, 1987.

HESTENES, D. Modeling theory for math and science education. In: LESH, R. et al. (Ed.), Modeling student's mathematical modeling competencies (pp. 13-42). New York: Springer, 2010.

HEWITT, Paul. **Física Conceitual**. Grupo A, 2015. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582603413/>. Acesso em: 25 jan. 2024.

REEVE, Johnmarshall. Motivação e Emoção. 4. ed. [S. l.]: LTC, 2006. 376 p. Disponível em <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2366-3/>. Acesso em: 23 abr. 2024.

RENNINGER, K.A.; HIDI, S. The Power of Interest for Motivation and Engagement. New york:Routledge, 2015.

SUZANNE HIDI & K. ANN RENNINGER (2006) The Four-Phase Model of Interest Development, Educational Psychologist, 41:2, 111-127, DOI: 10.1207/s15326985ep4102_4

APÊNDICE I - PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE ADM 03

Nome Completo: _____

Gênero: () masculino () feminino

Idade: _____ anos

1) Para calcular a força de uma mola em uma determinada situação, o que você precisa saber?

2) Qual o conceito de constante elástica de uma mola?

- a) A constante elástica de uma mola mede a quantidade de força aplicada, independentemente do deslocamento.
- b) A constante elástica de uma mola indica a quantidade de energia armazenada quando a mola é esticada.
- c) A constante elástica de uma mola mede a rigidez da mola, ou seja, a razão entre a força aplicada e o deslocamento causado.
- d) A constante elástica de uma mola representa a velocidade com que a mola retorna à sua posição original.

Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

3) Durante um experimento com uma mola ideal, um estudante aplica diferentes forças para esticá-la e anota os deslocamentos correspondentes. O gráfico obtido entre a força e a elongação da mola resulta em uma reta. Qual é a relação entre o coeficiente angular desta reta (a inclinação da reta) e a constante elástica da mola?

- a) O coeficiente angular (inclinação) da reta do gráfico representa a força aplicada sobre a mola.
- b) O coeficiente angular A (inclinação) da reta do gráfico representa a constante elástica k da mola, que é a razão entre a força aplicada e o deslocamento.
- c) O coeficiente angular A (inclinação) da reta do gráfico representa o deslocamento total da mola.
- d) O coeficiente angular A (inclinação) da reta do gráfico não está relacionada com a constante elástica da mola.

Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

4) A Lei de Hooke se aplica a todos os materiais elásticos?

- a) Sim, a Lei de Hooke se aplica a todos os materiais, independentemente da quantidade de força aplicada.
- b) Não, a Lei de Hooke só se aplica a materiais que mantêm uma deformação proporcional à força dentro do limite elástico.
- c) Sim, qualquer material elástico segue a Lei de Hooke, independentemente da força aplicada ou da deformação.
- d) Não, a Lei de Hooke se aplica apenas a materiais que retornam completamente à sua forma original após qualquer tipo de deformação.

Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

5) Dentre as opções abaixo, marque com um “X” as possíveis unidades de medida utilizadas para forças:

() m/s^2 () $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$

() N () kg

Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

6) O tipo de mola de colchão LFK aguenta 120 kg por pessoa. Isso ocorre por de sua composição de molas individuais que se flexionam de maneira independente. Se uma pessoa de 100 kg se deitar sobre o colchão e comprimir 1,8 cm das molas, qual é a constante elástica das molas (considere o conjunto de molas comprimidas como sendo uma única mola)?



causa

7) Os amortecedores de um carro funcionam com molas que seguem a Lei de Hooke, além de outros componentes de absorção de impactos e trepidações. Se os amortecedores de um carro forem muito duros, como isso afeta a experiência de dirigir em uma estrada esburacada? Justifique.



- a) Amortecedores muito duros reduzem a capacidade de absorção de impactos, tornando a direção mais desconfortável, pois as vibrações são transmitidas ao carro.
- b) Amortecedores duros absorvem melhor os impactos, tornando a direção mais suave em estradas esburacadas.
- c) Amortecedores duros não influenciam o conforto em estradas esburacadas, mas melhoram a estabilidade do veículo.
- d) Amortecedores muito duros aumentam a compressão das molas, tornando a direção mais confortável em terrenos acidentados.

Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

8) Nos exercícios de pilates, as molas são usadas para criar resistência durante os movimentos. Se uma mola em um aparelho de pilates possui constante elástica $k=150 \text{ N/m}$, e você a estica em 0,5 m, qual será a força exercida pela mola?



9) Quando você salta em uma cama elástica, o alongamento das molas depende diretamente da massa da pessoa. Quanto maior a massa da pessoa, maior será a força exercida nas molas e, portanto, maior será o alongamento, desde que a constante k das molas permaneça a mesma. Essa afirmação é:

() Verdadeira () Falsa



Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

APÊNDICE II - PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE ADM 04



Nome Completo: _____

Gênero: () masculino () feminino () outro Idade: _____ anos

1) Para calcular o número de imagens formadas entre dois espelhos planos, quais informações são necessárias?

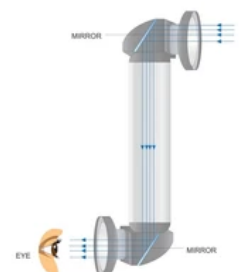
Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

2) Com relação às características das imagens formadas pela reflexão regular da luz em espelhos planos, assinale a alternativa correta:

- a) Imagens formadas por espelhos planos podem ser projetadas.
- b) São imagens reais, invertidas na direção horizontal e produzidas pelo cruzamento de raios de luz.
- c) Trata-se de imagens virtuais formadas atrás do espelho e invertidas horizontalmente.
- d) São imagens virtuais e enantiomorfas, ou seja, são invertidas na direção vertical.
- e) São imagens reais, entretanto, não podem ser projetadas.

Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

3) Um periscópio é um equipamento óptico que permite observar objetos por cima de obstáculos que bloqueiam a visão direta. Sabendo que ele utiliza espelhos planos, qual deve ser o ângulo entre os espelhos para que seja possível enxergar o raio de refletido corretamente?



de
luz

Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

4) Quantas imagens são formadas quando associamos dois espelhos planos de modo a formarem um ângulo reto?

Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

5) Quando uma foto de dois amigos é tirada entre dois espelhos planos verticais que formam um ângulo de 60° entre si, a quantidade de indivíduos que aparecem na imagem é de:

- a) 5
- b) 6
- c) 8
- d) 10
- e) 12

Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

6) Dois espelhos planos estão dispostos de modo que suas bordas estejam encostadas, formando um determinado ângulo entre si. Quando uma pessoa se posiciona em frente a essa associação de espelhos, ela observa a formação de oito imagens de si mesma. Considerando essa situação, o ângulo formado entre os espelhos é de:

- a) 30°
- b) 45°
- c) 60°
- d) 90°
- e) 120°

Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

7) Imagine que você está em um provador de roupas e há dois espelhos associados, O que acontece se você se aproximar de um dos espelhos? O número de imagens que você vê mudará? Justifique sua resposta

Em uma escala de 0 a 10, qual foi o grau de confiança na sua resposta? _____.

ANEXO I - ESCALA DE MEDIDA DE INTERESSE E SUORTES À AUTONOMIA - EMISA

ESCALA DE MEDIDA DE INTERESSE E SUPORTES À AUTONOMIA - EMISA

A seguir é apresentado um conjunto de itens que estão relacionados com a atividade didática realizada. Gostaríamos de saber mais sobre suas percepções acerca de si mesmo ao desenvolver a atividade e acerca da própria atividade.

Por favor, para cada um dos itens apresentados, assinale a opção que melhor traduz o quanto verdadeiro cada um deles é para você, em uma escala de 1 à 6, em que 1 representa “Nada Verdadeiro” e 6 representa “Totalmente Verdadeiro”.

1. Eu gostei do assunto abordado nesta atividade.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) *Totalmente Verdadeiro*

2. Eu senti que a minha professora me proporcionou escolhas/opções.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) *Totalmente Verdadeiro*

3. A professora espera pouco tempo para obter respostas aos questionamentos feitos durante a atividade.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) *Totalmente Verdadeiro*

4. Nesta atividade trabalhamos na solução de uma situação-problema que nos ajudou a compreender o assunto.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) *Totalmente Verdadeiro*

5. A professora tentou entender como eu vejo as coisas antes de sugerir uma nova abordagem.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) *Totalmente Verdadeiro*

6. Nesta atividade foi possível comparar e contrastar nossas ideias com as de nossos colegas.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) *Totalmente Verdadeiro*

7. Eu vejo que o assunto abordado nesta atividade poderá ser útil na vida real.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) *Totalmente Verdadeiro*

8. A professora foi rígida e queria que fizéssemos tudo à sua maneira.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) *Totalmente Verdadeiro*

9. A atividade foi interessante para mim.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) *Totalmente Verdadeiro*

10. Eu me senti compreendido(a) pela minha professora.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) *Totalmente Verdadeiro*

11. As instruções da professora foram muito vagas e ninguém sabia o que fazer nesta atividade.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) Totalmente Verdadeiro

12. Mais de um estudante apresentou sua solução para a mesma tarefa.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) Totalmente Verdadeiro

13. A professora transmitiu confiança em minha capacidade de fazer bem a atividade.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) Totalmente Verdadeiro

14. O assunto abordado pela atividade foi significativo para mim.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) Totalmente Verdadeiro

15. A atividade desenvolvida exigiu tempo para reflexão sobre o assunto abordado.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) Totalmente Verdadeiro

16. Nesta atividade a professora abordou muita matéria, fazendo com que tivéssemos dificuldade para acompanhá-la.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) Totalmente Verdadeiro

17. A atividade foi importante para mim, pois, por meio dela entendi bem o assunto abordado.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) Totalmente Verdadeiro

18. A professora me encorajou a fazer perguntas.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) Totalmente Verdadeiro

19. A professora não permitiu que eu trabalhasse no meu próprio ritmo.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) Totalmente Verdadeiro

20. A professora enfatizou as relações entre os assuntos discutidos nesta atividade.

Nada Verdadeiro (1) (2) (3) (4) (5) (6) Totalmente Verdadeiro