

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Hialefson Matheus da Silva

***SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE POTÊNCIA ELÉTRICA E CONSUMO DE ENERGIA
PARA O ENSINO MÉDIO: DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM
BANCO DE QUESTÕES DO ENEM VISANDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA***

Juiz de Fora

2026

Hialefson Matheus da Silva

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE POTÊNCIA ELÉTRICA E CONSUMO DE ENERGIA
PARA O ENSINO MÉDIO: DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM
BANCO DE QUESTÕES DO ENEM VISANDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Prof.^a Dra. Adriana Aparecida da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Emanuel José Reis de Oliveira

Juiz de Fora

2026

Ficha catalográfica elaborada através do programa de
geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo autor

Silva, Hialefson Matheus da.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE POTÊNCIA ELÉTRICA E
CONSUMO DE ENERGIA PARA O ENSINO MÉDIO :
DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM BANCO DE
QUESTÕES DO ENEM VISANDO A APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA / Hialefson Matheus da Silva. -- 2026.

160 p. : il.

Orientadora: Adriana Aparecida da Silva

Coorientador: Emanuel José Reis de Oliveira

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Instituto de
Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física,
2026.

1. Ensino de Física. 2. Avaliação da aprendizagem. 3.
Aprendizagem significativa. 4. Sequência didática. 5. Plickers. I.
Silva, Adriana Aparecida da, orient. II. Reis de Oliveira, Emanuel
José, coorient. III. Título.

Hialefson Matheus da Silva

Sequência didática sobre potência elétrica e consumo de energia para o ensino médio: desenvolvimento e implementação de um banco de questões do ENEM visando a aprendizagem significativa

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Aprovado em 19 de junho de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr.^a Adriana Aparecida da Silva - Orientadora

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Emanuel José Reis de Oliveira - Coorientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes)

Prof. Dr. Geide Rosa Coelho

Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. José Luiz Matheus Valle

Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora, 19/06/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Adriana Aparecida da Silva, Professor(a)**, em 23/06/2026, às 10:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Emanuel José Reis de Oliveira, Usuário Externo**, em 23/06/2026, às 12:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Luiz Matheus Valle, Professor(a)**, em 23/06/2026, às 18:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Geide Rosa Coelho, Usuário Externo**, em 24/06/2026, às 13:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Dedico à minha avó Angelina, carinhosamente vó Gilina (in memoriam), analfabeta, mulher além de seu tempo e chefe de família. Mesmo em sua ausência, sua presença se manifesta em forma de boas energias, que me sustentaram nos momentos em que pensei em desistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida, pela força e por me sustentar nos momentos de dificuldade ao longo desta trajetória.

À minha família, especialmente à minha mãe, Lilian, pelo apoio incondicional, pela compreensão nos momentos de ausência e por acreditar em mim, mesmo quando eu duvidei.

À minha avó Angelina (in memoriam), carinhosamente chamada de vó Gilina, por todo o amor, ensinamentos e por permanecer presente em minha vida, mesmo em sua ausência, sendo fonte de força nos momentos em que pensei em desistir.

À minha orientadora, Profa. Adriana, e ao meu coorientador, Prof. Emanuel, pela orientação, paciência e contribuições fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa. Sem vocês, este trabalho não seria possível. Meus mais sinceros agradecimentos e minha profunda gratidão por tudo o que fizeram.

Aos professores do curso, pelos ensinamentos compartilhados ao longo dessa caminhada acadêmica.

Aos colegas e amigos, pelo companheirismo, pelas trocas e pelo apoio mútuo durante esse percurso.

A todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

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

É justo que muito custe o que muito vale.
Santa Teresa d'Ávila

RESUMO

Esta dissertação apresenta uma investigação sobre o ensino de Física, com foco nas práticas avaliativas e na compreensão conceitual dos estudantes do Ensino Médio. O objetivo geral consistiu em desenvolver, aplicar e avaliar uma Sequência Didática (SD) fundamentada na aprendizagem significativa, utilizando um banco de questões do ENEM sobre potência elétrica, consumo de energia e efeito Joule como instrumento de avaliação da aprendizagem. A pesquisa, de abordagem qualitativa, foi realizada a partir da elaboração, aplicação e análise de uma SD estruturada, articulando avaliação diagnóstica e formativa. Os resultados indicam que as questões contextualizadas do ENEM se mostraram eficazes para identificar conhecimentos prévios, analisar escolhas dos estudantes e orientar intervenções pedagógicas. Além disso, a SD possibilitou integrar avaliação, ensino e reflexão, favorecendo a aprendizagem significativa e a ressignificação dos conceitos trabalhados. Conclui-se que o uso pedagógico de questões do ENEM ultrapassa seu caráter classificatório, configurando-se como recurso potencial para promover aprendizagens mais significativas e orientar a prática docente. Apesar das limitações do estudo, os resultados apontam para a relevância de estratégias que integrem avaliação e ensino, bem como para a necessidade de investigações futuras que ampliem e aprofundem essa abordagem no contexto do Ensino de Física.

Palavras-chaves: Ensino de Física; Avaliação da aprendizagem; Aprendizagem significativa; Sequência didática; Plickers.

ABSTRACT

This dissertation presents an investigation into physics education, focusing on assessment practices and the conceptual understanding of high school students. The general objective was to develop, implement, and evaluate a Didactic Sequence (DS) grounded in meaningful learning, using a bank of ENEM questions—covering electric power, energy consumption, and the Joule effect—as a tool for assessing learning. This qualitative study involved the design, implementation, and analysis of a structured DS that integrated diagnostic and formative assessment. The results indicate that the contextualized ENEM questions were effective in identifying prior knowledge, analyzing student choices, and guiding pedagogical interventions. Furthermore, the DS enabled the integration of assessment, instruction, and reflection, fostering meaningful learning and the re-signification of the concepts addressed. It is concluded that the pedagogical use of ENEM questions extends beyond their role in ranking students, serving instead as a potential resource for promoting more meaningful learning and guiding teaching practice. Despite the study's limitations, the results highlight the relevance of strategies that integrate assessment and instruction, as well as the need for future research to expand and deepen this approach within the context of physics education.

Keywords: Physics instruction; Learning assessment; Meaningful learning; Instructional sequence; Plickers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação alegórica da relação entre os conceitos e grandezas de energia e trabalho	41
Figura 2 – Representação da junção entre fios de diferentes densidades	43
Figura 3 – Superfície condutora sobre ação de campo elétrico.....	44
Figura 4 – Direção e sentido da densidade de corrente (a) $\theta=0^\circ$ e (b) $\theta=180^\circ$	45
Figura 5 – Trecho de um condutor	46
Figura 6 – Gráficos de V versus i. (a) queda de potencial proporcional a corrente elétrica. (b) Taxa de tensão não se mantém constante com a corrente	48
Figura 7 – Representação da condução térmica em um material condutor	49
Figura 8 – Gráfico da curva de resistividade versus temperatura para o cobre	50
Figura 9 – Representação da diferença de energia potencial elétrica entre os pontos A e B em um fio percorrido por corrente elétrica.....	51
Figura 10 – Modelo do Cartão disponibilizado na plataforma Plickers	59
Figura 11 – Gráfico da variação de temperatura em função da vazão.....	68
Figura 12 – Atividade Experimental da aula 6: Efeito Joule e potência elétrica	70
Figura 13 – Mapa de funcionamento híbrido de geração de energia.....	71
Figura 14 – Simulação computacional: Formas de Energia e Transformações	72
Figura 15 – Material da aula 2.....	73
Figura 16 – Relação dos equipamentos elétricos e potência elétrica	75
Figura 17 – Atividade 1 realizada na aula 2	76
Figura 18 – Atividade 2 realizada na aula 3	76
Figura 19 – Valores de vazão nas temperaturas morno, quente e superquente	81
Figura 20 – Roteiro da atividade experimental com resistência de cuveiro elétrico	83
Figura 21 – Realização da atividade experimental da aula 6.....	83
Figura 22 – Modelo de circuito elétrico misto	90
Figura 23 – Roteiro da atividade Experimental: Brilho das lâmpadas.....	91
Figura 24 – Realização da atividade experimental: Brilho das lâmpadas	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definição dos parâmetros da TRI em modelo logístico	37
Quadro 2 – Lista de Dissertações sobre a temática Consumo de Energia Elétrica	55
Quadro 3 – Organização geral da SD	62
Quadro 4 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 1 (pré e pós-teste)	67
Quadro 5 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 2 (pré e pós-teste).....	69
Quadro 6 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 3 (pré e pós-teste).....	74
Quadro 7 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 4 (pré e pós-teste)	78
Quadro 8 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 5 (pré e pós-teste).....	81
Quadro 9 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 6 (pré e pós-teste).....	86
Quadro 10 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 7 (pré e pós-teste) ..	89
Quadro 11 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 8 (pré e pós-teste) ..	92

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CAPES	Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
SD	Sequência Didática
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
TRI	Teoria de Resposta ao Item
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UNIFESSPA	Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UFPI	Universidade Federal do Piauí
AS	Aprendizagem Significativa
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Alunos
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ProUni	Programa Universidade Para Todos
FIES	Fundo de Financiamento Estudantil
SISU	Sistema de Seleção Unificada
Inep	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
MEC	Ministério da Educação
BNI	Banco Nacional de Itens
ddp	Diferença de potencial
PPP	Projeto Político-Pedagógico

SUMÁRIO

1.	<i>APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SEGUNDO AUSUBEL</i>	19
	1.1 A NATUREZA DO SIGNIFICADO E DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	19
	1.2 CONHECIMENTOS PRÉVIOS/SUBSUNÇORES	20
	1.3 FUNDAMENTOS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	23
	1.4 AQUISIÇÃO E USO DE CONCEITOS	23
2.	<i>AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM</i>	26
	2.1 O QUE É AVALIAÇÃO	26
	2.2 TIPOS DE AVALIAÇÃO: INTERNA E EXTERNA.....	28
	2.3 TIPOS DE AVALIAÇÃO INTERNA: DIAGNÓSTICA, FORMATIVA E SOMATIVA.....	32
	2.4 AVALIAÇÃO EXTERNA: ENEM E TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM (TRI)	35
3.	<i>ELETRODINÂMICA</i>	41
	3.1 DENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA	41
	3.2 LEI DE OHM E CONDUTIVIDADE	45
	3.3 CONCEITO DE CORRENTE TÉRMICA.....	48
	3.4 ENERGIA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS	50
4.	<i>DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO E METODOLOGIA</i>	54
	4.1 ESTUDO DE REVISÃO.....	54
	4.2 METODOLOGIA E RECURSO.....	57
	4.2.1 EXPERIMENTAÇÃO.....	57
	4.2.2 PLICKERS	59
	4.2.3 PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE	60
	4.3 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	61
5.	<i>RESULTADOS E DISCUSSÕES</i>	65
	<i>CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	94

REFERÊNCIAS	99
APÊNDICE 1 – PRODUTO EDUCACIONAL	102
Aprendizagem Significativa	103
Avaliação	105
Potência Elétrica e consumo de energia elétrica	106
Recursos:	109
Experimentos	109
Plickers	110
Sequência didática	111
Aula: 1	111
Aula: 2	113
Aula: 3	115
Aula: 4	117
Aula: 5	119
Aula: 6	120
Aula: 7	121
Aula: 8	122
Aula: 9	123
Aula: 10	124
Anexo da Aula 1: Banco de Questões:	124
Anexo da Aula 2: Materiais para a aula	129
Anexo da Aula 3: Materiais para a aula	133
Anexo da Aula 4: Materiais para a aula	137
Anexo da Aula 5: Materiais para a aula	139
Anexo da Aula 6: Materiais para a aula	143
Anexo da Aula 8: Materiais para a aula	148
Anexo da Aula 9: Materiais para a aula	150
Anexo da Aula 10: Materiais para a aula	153
Justificativas das questões do banco de questões	153

INTRODUÇÃO

Sou Hialefson Matheus da Silva, apresento-me como Matheus pois meu primeiro nome é pouco comum e sua pronuncia é difícil de acertar de primeira. Sou Mineiro da cidade Estrela Dalva, uma cidade pequena de poucos habitantes, criado pela minha mãe, tias e avó. No ensino médio, uma frase ecoava na minha mente: o que fazer quando o ensino médio terminar? E assim essa preocupação com uma ocupação foi crescendo e pude perceber que estava preste a escolher minha formação. Tinha facilidade para matemática, o que fez com que buscasse cursos que envolvesse cálculos.

No primeiro ano do ensino médio, a física parecia inatingível para mim, pois minha professora, formada em matemática, focava mais em reforçar a matemática básica e discutir temas como amor e felicidade do que em ensinar física de forma clara. Tentei acompanhar os livros didáticos, mas não conseguia entender quase nada. No segundo ano, embora não tenha conseguido uma vaga em cursos técnicos, comecei a fazer cursos na área de informática e eletrônica, concluindo um em manutenção de computadores e redes, além de cursos de software e eletricidade de baixa tensão, o que ajudou na minha escolha profissional.

No terceiro ano, tive a oportunidade de estudar com uma professora que realmente dominava a Física, e suas aulas eram mais envolventes, o que me permitiu começar a compreender a disciplina com maior autonomia. Desde criança, a docência já fazia parte do meu imaginário. Lembro-me de brincar de dar aulas, utilizando o fogão da minha avó como quadro e um pedaço de carvão como giz. Essa lembrança, ainda hoje, me emociona. Meu desempenho no terceiro ano foi excelente, com destaque nas disciplinas de Física, Química e Matemática.

Somando as habilidades junto ao desejo, pensei em me tornar professor de física, planejei rotas, estudos, até chegar o ENEM. Em 2015 realizei minha matrícula na Universidade Federal Fluminense no campus do interior na cidade de Santo Antônio de Pádua. Fui um aluno muito assíduo, responsável, muito envolvido nas atividades acadêmicas.

Durante a graduação tive um ótimo desempenho em relação as notas nas disciplinas, conseguindo formar no período correto – e eu precisava forma o quanto antes, tinha que trabalhar, para ter minha própria renda – meu rendimento nas disciplinas de Cálculo, Física 3A e 3B e na disciplina Eletromagnetismo foram

excelentes, daí acredito que surgiu essa necessidade de elaborar um projeto educacional com a eletricidade, visto que é uma ramo da física muito presente ao cotidiano, que vejo muita importância em levar e abordar nas aulas de física de forma garantir o aprendizado.

Por volta de 2017, fui aprovado em um concurso público para o cargo de professor da Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. A aprovação fez com que eu precisasse concluir a graduação no período previsto, de modo a estar habilitado para a nomeação. Concluí a graduação em meados de 2019, mas minha nomeação ocorreu somente no final de 2021. Naquele momento, assumi o cargo de professor de Física na Escola Estadual Marieta Soares Teixeira, em Cataguases, onde continuo atuando até o presente momento.

No desenrolar das minhas atividades docentes percebo uma inquietação acerca do aprendizado dos alunos, se eles estão aprendendo e de que forma devo avaliar o aprendizado. Mas se pensar em uma prova voltada ao conteúdo com cálculos nem todos conseguem, mas percebo que muitos conseguem entender como o fenômeno acontece, e fica a dúvida de que forma os avaliar? Até que ponto as questões da avaliação irão demonstrar o aprendizado ou distanciar o aluno do conhecimento por ele assimilado. E generalizando para as avaliações externas o ENEM, como as questões aparecem para os alunos também é um desafio, geralmente são problemas de situações diárias que requer maior domínio do conhecimento científico.

A partir desses questionamentos acerca das avaliações, observa-se uma maior concentração de conteúdos relacionados à etapa final do Ensino Médio. Nos currículos escolares, é comum que essa etapa contemple, de forma mais abrangente, os conteúdos relacionados às áreas da Eletrodinâmica e do Eletromagnetismo. Nesse contexto, o produto educacional desenvolvido consiste em um banco de questões do ENEM sobre conteúdos de Eletrodinâmica, com ênfase em potência elétrica, consumo de energia e efeito Joule. O banco é articulado a uma análise das respostas apresentadas pelos estudantes, buscando compreender os possíveis fatores que influenciaram suas escolhas durante a resolução das questões.

No âmbito da justificativa acadêmica, o levantamento realizado na plataforma de busca da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) permitiu identificar uma lacuna na produção acadêmica acerca da articulação entre os conteúdos de consumo de energia e potência elétrica e as questões do Exame

Nacional do Ensino Médio (ENEM). Além disso, os resultados indicam uma limitada articulação entre o ensino desses conteúdos e avaliações externas, como o ENEM, nas quais os conhecimentos relacionados à potência elétrica e ao consumo de energia são relevantes e podem contribuir para a preparação dos estudantes para o acesso ao ensino superior. O Trabalho que mais se aproxima de um banco de questões é o trabalho de Pereira (2021) que trata sobre a energia mecânica.

Nesse contexto, o trabalho em pauta tem por objetivo geral desenvolver, aplicar e avaliar uma Sequência Didática (SD) fundamentada na aprendizagem significativa, utilizando um banco de questões do ENEM sobre potência elétrica, consumo de energia e efeito Joule como instrumento de avaliação da aprendizagem. Como objetivos específicos temos:

1. Elaborar um banco de questões do ENEM voltado aos conteúdos de eletrodinâmica abordados no 3º ano do Ensino Médio;
2. Identificar e discutir os possíveis motivos que levam os estudantes à escolha de determinadas alternativas nas questões propostas;
3. Utilizar o banco de questões como instrumento avaliativo em uma sequência didática fundamentada na aprendizagem significativa;
4. Refletir sobre as contribuições do uso de questões do ENEM para o processo de ensino e aprendizagem de Física.

A dissertação está organizada nesta introdução, seguida do capítulo Aprendizagem Significativa, que aborda os conceitos defendidos por Ausubel, especialmente no que se refere à identificação dos subsunçores, à diferenciação progressiva e à aquisição do conhecimento. Em sequência, o capítulo Avaliação apresenta os conceitos relacionados às avaliações educacionais, seus tipos e diferenças, bem como a distinção entre avaliações internas e externas, como o ENEM, com base nas contribuições de Luckesi, Turra, Hadji e outros autores da área. Na continuidade, apresenta-se a fundamentação teórica do conceito de potência elétrica e consumo de energia no capítulo Eletrodinâmica. Logo após, o capítulo Desenvolvimento do trabalho e metodologia descreve os recursos utilizados na SD para atingir os objetivos propostos, incluindo a experimentação, o uso do aplicativo Plickers e os instrumentos avaliativos pré-teste e pós-teste. Na sequência, o capítulo Resultados e discussões apresenta os resultados obtidos com a implementação da SD, dialogando com a fundamentação teórica da aprendizagem significativa. Por fim, as Considerações finais trazem reflexões sobre a implementação da sequência

didática, incluindo apontamentos referentes aos objetivos gerais e específicos, bem como sugestões para futuras aplicações da SD proposta.

1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SEGUNDO AUSUBEL

David Ausubel (1908 – 2008) propõe uma teoria de aprendizagem baseada na construção do conhecimento considerando o sujeito do processo, aluno, como fator mais importante para aquisição do saber. O campo de estudo de Ausubel discorre sobre a cognição do ser, processo este que dá significado à realidade em que se encontra. É na cognição que os significados se estruturam, à medida que novos significados são incorporados ao processo de conhecer. Assim, formam-se pontos básicos de ancoragem, a partir dos quais outros significados podem ser construídos (Moreira; Masine, 1982).

A cognição, no campo da psicologia, preocupa-se com os processos de compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação. Ela busca compreender como os indivíduos identificam e organizam padrões em sua estrutura cognitiva. Segundo Ausubel, a aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva de forma não-literal e substantiva (Ausubel, 1982).

Para que ocorra a Aprendizagem Significativa (AS) é necessário que o material seja potencialmente significativo, organizado para o aprendiz de forma não-arbitrária e não-literal (substantiva) promovendo a capacidade de relacionar o conhecimento à sua estrutura cognitiva (Ausubel, 1968). Assim, uma sugestão proposta por Ausubel é de articular os organizadores prévios com base em “problemas típicos” dos quais possam reconhecer a importância para aprender tal assunto. Por exemplo, ao ensinar o conceito de eletricidade para estudantes do Ensino Médio, o professor pode começar com um problema típico do cotidiano, como: “Por que alguns aparelhos queimam durante uma queda de energia?” Esse tipo de situação desperta a curiosidade do aluno e serve como organizador prévio, conforme sugerido por Ausubel, facilitando a compreensão do conteúdo teórico ao mostrar sua relevância prática (Ausubel, 2000). A discussão sobre organizadores prévios será retomada na seção 1.2.

1.1 A NATUREZA DO SIGNIFICADO E DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A AS acontece quando o novo conteúdo se conecta de forma não-arbitrária ao que o aprendiz já conhece. Isso significa que as informações não são apresentadas de forma isolada ou aleatória, mas sim relacionadas com ideias já presentes na estrutura cognitiva. Quando o material faz sentido lógico e pode ser compreendido em

seu contexto, torna-se mais fácil de assimilar, permitindo conexões com exemplos, generalizações e outras extensões do conhecimento.

Outro aspecto importante é que o significado não depende da linguagem literal utilizada. Um conceito pode ser transmitido por meio de diferentes palavras ou expressões, desde que o sentido permaneça o mesmo. Isso mostra que a AS está ligada ao entendimento das ideias, e não apenas à memorização de palavras específicas (Ausubel, 2003).

Em contraste, a aprendizagem por memorização é baseada em relações arbitrárias e literais, sem levar em conta o entendimento do conteúdo. Nesses casos, o estudante precisa decorar exatamente as informações, o que limita sua capacidade de retenção e aplicação. Como esse tipo de aprendizagem não se integra de forma lógica à estrutura cognitiva, tende a ser esquecida facilmente e é mais suscetível a interferências causadas por conteúdos semelhantes.

A apreensão e a retenção de novas informações são potencializadas quando os conceitos prévios, relevantes e inclusivos, encontram-se organizados e acessíveis na estrutura cognitiva do indivíduo, funcionando, assim, como subsídios fundamentais para a ancoragem e assimilação de novos conhecimentos.

1.2 CONHECIMENTOS PRÉVIOS/SUBSUNÇORES

A aprendizagem mecânica pode ter um papel inicial importante ao fornecer subsunçores — ideias gerais presentes na estrutura cognitiva do aluno — que servirão como base para a AS. À medida que esse tipo de aprendizagem ocorre, esses subsunçores tornam-se mais elaborados e conectados com novos conhecimentos. Esse processo de incorporação de novas informações aos conhecimentos já existentes é chamado de assimilação e ocorre quando o aluno consegue estabelecer relações significativas entre o novo conteúdo e sua estrutura cognitiva prévia. Ausubel chama essa base de conhecimentos prévios de pontos de ancoragem, pois é a partir dela que o novo conteúdo se integra de forma mais estável (Ausubel, 1982). Nesse contexto, a formulação de conceitos envolve processos como a diferenciação progressiva, que consiste em tornar os conceitos mais específicos e refinados, e a reconciliação integrativa, que busca harmonizar as novas informações com as já existentes, promovendo uma compreensão mais ampla e coerente.

No período de pré-escola de uma criança a abordagem por formulação de

conceitos é mais comum devido a aquisição espontânea - é uma forma natural e não planejada de aprendizagem que ocorre ao longo da vida, por meio de experiências cotidianas, interações sociais e culturais, influenciada pela inserção social do indivíduo - por meio de atividades de experiências práticas e observações diretas (empírico-concreto) de conhecimentos teóricos ou abstrato. Ainda em período escolar, nos adolescentes, os objetos de aprendizagem tornam-se significativos à medida que estes são generalizados, nominados de conceitos não-espontâneos (Ausubel, 1968).

Na assimilação de conceitos, as “ideias-âncoras” dão espaço para a atribuição de novo conceito e à relação estabelecida entre as definições dos termos ou de “pistas” contextuais. A orientação recomendada por Ausubel salienta o uso de organizadores prévios que cumprem o papel de âncora para uma nova aprendizagem, com fins de “manipular” a estrutura cognitiva. Esclarecemos que os organizadores prévios funcionam como uma ponte que une o que o aprendiz já sabe com o que será aprendido, sendo eles um facilitador para a AS (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

Os organizadores prévios são específicos para cada unidade de ensino, uma vez que necessitam alinhar ao objetivo esperado com aprendizagem, como descrito por Moreira e Masine (1982), de que modo o estudante pode: a) Reconhecer e localizar, em sua estrutura cognitiva, os conteúdos pertinentes, articulando sua relevância no processo de aprendizagem; b) Reestruturar o conteúdo abordado em um patamar mais elevado de abstração, enfatizando as inter-relações significativas; c) Oferecer subsídios organizacionais de caráter inclusivo que potencializem a assimilação e destaquem de forma mais eficaz os aspectos essenciais do novo material (MOREIRA; MASINE, 1982).

Os organizadores são mais eficientes quando apresentados no início das tarefas de aprendizagem, pois a partir deles os aprendizes tomam ciência do que devem buscar nas estruturas cognitivas, isto é, os conceitos anteriores para que de forma organizada ocorra a aprendizagem.

Ausubel define como diferenciação progressiva a prática de considerar o processo humano de compreender as informações, no qual, o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais sejam apresentadas antes e progressivamente diferenciadas e detalhadas (Ausubel, 2003)

Um exemplo da diferenciação progressiva pode ser observado no ensino de eletricidade, que se inicia pelo conceito geral de interação elétrica, abrangendo as

noções básicas de carga elétrica e campo elétrico. A partir desse conceito mais amplo, o conteúdo é progressivamente desdobrado em conceitos mais específicos, tais como força eletrostática, diferença de potencial, corrente elétrica, resistência e circuitos elétricos. Dessa maneira, o estudante parte de uma compreensão geral para níveis crescentes de especificidade, organizando os conceitos de forma hierárquica e facilitando a assimilação significativa do conteúdo (Ausubel *et al.*, 1980)

Há ainda uma necessidade de relacionar o conhecimento, torná-lo significativo, o que requer associá-lo às diferenças, similaridades e reorganizar as informações que, por vezes, podem aparentar ter valor, mas não possuem fundamentos sólidos, o que o autor nomeia de reconciliação integrativa. A reconciliação integrativa é uma etapa importante para a AS, uma vez que o aprendiz filtra as informações podendo conectá-las a um conceito já existente na estrutura cognitiva, descartá-las ou isolá-las. Os subsunçores devem seguir uma lógica programada dos conceitos, ou seja, uma hierarquia conceitual. Assim os subsunçores mais gerais servem de ancoradores onde os novos conceitos mais específicos ou detalhados da unidade de ensino são organizados (Ausubel *et al.*, 1980). Por exemplo, ao estudar a relação entre potência, energia e tempo, compreende que a energia consumida depende não apenas da potência do aparelho, mas também do tempo de funcionamento. Assim, percebe que um aparelho de alta potência utilizado por pouco tempo pode consumir menos energia do que outro de menor potência utilizado por um período prolongado. Nesse momento, ele realiza uma reconciliação integrativa: confronta, modifica e reorganiza seu conhecimento prévio com base no novo conceito.

Ao planejar uma unidade de ensino segundo a perspectiva ausubeliana, deve-se considerar a forma como os conceitos são apresentados e organizados. Nesse sentido, os conceitos mais gerais e inclusivos devem ser introduzidos inicialmente, seguidos pela apresentação progressiva de conceitos mais específicos e detalhados, permitindo o refinamento e a diferenciação dos conhecimentos ao longo da unidade de ensino. Para que essa progressão do mais geral ao mais específico ocorra de maneira significativa, é necessário lançar mão de recursos que facilitem a compreensão e a ancoragem dos novos conhecimentos na estrutura cognitiva do aluno. É nesse contexto que entram os organizadores prévios, concebidos como instrumentos que preparam o estudante para integrar os novos conteúdos, garantindo que a sequência planejada de conceitos seja mais bem assimilada (Ausubel; Novak; Hanesian, 1983).

1.3 FUNDAMENTOS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A compreensão de um conceito para Ausubel envolve significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Contudo, o aluno pode numa pergunta sobre o conceito responder mecanicamente, devido ao fato de ser preparado para um teste ou prova. Com isso, os testes de compreensão devem ser formulados de formas diferentes. Um dos aliados para isto são as questões em modelos de situação-problema. Mesmo que o aprendiz não seja capaz de solucionar o problema, faz com que ele associe os significados com diferentes conceitos. Para certificar uma AS, é necessário empregar sequências de atividades construídas de forma a respeitar os níveis de abstração e a hierarquia dos conceitos (Ausubel, 2003).

Os novos saberes ancoram-se às estruturas cognitivas à medida que os conceitos são bem estabelecidos, seguindo a hierarquia dos conceitos. Isso faz com que as ideias se tornem mais simples e progressivas, produzindo a AS, diminuindo respostas mecânicas (isoladas) e os possíveis esquecimentos. A aprendizagem, segundo exposto por Moreira e Masini (1982), é estabelecida quando um significado mais geral é ancorado à estrutura cognitiva, quando este já é assimilado por outros significados mais específicos que estão presentes na estrutura do aprendiz. Em outros termos, conforme a aprendizagem se torna significativa, o aprendiz consegue não só elaborar melhor os conceitos, mas, também, assimilá-los a outros, permitindo uma interação entre eles (Moreira; Masine, 1982).

Ademais, os assuntos/informações de uma disciplina, na visão da AS de Ausubel, exigem uma estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos, sendo essa estrutura a forma de apresentar os conceitos como um processo de informações. Nesse sentido, Novak (1977) apresenta o exemplo de um mapa conceitual e destaca que, para que se atinja a AS em uma unidade de ensino, é necessário que haja uma organização nos subsunçores que possibilite ao aprendiz avançar para conceitos mais complexos e retornar aos mais básicos sempre que necessário. Já Moreira e Masini, indica os mapas conceituais como recurso para construção dos subsunçores para a aprendizagem (Novak, 1977).

1.4 AQUISIÇÃO E USO DE CONCEITOS

A compreensão e solução de problemas depende de como o conhecimento está disponível na estrutura cognitiva do aluno, sendo os conceitos um fator

importante para a assimilação. Segundo Ausubel,

os conceitos consistem nas abstrações de atributos essenciais que são comuns a uma determinada categoria de objetos, eventos ou fenômenos, independentemente da diversidade de dimensões outras que não aquelas que caracterizam os atributos essenciais compartilhados por todos os membros da categoria (Ausubel, 1986, p.72).

As definições e os nomes atribuídos aos conceitos atuam como rótulos conceituais que possibilitam sua manipulação, compreensão e transferência ao longo do processo de aprendizagem. Esses rótulos são inicialmente adquiridos por meio da aprendizagem representacional e, para que se integrem de maneira significativa à estrutura cognitiva do indivíduo, requerem uma AS posterior. Essa integração ocorre quando o aprendiz é capaz de estabelecer relações não-arbitrárias e substantivas entre os novos conceitos e aqueles já existentes em sua estrutura cognitiva. Os conceitos têm papel norteador na AS, pois permitem atingir níveis mais complexos de abstração — ou seja, a diferenciação progressiva dos significados — e contribuem para a assimilação de novos conteúdos por meio da compreensão crítica das relações conceituais envolvidas (Moreira; Masine, 1982).

Assim, a assimilação corrobora para que um conjunto de experiência da AS leve o aprendiz a caracterizar um conceito de forma única, dito idiossincrático, ou seja o conceito ainda é genérico, o que pode gerar o esquecimento. Quando é bem articulado o conceito genérico com o conteúdo cognitivo, temos uma aprendizagem mais completa e concordante com a AS. Ausubel relata que

O aspecto mais importante do processo de assimilação de conceito envolve a correspondência de ideias relevantes, estabelecidas na estrutura cognitiva do indivíduo com conteúdo genérico potencialmente significativo sugerido por temas de definição ou contextuais (Ausubel, 1968, p.81).

Durante o processo de formação de conceito, o aprendiz elabora hipóteses ou proposições que buscam identificar os atributos essenciais do conceito que está sendo construído. Esses atributos são abstraídos a partir de exemplos concretos e variados e a formulação de hipóteses é orientada pela tentativa de dar sentido ao novo conhecimento, com base no que já se conhece. Para que essas hipóteses sejam potencialmente significativas, elas devem estabelecer relações coerentes com os conhecimentos prévios do sujeito, ou seja, os atributos propostos precisam estar

presentes e ser observáveis nos exemplos utilizados. Essa relação com ideias já existentes caracteriza o princípio da subsunção.

2. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

2.1 O QUE É AVALIAÇÃO

Quando se há necessidade descobrir, por exemplo, a altura de um prédio são várias as formas para isso. Mas para medir a altura precisa-se de algum fator que represente uma ordem para comparar um valor com outro. Um método não muito louvável, mas possível, seria atribuir-se de, por exemplo, uma ripa de madeira com a trena meça 1 metro. Aqui, já foi feita uma comparação entre a ripa e as marcações da trena. Para então medir a altura de um prédio, contaríamos quantas vezes essa ripa “cabe” na extensão vertical do prédio. Supondo que a contagem obtida foi de 40 ripas, se cada ripa mede 1 metro, a altura do prédio é de 40 metros. Percebe-se que para medir se faz preciso comparar com algo que condiz com o objetivo, que é o comprimento, por tanto usa-se unidade de comprimento, como o metro. Conforme, Hadji (2001),

Uma medida é objetiva no sentido de que, uma vez definida a unidade, deve-se ter sempre a mesma medida do mesmo fenômeno. Certamente, um erro é sempre possível, devido às imperfeições da instrumentação, pois ele resulta então das condições de operacionalização dos instrumentos (Hadji, 2001, p.27).

De maneira análoga às avaliações, podemos pensar sobre qual ou quais são os seus objetivos, visto que para avaliar requer possibilidade de mensurar os conceitos aprendidos pelos estudantes ao longo de um processo educativo. Nesse sentido, a que estamos medindo? A capacidade de o aluno responder um teste, levando-se em consideração o processo da aprendizagem ou apenas o que ele entrega como produto da aquisição de conhecimento durante aulas e aulas?

Hadji (2001) apresenta uma reflexão do que seria ensinar, se não ajudar a construir os saberes e competências dos alunos, e que para saber como sucede o processo de ensino exige uma forma de analisar a aprendizagem. Essa análise se dá pela forma de avaliar a aprendizagem, ou seja, a própria avaliação. Segundo o autor, a avaliação, no cenário escolar, tem como objetivo construir um viés da construção dos saberes e competências do êxito do ensino. Em outras palavras, a avaliação torna-se parte do processo de aprendizagem à medida que por meio dela que se pode obter um panorama do ato de ensinar (Hadji, 2001).

A avaliação da aprendizagem, no âmbito escolar, como afirma Luckesi (2014) “adquire seu sentido na medida em que se articula com um projeto pedagógico e com

seu consequente projeto de ensino” (Luckesi, 2014, p. 40). Portanto a avaliação não é um produto final do ensino: ela serve para suporte do processo de aprendizagem ao longo de um curso, sendo um conjunto de atividades bem elaboradas com um objetivo previamente definido.

Turra (*et al.*, 1998) descreve a avaliação como integrante do processo educativo que desempenha funções de (i) fornecer os conhecimentos básicos para o planejamento e ajuste da organização curricular das disciplinas ou, de forma mais geral, do projeto político pedagógico escolar, (ii) facilitar o diagnóstico da aprendizagem e (iii) servir como suporte para melhorar a aprendizagem e o ensino. A avaliação é uma tarefa complexa pois requer “seleção de atributos que sejam significativos para julgar o valor do que vai ser avaliado” (Turra *et al.*, 1998, p. 176). Desse modo a avaliação é uma etapa de julgamento de valor do procedimento educativo que visa observar ou analisar a aprendizagem com base nos objetivos avaliados levando em consideração o que se pretendia com o ensino/aprendizagem.

Segundo Luckesi, “a avaliação subsidia decisões a respeito da aprendizagem dos educandos, tendo em vista garantir a qualidade do resultado que estamos construindo. Por isso, não pode ser definida e delineada sem um projeto que a articule” (Luckesi, 2014, p.40). A direção da avaliação está nas tomadas de decisões para construção do conhecimento e do aprendiz, que aprimora as habilidades e práticas de aprendizagem, que se torna possível com a aferição do aproveitamento escolar.

Por vez, a avaliação pode ser confundida com verificação. Esses termos embora soem parecidos, olhando para a “medida” da aprendizagem, são termos diferentes e com objetivos distintos no que tange o processo de ensino/aprendizagem. Luckesi (2014) atenta para essa questão e aborda que a etimologia da palavra verificar do latim, *verumfacere*, que significa “fazer verdadeiro”. De modo literal, desdobra-se em identificar se certa habilidade/competência foi ou não assimilados pelos alunos, mas no sentido de coleta de dados. A verificação se limita à constatação imediata de certos ou erros, sem necessariamente interpretar os resultados (Luckesi, 2014, p. 47).

Por sua vez, o termo avaliar, também do latim, *a-valere*, segundo o autor, informa que quer dizer “dar valor a ...” e o conceito “avaliação” é “atribuir um valor ou qualidade a alguma coisa, ato ou curso de ação”. Assim, a avaliação permite um olhar mais amplo, visto que avaliar não termina com o valor ou qualidade de um objetivo em questão, mas que procura modificar, seja o resultado positivo ou desfavorável, em

uma tomada de ações para então alcançar o objetivo da aprendizagem. Conforme ele afirma:

O ato de avaliar implica coleta, análise e síntese dos dados que configuram o objeto da avaliação, acrescido de uma atribuição de valor ou qualidade, que se processa a partir da comparação da configuração do objeto avaliado com um determinado padrão de qualidade previamente estabelecido para aquele tipo de objeto. O valor ou qualidade atribuídos ao objeto conduzem a uma tomada de posição a seu favor ou contra ele. E o posicionamento a favor ou contra o objeto, ato ou curso de ação, a partir do valor ou qualidade atribuídos, conduz a uma decisão nova: manter o objeto como está ou atuar sobre ele (Luckesi, 2014, p 48).

A avaliação, ao contrário da verificação, não se restringe à simples constatação da configuração de um objeto. A verificação cumpre um papel estático, pois apenas registra a situação em que o objeto se encontra, como se o fixasse em determinado momento. Já a avaliação demanda um passo além: envolve análise, interpretação e tomada de decisão acerca do que fazer diante desse objeto. Trata-se, portanto, de um processo dinâmico, que orienta ações e direciona o objeto em uma trajetória de transformação vinculada a propósitos pedagógicos mais amplos.

Portanto, avaliar não deve restringir-se a mensurar resultados imediatos, mas precisa contemplar também o processo vivido pelo estudante, suas estratégias, avanços e dificuldades. Somente assim a avaliação cumpre sua função pedagógica de promover a aprendizagem, oferecendo subsídios tanto para o desenvolvimento do aluno quanto para a prática docente.

2.2 TIPOS DE AVALIAÇÃO: INTERNA E EXTERNA

As avaliações conhecidas como avaliações internas desdobram-se da prática docente e da troca aluno-professor e vice versa, com objetivo direcionado no ensino e aprendizagem do estudante. Por meio das avaliações realizadas na sala de aula, obtém-se um panorama do desempenho da turma com os conceitos aprendidos. Porém, esse resultado é relativo ao programa curricular da sala/turma ou escola, uma vez que o currículo escolar é dependente do projeto político pedagógico adotado pela rede ou escola. Então, para aferir um resultado da aprendizagem dos estudantes convencionou-se a aplicação das avaliações em larga escalas (Esteban; Pina, 2021). As Avaliações de larga escala, citadas por Esteban e Pina remetem às avaliações externas.

As avaliações internas se diferenciam por tratar a avaliação como instrumento de análises e leituras do processo educativo. A lida em sala de aula permite processos avaliativos de distintas dimensões, como exemplo, o comportamento do aluno na sala, seus valores e atitudes (Freitas, 2014). A ação pedagógica do professor no processo de ensino abrange as avaliações formais, pontuais, e também informais, que são distribuídas durante todo o processo de ensino/aprendizagem, de forma contínua. Conforme Freitas:

No interior da sala de aula o professor lida o tempo todo com estas três dimensões da avaliação (aprendizagem, comportamento e valores) por meio de processos que podem ser tanto formais (provas, testes, trabalhos etc.) como informais (juízos de valor sobre o comportamento do aluno ou sobre seu desempenho, comentários públicos ou dirigidos especificamente ao aluno em atenção individualizada etc. (Freitas, 2014, p. 1096).

Esteban e Pina apontam que a avaliação escolar (no interior da escola) ganha sentido à medida que se entende que o aprendiz não é objeto da avaliação, mas integrante do processo de ensino e aprendizagem:

Evidencia-se a necessidade de ressaltar que o/a estudante não é o objeto da avaliação, mas um sujeito que colabora com o processo de avaliação do qual participa. O entendimento da trama avaliativa na perspectiva do pensamento liminar e sua condução pelo diálogo freireano nos impele a deixar de pensá-la como relação sujeito-objeto. Proposta como relação intersubjetiva, somente se afirma como processo democrático com a presença efetiva dos/as estudantes, crianças incluídas. A mudança epistemológica provoca uma releitura do encaminhamento teórico e formula um desafio metodológico: produzir práticas de avaliação que incorporem os/as estudantes nas diferentes etapas que esse processo requer (Esteban; Pina, p. 430).

Dessa forma, ao mesmo tempo em que a avaliação interna, como destaca Freitas (2014), se manifesta ao longo do processo educativo, a prática avaliativa está presente em todos os momentos da sala de aula, assumindo dimensões diversas que ultrapassam a simples mensuração da aprendizagem e se estendem ao comportamento e aos valores. Nessa direção, Esteban e Pina (2021) propõem uma mudança epistemológica ao entender o estudante não como objeto passivo, mas como sujeito ativo, que participa e dialoga no processo avaliativo. Ao articular essas duas perspectivas, percebe-se que a avaliação, longe de ser apenas um fim, pode constituir-se como espaço de diálogo, reflexão e transformação, promovendo uma prática democrática e inclusiva.

As avaliações externas impõem à escola a função de regular a aprendizagem com base em testes e exames padronizados, muitas vezes desconsiderando a prática pedagógica cotidiana. Segundo Esteban e Pina (2021), essas avaliações em larga escala acabam por restringir as ações pedagógicas que valorizam o conhecimento, direcionando o ensino para o alcance dos parâmetros esperados nos testes. Essa lógica afasta o aluno da realidade do objeto de aprendizagem, uma vez que o modelo adotado ignora as propostas pedagógicas da escola, apresentando questões desconectadas do contexto e priorizando a reprodução de conceitos ensinados. Com isso, limita-se a possibilidade de o estudante aplicar o conhecimento em sua vida diária, comprometendo a construção de uma aprendizagem significativa.

Nos dizeres dos autores,

A avaliação em larga escala, ao introduzir na escola uma definição extrínseca e uniforme de padrões desejáveis de aprendizagem (associada a desempenho no teste), mobiliza o ensino no sentido de ajustar – mesmo que restringindo – as ações e as aprendizagens dos/as estudantes ao padrão. Como efeito, induz à restrição dos conhecimentos escolares àqueles conteúdos e modos de expressá-los incorporados ao teste, bem como à valorização de atividades descontextualizadas, baseadas no treinamento e na reprodução do que foi ensinado, em detrimento dos processos reflexivos e críticos e da potência dialógica e criativa da sala de aula (Esteban; Pina, 2021, p.423).

Os testes e exames, atualmente, são constituídos por um padrão de conjuntos de questões, em grande parte, com alternativas com apenas uma das respostas corretas, sem espaço para que o estudante possa contribuir com o próprio conhecimento e abordam situações de cultura universal, levando para a escola ajustar-se para discutir e apresentar conhecimentos e culturas distantes da aprendizagem sociocultural local. Em consequência, o exame recai sobre um modelo que estrutura os currículos escolares, não somente atende aos conceitos dos testes, mas também mensura o desempenho, tornando-se como expresso por Esteban e Pina (2021) um “espelho da aprendizagem”. Assim, os resultados dos exames são uma amostra de interferência no programa escolar ou do processo de ensino/aprendizagem (Esteban; Pina, 2021).

Sobre as avaliações externas, Freitas (2014) preconiza que as avaliações externas vieram de movimento de reformas empresariais da educação e que impuseram limites na progressão do trabalho pedagógico. Entretanto, coube a escola ajustar-se a um padrão cultural pressuposto pelos modelos de avaliação externa.

Assim,

É esta centralidade da avaliação escolar (fortalecida agora pela associação com a avaliação externa e as políticas de responsabilização) que é disputada e usada hoje pelos reformadores empresariais da educação para impor uma trava a possíveis avanços progressistas na organização do trabalho pedagógico da sala de aula e da escola – seja em seus objetivos, seja em sua avaliação – fortalecendo seu controle ideológico sobre toda a estrutura educacional que forma milhões de jovens, ajustando-os a um padrão cultural “básico” de instrução (Freitas, 2014, p.1088).

A avaliação externa de caráter nacional e censitário consolidou-se nas últimas duas décadas, sobretudo com a transformação do Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos (Inep), vinculado ao Ministério da Educação, em uma agência dedicada à avaliação educacional. O desdobramento previsível desse processo foi o esforço de controlar também o outro polo do par objetivos e avaliação. Por meio da definição de objetivos de ensino, os reformadores passaram a padronizar a cultura escolar a partir das matrizes de referência dos exames nacionais. Tal movimento não apenas limita o avanço das práticas pedagógicas em direção a uma matriz formativa mais ampla, voltada à formação integral da juventude, como também mantém a escola restrita a uma matriz tradicional, centrada prioritariamente na dimensão do conhecimento (Freitas, 2014).

O direito à formação ampla e integral tem sido progressivamente reduzido ao domínio de um “básico” delimitado pelas matrizes de referência dos exames nacionais, centrado sobretudo em leitura, matemática e ciências, áreas mais diretamente vinculadas às exigências produtivas. Na prática escolar, não é a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que orienta prioritariamente o ensino, mas sim essas matrizes, que se sobrepõem ao currículo e redefinem o conceito de aprendizagem essencial. Conforme abordado por Freitas (2014):

Hoje é fato visível nas escolas que a avaliação externa orienta e determina os objetivos e a extensão das disciplinas (em especial português e matemática, mas não menos as demais disciplinas pois que interfere nos tempos que a escola permite dedicar a estas). A repercussão nas outras categorias pedagógicas vai se estabelecendo por meio da pressão crescente das avaliações externas que influencia o quê o professor e a escola assumem como conteúdo e como método (Freitas, 2014, p. 1094).

Assim, as avaliações externas se tornam importantes para suporte do que é essencial para as etapas escolares. O próprio Inep é responsável pela elaboração e

aplicação do Exame Nacional de Nível Médio (ENEM), estando integrado ao Ministério da Educação.

Nos dizeres de Freitas (2014),

o direito à formação ampla e contextualizada que todo ser humano deve ter é reduzido ao direito de aprender o “básico” expresso nas matrizes de referência dos exames nacionais, assumido ali como o domínio que é considerado “adequado” para uma dada série escolar nas disciplinas avaliadas – não por acaso as que estão mais diretamente ligadas às necessidades dos processos produtivos: leitura, matemática e ciências (Freitas, 2014, p.1088).

As avaliações externas, não excluem as avaliações internas, ditas da escola. Há um cuidado para um diálogo aberto na construção do projeto político da escola entre os membros do colegiado escolar, que devem permear entre o sociocultural local a exigências curriculares e dos exames. Segundo Freitas:

A avaliação da escola permanece, mas *como uma propriedade da escola* que, juntamente com os atores constitutivos desta (pais, gestores, professores e alunos), organiza-se para refletir sobre seu projeto político pedagógico de forma a negociar demandas em duas direções: ao poder público naquilo que a ele corresponde, e a si mesma naqueles compromissos locais com a melhoria da qualidade da formação da juventude. Emerge a possibilidade de se construir uma responsabilização participativa (Freitas, 2014, p.1107).

É interessante observar que os exames e vestibulares, ao partirem de uma concepção de sujeito como pronto e acabado, desconsideram os parâmetros curriculares do projeto político-pedagógico (PPP) das escolas. Diante disso, emerge a questão: devemos preparar os estudantes especificamente para esses exames? Para Luckesi (2014), a resposta é que os exames e vestibulares devem ser compreendidos como uma das dimensões a integrar o PPP de cada instituição. Nesse contexto, a realização de simulados configura-se como prática pedagógica relevante, pois permite identificar o que os estudantes já dominam e quais conhecimentos ainda precisam ser desenvolvidos para atender às exigências desses processos seletivos.

2.3 TIPOS DE AVALIAÇÃO INTERNA: DIAGNÓSTICA, FORMATIVA E SOMATIVA

As avaliações internas possuem funções específicas em relação ao processo de ensino e aprendizagem. Segundo Turra et al. (1998), as funções gerais da avaliação compreendem “fornecer as bases para o planejamento; possibilitar a seleção e a classificação de pessoal; ajustar políticas e práticas curriculares” (Turra

et al.,1998, p. 178). Redirecionando-as para funções mais específicas e ligados diretamente ao processo de ensino e aprendizagem, conforme Turra *et al.* (1998), “facilitar o diagnóstico (diagnóstico); melhorar a aprendizagem e o ensino (controle); estabelecer situações individuais de aprendizagem; e promover, agrupar alunos (classificação)” (Turra *et al.*,1998, p. 179). Há três tipos de avaliação da aprendizagem, cada qual com funções diferenciadas, que fazem parte de todo o processo, são elas a avaliação diagnóstica, formativa e somativa, sendo abordadas em sequência:

i) Avaliação diagnóstica

A avaliação diagnóstica avalia os estudantes antes de iniciar uma unidade curricular, conceito/conteúdo e por meio dessa avaliação é possível diagnosticar os seus saberes. Tem a característica de “identificar, discriminar, compreender, caracterizar as causas determinantes das dificuldades de aprendizagem, ou essas próprias dificuldades” (Turra *et al.*,1998, p. 179). Hadji (2001) compreende a avaliação diagnóstica como prognóstica, que possui sentido de identificar os apontamentos dos estudantes para um conhecimento a ser apreendido. De acordo com o autor,

A avaliação procede a ação de formação. Fala-se então de avaliação prognóstica e, mais raramente hoje em dia, diagnóstica, pois compreendeu-se que toda avaliação podia ser diagnosticada, na medida em que identifica certas características do aprendiz e faz um balanço, certamente mais ou menos aprofundado, de seus pontos fortes e fracos (Hadji, 2001, p.19).

Portanto esse tipo de avaliação é o cerne do ensino, pelo qual assegura-se os conceitos subsunçores dos estudantes seguindo a linha da AS ao avaliarmos seus conceitos científicos prévios, além da determinação da presença ou ausência de competências/habilidades que são pré-requisitos para início de uma unidade escolar, por exemplo. Assim, ela é um levantamento inicial de conhecimentos (Laburú *et al.*, 2005).

ii) Avaliação formativa

De acordo com Laburú *et al.* (2005), as avaliações formativas fornecem ao educador informações sobre o desempenho dos alunos durante as atividades. Elas desempenham um papel crucial na identificação das falhas na estrutura do ensino, permitindo que os resultados sejam utilizados para corrigir e aprimorar o processo de aprendizagem. Hadji (1995) classifica a avaliação formativa como atividade avaliativa

de função de controle, ou seja, ela define se os objetos da aprendizagem foram atingidos, “a avaliação que situa-se no centro da ação da formação (Hadji, 1995, p.19)”. Segundo o autor,

É então chamada de formativa. Por que? Porque sua função principal é – ou, pois tudo encontra-se aí, deveria ser logicamente – contribuir para uma boa regulação da atividade de ensino (ou formação, no sentido amplo). Trata-se de levantar informações úteis à regulação do processo ensino/aprendizagem. E vê-se bem que é aquilo a serviço do que é colocada que permitirá julgar a “formatividade” de uma avaliação (Hadji, 1998, p. 19).

Nesse sentido, Turra et al. (1998) denomina a avaliação formativa como um modelo de “avaliação que parte integrante do processo ensino-aprendizagem e, quando bem realizada, assegura que a maioria dos alunos alcance o objetivo desejado (Turra et al., 1995, p.184)”.

Acerca desse modelo avaliativo, Laburú et al. (2005) citam que

essa forma de avaliação representa o meio principal para que o estudante passe a conhecer seus erros e acertos, encontrando, assim, maior estímulo para um estudo sistemático dos conteúdos. Em suma, o aspecto importante dessa avaliação é a orientação que ela fornece, tanto no que se refere ao estudo do aluno, quanto ao trabalho do professor, funcionando como mecanismo de “feedback” (Laburú, et al., 2005, p. 30).

Portanto as avaliações formativas fornecem uma leitura do progresso do ensino e da aprendizagem, identificado as falhas do processo e assim permitindo ao professor buscar formas de corrigir as dificuldades encontradas.

iii) Avaliação somativa

Por vez, tratada como avaliação classificatória ou tradicional empenha no papel de ao final de uma unidade “julgar” a aprendizagem dos estudantes, permitindo classificar os alunos observando a atinência dos objetivos previstos no início do processo de ensino (Turra et al., 1998). De antemão, esse modelo articula sobre as avaliações diagnósticas e a formativas, pois possibilitam avaliar as correções feitas ao longo da unidade escolar (Laburú et al., 2005).

Hadji (2001) nomeia a avaliação somativa como avaliação cumulativa e afirma que ela “sempre faz o balanço das aquisições dos alunos” (p.19) e que deve não só classificar, mas também ter “uma dimensão prognostica de que conduz – ou deveria

conduzir – a um melhor ajuste ensino/aprendizagem” (Hadji, 2001, p.19). Nesse sentido a avaliação somativa cumpre a função de adaptação de conteúdo, pois fornece resultados através dos quais pode-se identificar falhas e corrigir na próxima unidade curricular.

Laburú *et. al* (2005), cita a avaliação somativa como

perspectiva [para] servir de ponto de apoio para atribuir notas, classificar e transmitir os resultados em termos quantitativos, e é realizada no final de um período de ensino, de acordo com os níveis de aproveitamento do aluno” (Laburú *et al.*, 2005, p. 31).

Portanto, esta avaliação consiste em aferir o grau de domínio que o estudante alcança em determinada área de aprendizagem. Trata-se de uma prática que busca não apenas verificar o nível de apropriação dos conteúdos, mas também certificar a legitimidade desse percurso formativo. Atribui uma qualificação por meio de notas, conceitos ou outros indicadores que servem de certificação da aprendizagem realizada. Por estar atribuída a uma nota, Hadji (2001) e Turra (1998) salientam que a avaliação formativa não deve ser entendida como acabada, mas parte do processo que favoreça a aprendizagem.

2.4 AVALIAÇÃO EXTERNA: ENEM E TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM (TRI)

As avaliações externas são elaboradas pelas entidades ou órgãos públicos de educação, como o Ministério da Educação (MEC), as secretarias municipais e estaduais de educação, com objetivo de identificar a evolução do ensino e com os resultados auxiliar políticas públicas para atingir as competências e habilidades do nível de ensino observado por essas avaliações. Como exemplo tem-se o Programme for International Student Assessment (PISA), coordenado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que no Brasil é coordenado pelo Inep. O Pisa investiga o conhecimento dos alunos com bases nos princípios da análise, raciocínio e reflexão observando as competências adquiridas durante os níveis da educação básica do aprendiz. Entre as avaliações externas ocorridas no Brasil, destaca-se o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), trata-se uma avaliação em larga escala na última etapa da educação básica (Arantes, 2016).

O ENEM constitui-se como uma das principais avaliações em larga escala do Brasil, sendo aplicado pelo Inep. Criado em 1998, seu propósito inicial era avaliar o desempenho dos concluintes da educação básica, funcionando como um instrumento

de diagnóstico da qualidade do ensino. Com o passar do tempo, contudo, o exame sofreu reformulações significativas, ampliando suas funções e adquirindo centralidade no acesso ao Ensino Superior (Brasil, 2021).

A partir de 2009, o ENEM passou a ser utilizado como critério de seleção para instituições públicas e privadas de Ensino Superior, em especial por meio do Sistema de Seleção Unificada (SISU), do Programa Universidade para Todos (ProUni) e como parte dos requisitos para o financiamento estudantil (FIES). Essa mudança representou um marco, uma vez que unificou e democratizou os processos seletivos em âmbito nacional, substituindo ou complementando vestibulares tradicionais. Dessa forma, o exame tornou-se um mecanismo de mobilidade acadêmica e social, ao possibilitar que estudantes de diferentes regiões do país concorressem a vagas em universidades públicas de estados distintos, reduzindo barreiras geográficas e econômicas (Brasil, 2021).

O objetivo central do ENEM, portanto, consiste em avaliar as competências e habilidades desenvolvidas ao longo da educação básica, mais especificamente no Ensino Médio, além de servir como porta de entrada ao ensino superior e como ferramenta de formulação de políticas públicas educacionais. Sua importância para o país é notável, pois não apenas fornece indicadores sobre a qualidade da educação, mas também contribui para a democratização do acesso ao ensino superior, promovendo inclusão social e oportunidades de ascensão acadêmica e profissional (Cordeiro; Morini, 2020).

A estrutura do exame é composta por quatro provas objetivas, totalizando 180 questões de múltipla escolha, distribuídas entre as áreas de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias; e Matemática e suas Tecnologias. Além disso, há a prova de redação, que exige do candidato a produção de um texto dissertativo-argumentativo, fundamentado em uma proposta de intervenção social (Brasil, 2025).

Um dos elementos centrais que distingue o ENEM de exames tradicionais é o uso da Teoria de Resposta ao Item (TRI). Segundo Tavares (2013), a TRI é uma teoria estatística que busca avaliar a proficiência do sujeito de modo mais preciso, considerando não apenas o acerto ou erro em um teste, mas a relação entre o traço latente do indivíduo e a probabilidade de acerto em itens com diferentes parâmetros (Tavares, 2013). Para o autor, cada questão pode ser descrita em termos de dificuldade, discriminação e possibilidade de acerto ao acaso, o que permite construir

um modelo mais fiel das habilidades avaliadas, chamado modelo logístico de três parâmetros da TRI (Brasil, 2021), conforme o quadro a seguir:

Quadro 1 – Definição dos parâmetros da TRI em modelo logístico

Parâmetro	Definição
Discriminação	Mede o quanto o item diferencia alunos com diferentes proficiências (quem domina ou não a habilidade avaliada).
Dificuldade	Representa a proficiência mínima para ter alta chance de acerto.
Probabilidade	Controla a probabilidade de acerto por chute (importante em múltipla escolha). Controla a possibilidade de acerto sem o domínio da habilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No contexto do ENEM, a aplicação da TRI evita distorções típicas de testes baseados apenas na contagem de acertos e contribui para a isonomia do exame. Como explica Tavares (2013), a teoria possibilita que dois indivíduos com o mesmo número de acertos apresentem níveis de proficiência distintos, a depender da consistência de suas respostas em relação à dificuldade dos itens. Isso significa que um candidato que acerta questões de alta dificuldade, mas erra as fáceis, terá sua nota reduzida, pois o padrão de respostas não é considerado coerente.

Dessa forma, a TRI garante maior precisão e validade ao processo avaliativo, evitando que o desempenho seja inflado por tentativas de acerto aleatório e permitindo comparações mais consistentes entre diferentes edições do exame. A TRI considera não apenas o número de acertos, mas também o padrão de respostas do aluno. Dois estudantes com mesmo “escore” podem receber diferentes valores de proficiência, sendo favorecido aquele cuja sequência de respostas seja mais coerente com o conhecimento avaliado. Essa abordagem torna a avaliação mais justa e precisa, especialmente em exames de larga escala como o ENEM.

Um exemplo ilustrativo para entender a TRI é imaginar a medição da altura de uma pessoa por meio de perguntas. Cada item teria uma “altura mínima” para ser respondido positivamente. Assim, ao reunir respostas de vários itens, é possível estimar com precisão a altura do respondente. Da mesma forma, a TRI permite medir a proficiência de um aluno com diferentes conjuntos de itens, desde que esses itens estejam calibrados na mesma escala. Isso garante isonomia e comparabilidade entre

provas distintas (Brasil, 2021).

Segundo Pasquali (2003), a Teoria de Resposta ao Item (TRI) representa um avanço em relação aos modelos clássicos de avaliação, pois busca descrever a relação entre a probabilidade de acerto em um item e o nível de proficiência latente do indivíduo. Para o autor, esse modelo rompe com a mera contagem de acertos, tradicionalmente utilizada, ao introduzir parâmetros estatísticos que permitem maior precisão e validade na interpretação dos resultados. A TRI, nesse sentido, é caracterizada como um instrumento de mensuração mais justo e fidedigno, capaz de diferenciar indivíduos com níveis semelhantes de acertos, mas com padrões distintos de resposta. Assim, ao considerar aspectos como dificuldade, discriminação e acerto ao acaso, a teoria possibilita que a avaliação em larga escala, como o ENEM, seja mais equânime e consistente em seus resultados (Pasquali, 2003).

O exame é elaborado a partir das questões do Banco Nacional de itens (BNI) do Inep. O BNI, por sua vez, é um aglomerado de itens de testes (questões) das áreas de avaliação do EMEM, sendo esse banco alimentado por pesquisadores e educadores com perfil de elaboração de questões situação-problema que abranjam os conceitos/conteúdos em uma visão cotidiana de aplicações. Os itens são construídos com base na Matriz de Referência do ENEM a partir das competências e habilidades que se espera o estudante/participante tenha desenvolvido ao longo das etapas da educação. O guia de elaboração e revisão de itens, destaca que

[...] a matriz de referência não se confunde com o currículo, que é muito mais amplo. Ela é, portanto, uma referência para aqueles que irão participar do teste, [...] como para análise dos resultados do teste aplicado (Brasil, 2012 p. 7).

Na organização do provas, questionários ou exames como o ENEM, os itens podem ser interpretados como questões que compõem a avaliação. Os itens podem aparecer nos exames de duas formas. São elas: de resposta livre e de resposta orientada ou objetivo. Um teste pode apresentar uma única forma ou as duas formas em conjunto, o modelo objetivo e o adotado pelo ENEM. No entanto, os itens objetivos discorrem em questões de múltipla escolha, das quais o participante escolhe uma resposta entre as alternativas, em que apenas uma é correta.

Os itens objetivos permitem a verificação de comportamentos de memorização ou reconhecimento, bem como de comportamentos mais complexos, como compreensão, análise, aplicação e avaliação. Em comparação aos itens de resposta

livre, os itens objetivos apresentam vantagens, especialmente em avaliações em larga escala, pois possibilitam correção com maior facilidade, rapidez e objetividade, além de serem menos vulneráveis a erros de julgamento na atribuição de escores ou notas (Brasil, 2012).

As questões ou itens do ENEM caracterizam-se como situações-problema contextualizadas, permitindo ao participante do exame mobilizar experiências e conhecimentos adquiridos em seu percurso formativo para a resolução das questões. Nesse sentido, torna-se importante aproximar os temas escolares da realidade vivida pelos participantes.

A elaboração do item de múltipla escolha configura em 3 partes, texto base, enunciado e alternativas. Segundo o guia de elaboração e revisão de itens,

deve ser estruturado de modo que se configure uma unidade de proposição e contemple uma única habilidade da Matriz de Referência. Para tanto, devem ser observadas a coerência e a coesão entre suas partes de modo que haja uma articulação entre elas e se explicita uma única situação-problema e uma abordagem homogênea de conteúdo (Brasil, 2012, p.9).

A parte inicial do item, denominada texto-base, apresenta as informações necessárias para a compreensão da situação-problema proposta ao participante do exame. Esse texto pode ser constituído por um ou mais elementos verbais ou não verbais, como gráficos, infográficos, tabelas, imagens, figuras ou esquemas. O enunciado, também denominado comando, consiste em uma instrução clara e objetiva que orienta o participante sobre a tarefa a ser realizada. Por fim, as alternativas correspondem às possibilidades de resposta para a resolução da situação-problema, incluindo a alternativa correta (gabarito ou descritor) e as alternativas distratoras (Brasil, 2012).

O descritor ou gabarito é a única alternativa correta que responde ao enunciado e os distratores indicam respostas incorretas a problemática. Entretanto, os distratores não podem ser respostas aleatórias sem fundamento relacionado com a situação-problema, eles devem ser plausíveis. Em outras palavras, os distratores retratam hipóteses de raciocínio para solução da situação-problema, evitando induzir o participante ao erro.

Dessa forma, compreendemos que a elaboração dos itens do ENEM é um processo criterioso e fundamentado, que vai além da simples formulação de perguntas. Ao articular texto-base, enunciado e alternativas de maneira coesa, o

exame busca avaliar competências e habilidades desenvolvidas ao longo da educação básica, aproximando o conhecimento escolar das situações cotidianas. Esse cuidado metodológico assegura que os itens cumpram sua função de mensurar aprendizagens de forma justa, objetiva e contextualizada, garantindo maior validade e confiabilidade aos resultados obtidos.

3. ELETRODINÂMICA

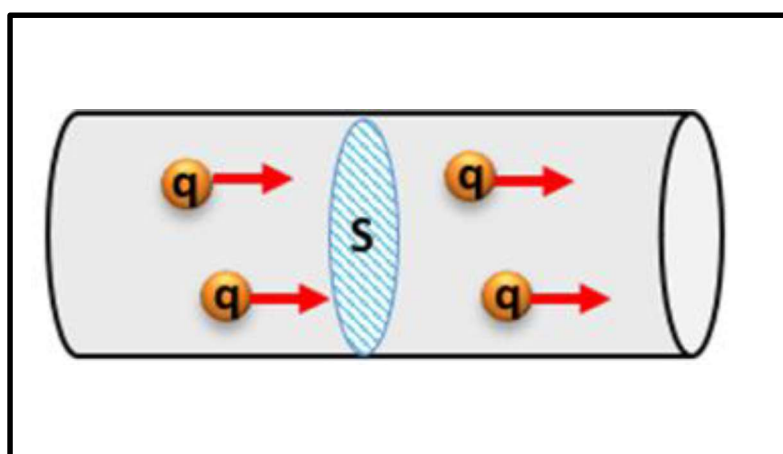
A eletrodinâmica é um ramo da Física que estuda o movimento das cargas elétricas e os fatores que influenciam esse deslocamento. Esse movimento, conhecido como corrente elétrica, ocorre principalmente em materiais condutores e está presente em diversas situações cotidianas, como no funcionamento de aparelhos eletrônicos, motores e sistemas de iluminação (Luiz, 1989).

Quando a corrente elétrica passa por um material, ela pode provocar diferentes efeitos sobre a matéria. Entre os principais estão: o efeito térmico (ou efeito Joule), responsável pelo aquecimento de resistências elétricas; o efeito magnético, que cria campos magnéticos usados em motores e eletroímãs; o efeito químico, observado na eletrólise; a produção de luz, como nas lâmpadas; a conversão em energia mecânica, em ventiladores e máquinas; o efeito termoelétrico, utilizado para geração de energia em sensores; e o efeito fisiológico, que age diretamente sobre tecidos biológicos, sendo usado de forma controlada em aplicações médicas (Luiz, 1989, p.103).

3.1 DENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA

Um movimento de cargas elétricas de um lado a outro em um condutor é denominado de corrente elétrica. Considerando um fio condutor (fio metálico) de seção reta como ilustrado na Figura 1:

Figura 1 – Representação alegórica do movimento das cargas elétrica no interior de um condutor



Fonte: Elaborado pelo autor.

A corrente pode ser determinada por um fluxo médio de cargas elétricas através de uma dada seção reta, S , do condutor num intervalo de tempo Δt . Seja Q a

quantidade de carga que passa pela área de seção transversal do condutor no intervalo Δt ; a corrente elétrica média no condutor considerando o movimento das cargas elétricas, pode ser expressa por (Luiz, 1989, p.106):

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

A unidade de medida de corrente elétrica no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o ampère (A). Um ampere é definido tomando como base a carga elementar (e), que é a carga elétrica de um próton ou elétron que corresponde a menor quantidade de carga elétrica encontrada na natureza, conhecida como carga elementar de valor $e=1,602176634 \times 10^{-19}$ coulombs, assim formalmente, 1 ampère corresponde ao fluxo de 1 coulomb de carga por segundo através do condutor (INMETRO, 2025). E de forma operacional, pela relação (1), a unidade de medida ampère

$$1 \text{ ampère} = 1 \text{ coulomb/segundo ou } 1A = 1C/s$$

A intensidade da corrente elétrica é um processo de limite definida como a razão entre a quantidade de carga elétrica infinitesimal dQ que atravessa uma determinada seção transversal de um condutor e o intervalo de tempo dt em que essa passagem ocorre. Essa seção transversal é como um corte feito na parte mais estreita do fio, por onde observamos a passagem das cargas elétricas ao longo do tempo. Essa definição, de caráter operacional, permite entender a corrente como o "fluxo" de cargas que percorre o condutor em determinado período (Luiz, 1989, p.106).

$$i = \frac{dQ}{dt} \quad (2)$$

Supondo um fio condutor cilíndrico com uma seção reta constante e admitindo que este fio esteja conectado a uma pilha ou bateria com uma diferença de potencial (ddp) constante, concluímos que a corrente elétrica é constante, assim a equação (1) torna-se:

$$i = \frac{Q}{\Delta t} \quad (3)$$

A corrente elétrica em um condutor está relacionada à quantidade de carga elétrica em movimento, de modo que a área do material condutor influência sobre a passagem das cargas elétricas (Luiz, 1989). Para relacionar a corrente elétrica com a área, entendemos que as cargas elétricas que atravessam uma seção transversal são

representadas pela densidade de corrente elétrica.

As cargas elétricas são distribuídas pela superfície de um condutor em equilíbrio eletrostático. Para identificar como essas cargas estão dispostas em um condutor, precisamos representar vetorialmente o fluxo das cargas por meio da densidade de corrente elétrica $\vec{J}$. Considere um fio condutor cilíndrico com uma seção reta uniforme de área S , a densidade de corrente elétrica $\vec{J}$ é a representação de um vetor constante, que indica a orientação do movimento das cargas elétricas, dado por:

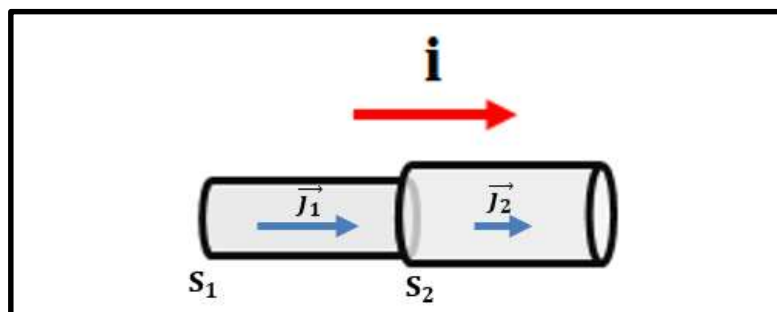
$$\vec{J} = \frac{i}{S} \quad (4)$$

Em sistemas de circuito com corrente contínua a corrente elétrica pode ser expressa por (Luiz, 1989):

$$i = J \cdot S \quad (5)$$

Para um condutor em que há a junção de um fio fino e um fio grosso, como indicado na Figura 2.

Figura 2 – Representação da junção entre fios de diferentes densidades



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pela conservação da carga, a carga total que passa pela seção reta que separa os fios fino e grosso é a mesma, logo a corrente elétrica no fio fino é igual a corrente no fio grosso, temos:

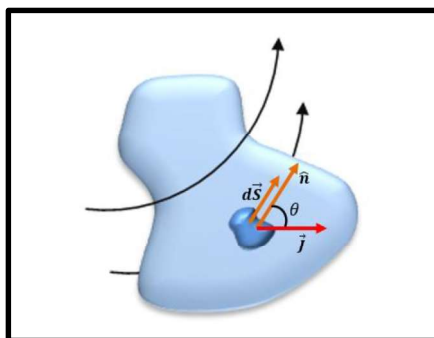
$$i = J \cdot S \quad (6)$$

onde o índice 1 representa o fio fino e o índice 2 se refere ao fio grosso, como a área S_1 é menor que a área S_2 , a relação (5) mostra que a densidade de corrente J_1 no fio fino é maior do que a densidade J_2 no fio grosso (LUIZ, 1989).

Em um trajeto de um condutor retilíneo e uniforme, considerando a corrente

elétrica constante em todos os pontos do interior do condutor, a corrente elétrica para um elemento de área dS seguindo a relação da equação (6), $i = JS$, sendo a densidade de corrente uma grandeza dependente a área do condutor. Na Figura 3, temos $\hat{n}$, que é o vetor normal a superfície S , o vetor densidade de corrente e o ângulo θ entre o vetor normal e a direção da densidade de corrente elétrica (Nussenzveig, 2015).

Figura 3 – Superfície condutora sob ação de campo elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor.

A relação geral entre a densidade de corrente e a corrente elétrica, é dada por:

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{S} \quad (7)$$

onde o ponto entre o vetor $\vec{J}$ e o vetor área infinitesimal $d\vec{S}$ indica o produto escalar entre os dois vetores. No caso de condutores uniformes consideramos $\vec{J}$ como constante ao longo do condutor. A corrente através de uma superfície S é definida como o fluxo do vetor densidade de corrente $\vec{J}$ através da superfície:

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{S} \quad \text{Ou} \quad i = \int \vec{J} \cdot \hat{n} dS \quad (8)$$

A densidade de corrente elétrica uniforme indica que a corrente está distribuída de maneira igual por toda a seção transversal de um condutor, como um fio ou uma placa metálica (NUSSENZVEIG, 2015). Isso significa que a quantidade de carga elétrica que atravessa cada unidade de área por segundo é constante em toda a região considerada, sem variações de intensidade ou direção. Sendo assim, a velocidade com que as cargas se movem no condutor, v_d , representa a orientação do movimento das cargas devido a ação do campo elétrico no condutor (Tipler; Mosca,

2009).

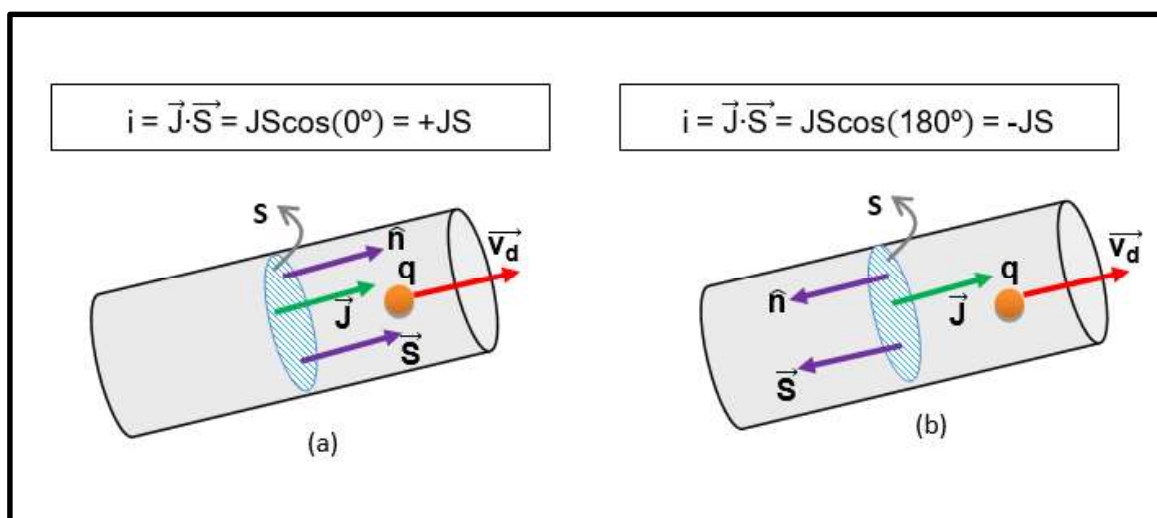
Se $\vec{J}$ é uniforme e se a superfície é plana, o que significa que $\hat{n}$ seria uniforme, então o fluxo pode ser expresso por:

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{S} = \vec{J} \cdot \hat{n} S = JS \cos \theta \quad (9)$$

onde S é área da superfície e o θ é o ângulo entre $\vec{J}$ e $\hat{n}$.

A corrente elétrica em um meio condutor é resultado da ação de um campo elétrico estabelecido por uma diferença de potencial entre dois pontos. Este campo orienta o vetor densidade de corrente elétrica $\vec{J}$, cuja direção e sentido determinam o fluxo de cargas no interior do material (Tipler; Mosca, 2015). O sinal da corrente i é o mesmo de $\cos \theta$, se $0 < 90^\circ$, i é positiva, ou seja, no sentido do vetor normal e se $0 > 90^\circ$, então i é negativa, o fluxo ocorre no sentido oposto ao vetor normal, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Direção e sentido da densidade de corrente (a) $\theta=0^\circ$ e (b) $\theta=180^\circ$



Fonte: Elaborado pelo autor.

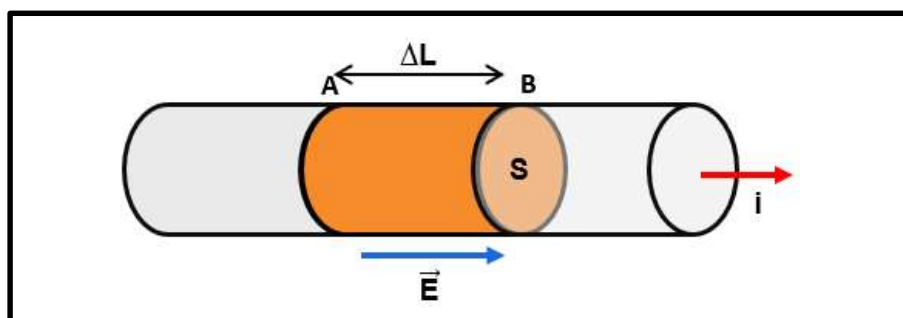
Portanto, a diferença de potencial estabelece o campo elétrico, que orienta o sentido das cargas, e é a relação entre esse sentido e a geometria da superfície analisada que define o sinal da corrente. Para uma dada densidade de corrente $\vec{J}$ e superfície A o sinal da corrente i é determinada pela escolha do sentido de $\hat{n}$.

3.2 LEI DE OHM E CONDUTIVIDADE

No interior de um condutor, a corrente elétrica é impulsionada por um campo

elétrico $\vec{E}$, originado por uma diferença de potencial entre dois pontos do material. Esse campo exerce sobre os portadores de carga uma força eletrostática $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$, responsável pelo movimento ordenado dessas cargas. Em condutores metálicos, esse movimento é predominantemente realizado por elétrons livres. A Figura 5 ilustra um segmento de fio condutor homogêneo e longitudinal, com comprimento ΔL e seção transversal de área S , atravessado por uma densidade de corrente elétrica $\vec{J}$.

Figura 5 – Trecho de um condutor



Fonte: Elaborado pelo autor.

A homogeneidade do fio propicia que o campo elétrico se mantém constante ao longo de sua extensão, permitindo a adoção de modelos contínuos para o estudo da distribuição e intensidade da corrente elétrica (Tipler; Mosca, 2009, Vol. 2, p.147).

A diferença de potencial dV entre as seções A e B é:

$$V_A - V_B \equiv dV = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{L} = E(dL) \quad (10)$$

Entendemos que há uma queda de potencial do ponto A para o ponto B no sentido da corrente, uma vez que o campo elétrico constante e paralelo ao vetor $d\vec{L}$.

Por definição a intensidade de corrente é dada por:

$$i = \int_S \hat{j} \cdot \hat{n} \cdot dS \quad (11)$$

resistividade elétrica ρ é uma propriedade intrínseca de um material que expressa o grau de oposição que ele oferece ao fluxo de corrente elétrica. Ela está diretamente associada à razão entre o campo elétrico aplicado ao condutor e a densidade de corrente elétrica que atravessa o material (Tipler; Mosca, 2009). Essa relação é expressa pela equação $\vec{E} = \rho \vec{J}$, conhecida como a forma local da lei de Ohm,

e traduz o comportamento microscópico dos condutores. Nessa equação, o campo elétrico $\vec{E}$ está associado a força que impulsiona as cargas elétricas, enquanto a densidade de corrente $\vec{J}$ indica a intensidade com que essas cargas fluem por unidade de área (Nussenzveig, 2015). A resistividade ρ , por sua vez, caracteriza a oposição interna do material ao movimento das cargas: quanto maior for seu valor, maior será o campo elétrico necessário para manter a densidade de corrente (Nussenzveig, 2015). Reescrevendo a resistividade em função da densidade de corrente elétrica:

$$J = \frac{E}{\rho} \quad (12)$$

onde ρ é a resistividade elétrica do material.

Por junção das relações 11 e 12:

$$i = \int_S \hat{J} \cdot \hat{n} \cdot dS = J \cdot S = \frac{E}{\rho} \cdot S \quad (13)$$

logo,

$$dV = \rho \frac{i}{S} \cdot dL \quad (14)$$

Se o fio tem seção constante e o comprimento conhecido L , a ddp entre os pontos A e B será:

$$V_A - V_B = V = \rho \frac{L}{S} \cdot i \quad (15)$$

Para certo condutor $\rho \frac{L}{S}$ é uma constante, chamamos resistência do fio, R , entre A e B:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (16)$$

Em que ρ resistividade do material, a unidade da resistividade no S.I. é o $\Omega \cdot m$ (ohm-metro). Portanto a resistência de uma porção do fio é diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à área da seção transversal, S , do fio (Tipler; Mosca, 2015).

A equação (15) representa as leis de ohm realizando substituições na equação (16) temos:

$$V = Ri \quad (17)$$

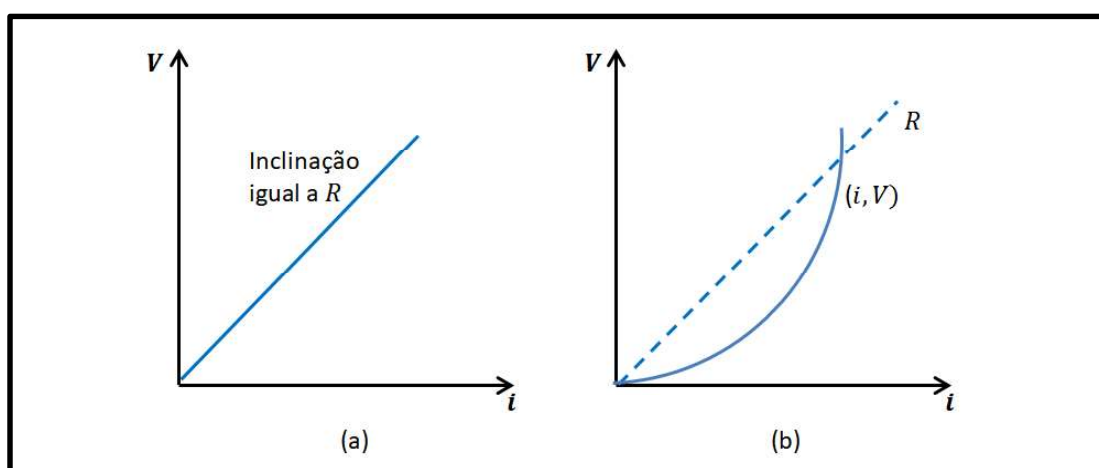
$$V = \left(\rho \frac{L}{S}\right)i \quad (18)$$

A unidade de medida da resistência chama-se ohm e é representada pela letra grega Ômega (Ω).

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

Para condutores que obedecem a lei de ohm da equação (17), diz ser condutor-ôhmico quando a tensão ou ddp varia linearmente com a corrente elétrica (Figura 6a) A lei de Ohm não é uma lei fundamental da natureza como as leis de Newton ou as leis da termodinâmica, trata-se de uma descrição experimental comum à vários dispositivos, quando em condições específicas (Tipler; Mosca, 2015). De fato, a resistência do material varia com a temperatura do condutor, como mostra a Figura 6b, a resistência prevista pela lei de ohm nesse caso continua a valer, sendo ele a inclinação da reta tangente a curva representada.

Figura 6 – Gráficos de V versus i . (a) queda de potencial proporcional a corrente elétrica. (b) Taxa de tensão não se mantém constante com a corrente



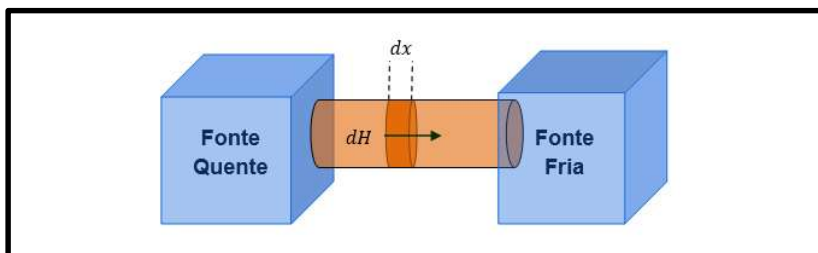
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 CONCEITO DE CORRENTE TÉRMICA

Considerando o bastão de seção transversal A maciço e uniforme, conforme a Figura 7. Quando mantém as extremidades do bastão em temperaturas diferentes, a energia será conduzida no bastão da extremidade quente para a mais fria. A taxa da

variação de temperatura ao longo da barra, dT/dx é chamada gradiente de temperatura. O termo dT é a diferença de temperatura ao longo de um segmento de comprimento dx . Se dH é a quantidade de energia transferida por calor conduzida através de uma seção reta durante um intervalo de tempo dt a razão dH/dt é chamada de corrente térmica (I) (Tipler; Mosca 2015)

Figura 7 – Representação da condução térmica em um material condutor



Fonte: Elaborado pelo autor.

$$I = \frac{dH}{dx} = kS \left(\frac{dT}{dx} \right) \quad (19)$$

onde k é a constante de proporcionalidade, chamada de condutividade térmica que depende do material. Reorganizando a equação (19), usando variação, obtemos uma relação da queda de temperatura versus corrente, uma vez que $|\Delta T|/kS$ é a resistência térmica R_t .

$$I = kS \left(\frac{\Delta T}{\Delta x} \right)$$

$$(I)\Delta x = kS\Delta T \Rightarrow \Delta T = (I) \frac{|\Delta T|}{kS}$$

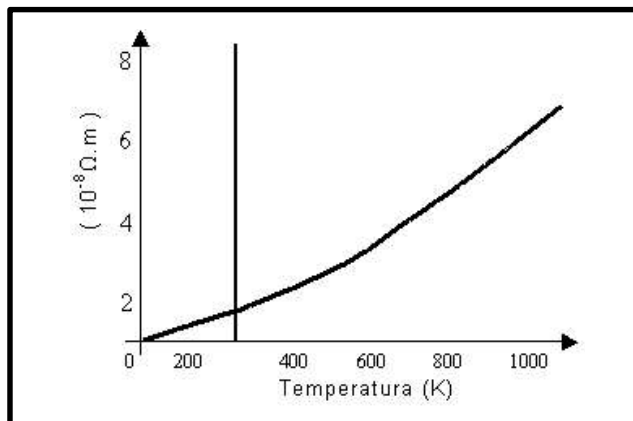
$$\Delta T = (I)R_t \quad (20)$$

Comparando as equações (17) e (20) percebemos que há uma relação entre a corrente elétrica e a temperatura. De modo que a ddp é a variação de temperatura e a constante de condutividade térmica está para a resistência do material, provando uma similaridade entre a condução elétrica e a condução de calor (Tipler; Mosca, 2009).

A resistividade de qualquer metal depende da temperatura, como exemplo a curva de resistividade versus temperatura para o cobre, mostrado na Figura 8,

sugere que o coeficiente de temperatura para a resistividade, α , é a variação da resistividade pela temperatura (Tipler; Mosca, 2009).

Figura 8 – Gráfico da curva de resistividade versus temperatura para o cobre



Fonte: Rosa (s/d).

O coeficiente α corresponde à inclinação da curva nessa região, ou seja, como a resistividade "cresce" com a temperatura (Tipler; Mosca, 2009).

$$\alpha = \frac{(\rho - \rho_0) / \rho_0}{T - T_0} \quad (21)$$

Em outras, a resistividade dos metais, como o cobre, aumenta com a elevação da temperatura, pois quanto maior a temperatura, maior será a resistividade do material. Esse comportamento decorre do fato de que o aumento térmico intensifica a agitação dos átomos na estrutura metálica, o que dificulta o movimento ordenado dos elétrons livres. Como consequência, há maior oposição ao fluxo de corrente elétrica, evidenciando a sensibilidade da resistividade à variação térmica.

3.4 ENERGIA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

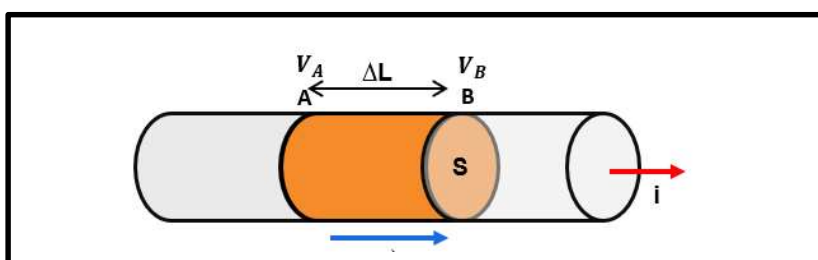
Em um fio condutor sobre uma diferença de potencial entre suas extremidades, o campo elétrico no interior do fio faz com que as cargas se movam. Assim parte da energia elétrica se dissipa em energia térmica, devido as interações entre os elétrons livres e os íons do material, esse fenômeno é conhecido como aquecimento joule. Essa grandeza física descreve, de forma geral, a taxa com que a energia elétrica é transferida ou convertida em outro tipo

de energia em um determinado intervalo de tempo (Nussenzveig, 2015). Sendo válida para qualquer tipo de energia, seja a transformação de energia mecânica em elétrica ou vice-versa. A unidade de medida de energia é expressa em joules (J) e o tempo em segundos (s), a unidade de medida para a potência é o watt (W) ($1\text{J/s} = 1\text{W}$).

$$P = \frac{\text{Energia}}{\Delta t} \quad (22)$$

Para analisar a taxa de dissipação da energia elétrica de um condutor, considere um segmento de um fio de comprimento L e seção transversal A mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Representação da diferença de energia potencial elétrica entre os pontos A e B em um fio percorrido por corrente elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor. (2025)

O fio conduz uma corrente estacionária, cujo valor é constante, orientada para a direita. Em um dado intervalo de tempo Δt , uma certa quantidade de carga se move para a direita, partindo de um ponto A com energia potencial elétrica ΔQV_A para um ponto B com energia potencial elétrica ΔQV_B , logo a variação resultante da variação de energia potencial elétrica da carga é:

$$\Delta U = \Delta QV_B - \Delta QV_A \quad (23)$$

Como o potencial em A é maior que em B, ou seja, $V_A > V_B$, representa uma perda na energia potencial. Fazendo $V_A - V_B = V$, é a queda potencial no segmento de fio na direção do sentido da corrente (Tipler; Mosca, 2009). Assim a taxa de perda de energia potencial, o sinal de menos no primeiro membro da equação representa a queda de energia pelo segmento do ponto A para o ponto B, é:

$$-\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot V \quad (24)$$

Fazendo Δt tender a zero, no limite:

$$-\frac{dU}{dt} = \frac{dH}{dt} V = IV \quad (25)$$

Pela equação (19), $\frac{dH}{dt} = I$ que é a corrente. A equação 25 demonstra uma relação entre a corrente elétrica e a diferença de potencial que comparando com a equação (19), percebemos que há uma assimilação entre a resistividade elétrica de um condutor e a dissipação de energia por um condutor (Tipler; Mosca, 2009).

A potência P para um condutor elétrico, representa a taxa com que a energia elétrica é transferida ou convertida em outro tipo de energia ($-\frac{dU}{dt}$). Para um dispositivo condutor elétrico ligado a uma fonte de energia elétrica, submetido a passagem de uma corrente elétrica, logo a taxa de dissipação da energia potencial elétrica:

$$P = iV \quad (26)$$

Considerando um condutor elétrico resistivo ao qual definimos e a resistência elétrica pelas leis de Ohm, substituindo a equação (17) na equação (26) obtém a potência elétrica com as características da diferença de potencial, da resistência do condutor e a corrente elétrica sobre o resistor (Tipler; Mosca, 2009).

$$P = i(Ri) = Ri^2 \quad (27)$$

$$P = \left(\frac{V}{R}\right)V = \frac{V^2}{R} \quad (28)$$

Em que as unidades de ddp está em volt e a corrente elétrica em ampère.

Uma carga elétrica no interior de um condutor, quando submetido a uma ddp entre suas extremidades, movimenta-se pelo circuito observando que a

energia se reduz. A redução de energia elétrica é convertida ao aquecimento do condutor, essa taxa de conversão da energia elétrica em outras formas de energia (mecânica, calor ou luz) é chamada de potência elétrica como demonstrado na equação (26) (Hewitt, 2015).

Se a ddp é expressa em volts e a corrente em ampère a unidade de potência elétrica é o watt (W) (Hewitt, 2015).

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ ampère.volt}$$

Como exemplo, uma lâmpada de 100 watts necessita de uma corrente de aproximadamente 0,8 A para ser ligado a uma tensão de 120 V. Já o consumo de energia elétrica dessa lâmpada considera o tempo para o seu funcionamento, na mecânica, a potência é a razão da quantidade de trabalho pelo intervalo de tempo, de forma que a potência é a taxa da transferência de energia por intervalo de tempo (Hewitt, 2015).

Assim a unidade de potência elétrica é definida pela unidade de energia (joule) por unidade de tempo, devido à grandeza, por exemplo a hora, torna-se o quilowatts-hora (kWh). Portanto, essa é a taxa de consumo de energia elétrica dos dispositivos e aparelhos eletrônicos.

Para um forno elétrico operando na temperatura máxima, a potência de 3.000 W que ficou ligado por 45 minutos, a energia dissipada para seu funcionamento foi de $E = 3.000 \cdot \frac{40}{60} = 3.000 \cdot 0,75 = 2.250 \text{ Wh} = 2,250 \text{ kWh}$, para um município no qual a empresa de funcionamento de energia elétrica cobre R\$ 0,75 por kWh, o custo será de $2,250 \cdot 0,75 = \text{R\$}1,687$, aproximadamente R\$ 1,69.

4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO E METODOLOGIA

A implementação de uma sequência didática fundamentada na aprendizagem significativa requer a articulação entre diferentes estratégias e recursos pedagógicos, selecionados de acordo com os objetivos de aprendizagem e com as necessidades identificadas ao longo do processo educativo. Nesse sentido, os recursos utilizados nesta pesquisa não foram compreendidos como elementos isolados ou meramente auxiliares, mas como componentes integrados da proposta didática, desempenhando diferentes funções no desenvolvimento e no acompanhamento da aprendizagem dos estudantes. A experimentação e as simulações computacionais foram empregadas como estratégias para favorecer a observação, a investigação e a construção de relações entre os fenômenos físicos e os conceitos científicos, enquanto o Plickers, articulado aos instrumentos de avaliação diagnóstica e formativa, possibilitou o acompanhamento das respostas dos estudantes e a identificação de conhecimentos e dificuldades ao longo do processo. A seguir, são apresentados os fundamentos e as formas de utilização desses recursos no desenvolvimento da sequência didática.

4.1 ESTUDO DE REVISÃO

A partir do levantamento no banco de teses e dissertações da CAPES como filtro adotando o programa de pós-graduação em Ensino de Física, ao pesquisar os termos “avaliação do ENEM” remeteu a nenhum trabalho submetido, usando o termo “Exame Nacional do Ensino Médio” apareceu um único trabalho intitulado “Uma análise do desempenho dos estudantes no exame nacional do ensino médio e as contribuições para o ensino-aprendizagem de física” defendida 2016 na UFJF da autoria de Pablo Rafael De Oliveira Carlos que traz uma abordagem de análise dos resultados dos estudantes a nível nacional de acordo com a Teoria de Resposta ao Item pode demonstrar as maiores fragilidades do ensino de física (Carlos, 2016).

Continuando a pesquisa somente com o termo “ENEM” foram localizados quatro trabalhos. Um deles, o “Guia de Elaboração de Itens no Ensino de Física: Entendendo o ENEM e a Teoria de Resposta ao Item”, apresenta como a pontuação é feita para avaliar as respostas dos candidatos e de que forma os conteúdos deveriam ser apresentados para o aluno segundo o ENEM. Tencionando o levantamento com o termo “avaliação” surgiram dezenas de trabalho em destaque para o trabalho intitulado “Avaliação formativa sobre energia: uma proposta de sequência didática utilizando o aplicativo *Plickers*” da autoria de Felipe Gonçalves Pereira defendida em 2021 na UFJF. Esse trabalho é o único dos listados que apresenta uma análise das respostas das questões de vestibular, que integram o que pode levar o aluno ao acerto

e conseqüentemente ao erro. Que aborda uma investigação das respostas dos alunos por item das questões sobre energia mecânica no processo seletivo para o Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais. Para isso, foi aplicado uma Sequência Didática para o ensino de Energia mecânica com o experimento bate-estaca, com finalidade de apresentar e ampliar os conhecimentos acerca do assunto. Para avaliar a aprendizagem dos estudantes, adotou-se o aplicativo “*Plickers*” como recurso para uma visualização rápida das respostas, e assim diagnosticar os motivos que conduziram os alunos ao acerto ou erro (Pereira, 2021).

Atribuindo o termo “Eletrodinâmica” na plataforma de buscas, todos os trabalhos apresentados tratam de aplicações de produtos por aparatos experimentais e simuladores, fugindo do campo de avaliação. Em uma pesquisa com os termos “banco de questões” não possui nenhum trabalho publicado. De forma que percebemos lacunas em diversos temas apresentados, onde existe uma falta de ligação entre os conteúdos de Física com os meios avaliativos e ainda distantes ao ENEM, no qual não possui trabalhos que faça uma relação entre esses campos.

Aprimorando a pesquisa para termos como “Potência elétrica”, “consumo de energia” e “efeito Joule” foram apresentados um total de 9 Trabalhos, na plataforma de busca do portal da CAPES, destacando os que mais se aproximam do produto educacional com modelos de Sequências Didáticas e a experimentação como recurso metodológico, vistos que este trabalho visa articular metodologias ativas para propor uma aprendizagem significativa ao aluno, como representado no Quadro 2.

Quadro 2 – Lista de Dissertações sobre a temática Consumo de Energia Elétrica

Autor	Dissertação	Instituição
Azevedo (2021)	Uma Sequência Didática para o ensino do tema: “Produção e Consumo de Energia Elétrica”	UFSCAR
Cavalcante (2022)	Desenvolvimento e aplicação de um kit didático para análise de Consumo de Energia Elétrica em eletrodomésticos	UNIFESSPA
Pittner (2022)	Estudo de uma UEPS sobre transformação de energia elétrica, utilizando Efeito Joule, efeito Peltier e Indução Eletromagnética	UTFPR
Santos (2022)	Proposta de Ensino dos conceitos de Corrente Elétrica, Resistência Elétrica e Potência Elétrica na educação básica mediada por uma Sequência de Ensino Investigativa	UFPI

Fonte: Elaborado pelo autor.

O trabalho de Santos (2022) tem como objetivo a produção de uma Sequência Didática com foco na representação de circuitos elétricos com apoio de experimento com acendimento de lâmpadas para observar a relação da potência elétrica e resistência elétrica. O trabalho discorre de forma qualitativa, sem resolução de

problemas matemáticos em que os dados foram adquiridos por meio do diário de campo com as anotações das respostas dos estudantes. Azevedo (2021) apresentou uma sequência didática também de cunho conceitual, propondo como atividade o caminho percorrido pela energia elétrica até a casa do estudante partindo de uma atividade de Júri Simulado para articular o conhecimento dos alunos. Como avaliação da aprendizagem adotou os mapas conceituais para que assim pudessem descrever as transformações de energia desde as usinas de energia ao uso doméstico da energia elétrica.

Na dissertação de Cavalcante (2022) é apresentada uma SD para o ensino do consumo de energia elétrica por meio de aparato que consegue identificar as grandezas físicas relacionadas, como corrente elétrica, potência dissipada, tensão e resistência dos eletrodomésticos. A abordagem teórica do trabalho é pautada na teoria socioconstrutivista de Vygotsky e os três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti, as quais articulam a interação social dos alunos ao trazerem equipamentos elétricos de suas residências para realizar a experimentação e com isso realizar o cálculo de consumo de energia elétrica, comparando o consumo e o valor cobrado nas contas de energia elétrica. Diante disso, certificou que os objetivos do produto educacional atingiram a reflexão consciente do uso da energia e o valor associado, promovendo um olhar mais criterioso para as questões ambientais tanto para a economia de energia elétrica quanto para as formas menos impactantes para natureza. Os meios avaliativos contaram com as respostas dos questionários e roteiros experimentais, seguido de duas apresentações através de slide, divididos por grupos onde um grupo explicou sobre os cálculos para calcular o consumo de energia elétrica de um eletrodoméstico e outro grupo trouxe a explicação dos dados das contas de energia elétrica, como, impostos, tarifas, consumo mensal. E a segunda, a explicação dos infográficos criado por cada grupo com os dados do equipamento elétrico utilizado na atividade experimental.

Por sua vez, que no trabalho de Pittner (2022) há uma relação entre a energia elétrica e suas transformações nos fenômenos do Efeito Joule, Efeito Peltier e a Indução Magnética. Para isso foi elaborado uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, que inicialmente apresenta os temas com um vídeo sobre o uso eficiente da Energia Elétrica intitulado “Turminha da Eletro em: Uso Eficiente da Energia Elétrica”. Logo após foi realizado o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos por meio de um questionário, caracterizando uma avaliação diagnóstica. Em uma outra aula, foi apresentado outro vídeo motivador: “Consumo consciente de energia: A turma do instituto Alexa”. Em seguida, a exposição inicial dos conceitos por slides e a apresentação da atividade situação problema. Posteriormente, dedicou três

aulas para a realização de três experimentos, uma aula para cada fenômeno em estudo, seguindo um relatório com perguntas que caminhassem o aluno para refletir a respeito dos conceitos abordados. Em seguida, mais três aulas para questionar as repostas dos alunos nos roteiros de experimentação e a correção coletiva. Para avaliar o processo de aprendizagem optou por três etapas: participação de forma oral e escrita dos questionários e da atividade prática e por meio do mapa conceitual. Por fim, a avaliação da UEPS foi realizada através da análise de todo o trabalho, observando se houve indicativos de uma aprendizagem significativa.

Esses trabalhos investigam o ensino de conteúdos relacionados à energia elétrica na educação básica por meio de propostas didáticas que valorizam a contextualização, a experimentação e metodologias ativas. Em conjunto, esses estudos evidenciam uma convergência teórica e metodológica em torno da valorização da experimentação, da contextualização e de estratégias investigativas no ensino de energia elétrica. Tais pesquisas sustentam a relevância de propostas didáticas que integrem teoria e prática, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa e para o desenvolvimento de uma compreensão crítica dos fenômenos elétricos na educação básica.

4.2 METODOLOGIA E RECURSO

A pesquisa qualitativa busca compreender os fenômenos educacionais em seus contextos naturais, valorizando os significados atribuídos pelos sujeitos às práticas pedagógicas e às interações no processo de ensino e aprendizagem. No âmbito do Ensino de Ciências, essa abordagem mostra-se adequada para a análise de estratégias didáticas, como as sequências didáticas, por envolverem processos complexos de mediação e construção do conhecimento. Conforme Chizzotti (2006), o conhecimento é produzido na interação entre os sujeitos e a realidade investigada, cabendo ao pesquisador papel central na interpretação dos dados, como destacam Bogdan e Biklen (1994). Nesse sentido, a utilização de uma sequência didática possibilita acompanhar de forma processual a aprendizagem dos estudantes, em consonância com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, ao considerar a relação entre novos conhecimentos e os saberes prévios dos alunos.

4.2.1 EXPERIMENTAÇÃO

A experimentação no ensino de Física, no contexto da Educação Básica, constitui uma estratégia pedagógica fundamental para a construção do conhecimento científico, na medida em que possibilita aos estudantes a

observação de fenômenos, a formulação de hipóteses, a análise de resultados e a articulação entre teoria e prática. Conforme destacam Gaspar (2009) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), a atividade experimental, quando planejada de forma intencional, deixa de assumir um caráter meramente demonstrativo ou de verificação de leis previamente apresentadas, passando a atuar como mediadora do processo de ensino-aprendizagem.

Nessa perspectiva, a experimentação favorece a mobilização de conhecimentos prévios, o desenvolvimento da argumentação e a construção de explicações para os fenômenos físicos observados. Inseridas em uma sequência didática, as atividades experimentais passam a estruturar o percurso de aprendizagem, contribuindo para a atribuição de significados aos conceitos trabalhados.

Essa compreensão dialoga com a perspectiva da aprendizagem significativa, discutida por Moreira (2011), segundo a qual a aprendizagem ocorre de forma mais efetiva quando novos conhecimentos se relacionam de maneira substantiva e não arbitrária aos saberes já existentes na estrutura cognitiva do estudante. Nesse sentido, a experimentação, ao promover situações concretas de investigação, favorece a construção de relações entre o fenômeno físico, sua representação teórica e o contexto vivenciado pelos alunos.

De forma complementar às atividades experimentais, o uso da simulação computacional apresenta-se como um recurso didático relevante no ensino de Física. De acordo com Medeiros e Medeiros (2002), as simulações permitem a visualização de fenômenos idealizados, a manipulação de variáveis e a exploração de situações que, muitas vezes, não podem ser plenamente reproduzidas no ambiente escolar, seja por limitações de tempo, infraestrutura ou segurança. Quando integradas a uma sequência didática, as simulações contribuem para a compreensão conceitual e para o aprofundamento das discussões iniciadas a partir da experimentação concreta.

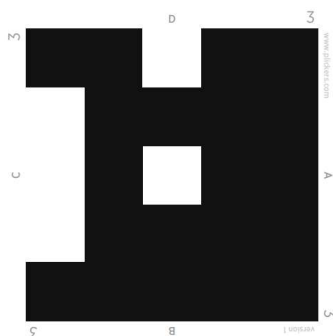
Soares-Leite e Nascimento-Ribeiro (2012) destacam que a utilização articulada de diferentes recursos didáticos, como experimentos e simulações computacionais, amplia as possibilidades de aprendizagem, desde que tais recursos estejam alinhados aos objetivos pedagógicos. Dessa forma, a simulação computacional não substitui a experimentação, mas potencializa seu papel, favorecendo a construção do conhecimento científico ao permitir que os estudantes transitem entre o fenômeno real, sua modelagem teórica e sua representação computacional.

4.2.2 PLICKERS

O Plickers pode ser compreendido como uma ferramenta digital de verificação que possibilita ao professor obter, de forma imediata, informações sobre as respostas dos estudantes a questões objetivas. Sua utilização ocorre por meio de um computador ou equipamento multimídia para exibição das perguntas, cartões de resposta impressos e um dispositivo móvel, geralmente o próprio celular do professor, responsável pela leitura das respostas.

O funcionamento do aplicativo baseia-se na distribuição de cartões individuais aos estudantes, cada um contendo um código gráfico único associado a um número previamente vinculado à lista da turma. Esse código permite identificar simultaneamente o estudante e a alternativa escolhida, a partir da orientação do cartão no momento da resposta. A Figura 10 ilustra o card utilizado para coletar as respostas. Após a apresentação da questão, os alunos posicionam seus cartões de acordo com a alternativa selecionada e o professor realiza a leitura das respostas utilizando a câmera do dispositivo móvel.

Figura 10 – Modelo do Cartão disponibilizado na plataforma Plickers



Fonte: Plickers (2026)

O aplicativo reconhece automaticamente as respostas durante a leitura/varredura e fornece, em tempo real, dados individuais e coletivos, como as taxas de acerto e erro, além de gráficos que ajudam a visualizar o desempenho da classe. Essas informações permitem que o docente monitore sinais de compreensão dos alunos em relação ao conteúdo abordado, facilitando intervenções pedagógicas imediatas, como a revisão de conceitos ou a reestruturação das atividades sugeridas.

Apesar de suas potencialidades, o Plickers não deve ser compreendido como uma solução universal para processos avaliativos ou como garantia de aprendizagem. Trata-se de um recurso didático que, como outros instrumentos de avaliação, apresenta limitações. Entre elas, destacamos a restrição no número de caracteres para a elaboração das questões e alternativas, bem como a ausência de ferramentas específicas para a inserção de símbolos matemáticos e fórmulas. Tais limitações podem ser contornadas por meio do uso de imagens ou da complementação das questões com materiais impressos, desde que essas estratégias estejam alinhadas

aos objetivos pedagógicos.

Dessa forma, o Plickers configura-se como uma ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem, cujo uso consciente e planejado pode contribuir para a avaliação formativa e para a análise de indícios de aprendizagem, sem substituir outras práticas avaliativas ou metodológicas desenvolvidas em sala de aula.

4.2.3 PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

Com base nas concepções de avaliação discutidas no Capítulo 2 (Avaliação), as atividades avaliativas desenvolvidas nesta pesquisa foram organizadas de modo a contemplar diferentes funções da avaliação no processo de ensino-aprendizagem. Nesse contexto, adotamos o pré-teste e o pós-teste como instrumentos de avaliação da aprendizagem, cada um com finalidades pedagógicas específicas.

O pré-teste foi utilizado como uma avaliação diagnóstica, conforme caracterizada por Turra et al. (1998) e Hadji (2001), tendo como objetivo identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do conteúdo trabalhado. Esses conhecimentos prévios, compreendidos na perspectiva da Aprendizagem Significativa como subsunçores, constituem o ponto de partida para a construção de novos significados. Assim, o pré-teste permitiu identificar não apenas o nível inicial de domínio conceitual dos alunos, mas também suas dificuldades e possíveis lacunas conceituais, possibilitando orientar o planejamento das intervenções didáticas realizada ao longo da SD.

O pós-teste, por sua vez, foi utilizado como instrumento de avaliação formativa, uma vez que seus resultados não se limitaram à constatação do desempenho final dos estudantes. Após sua implementação, realizamos a revisão das questões, favorecendo a análise dos erros e acertos, em consonância com a concepção de avaliação defendida por Luckesi (2014), segundo a qual avaliar implica interpretar resultados e tomar decisões pedagógicas. Dessa forma, o pós-teste contribuiu para a regulação do processo de ensino-aprendizagem, permitindo refletir sobre os avanços alcançados e as dificuldades ainda presentes.

Utilizamos as mesmas questões no pré-teste e no pós-teste, em momentos distintos do processo de ensino. Essa ação teve como finalidade garantir maior consistência na análise dos resultados, uma vez que possibilita comparar as mudanças no desempenho dos estudantes antes e após o desenvolvimento das atividades propostas e as intervenções da SD.

Nesse sentido, a avaliação adotada nesta pesquisa não se restringiu à verificação de resultados, mas integrou o processo educativo, orientando intervenções pedagógicas e favorecendo a aprendizagem. O uso articulado do pré-teste e do pós-

teste reforça a compreensão da avaliação como prática diagnóstica e formativa, alinhada a uma perspectiva pedagógica que valoriza o processo de construção do conhecimento.

4.3 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional foi implementado em uma turma da terceira série do Ensino Médio em Tempo Integral (EMTI), composta inicialmente por 20 estudantes, com idades entre 16 e 18 anos, matriculados em uma escola pública da rede estadual de ensino, localizada no município de Cataguases, Minas Gerais. A escola na qual o produto educacional foi implementado está localizada na região central do município, em uma área caracterizada por relativa tranquilidade e pela proximidade com diferentes espaços e serviços da cidade. No contexto local, a instituição é reconhecida pela comunidade como uma referência na oferta do Ensino Médio, tanto em razão de sua trajetória histórica quanto pela relação estabelecida, ao longo dos anos, com as famílias e com a comunidade escolar.

Uma característica marcante da instituição é a existência de relações de proximidade entre os profissionais da educação, os estudantes e suas famílias. Parte significativa dos servidores possui vínculos ou relações de conhecimento com famílias que, há várias gerações, mantêm contato com a escola. Além disso, é comum que estudantes sejam filhos ou familiares de antigos alunos da instituição, o que contribui para a construção de uma relação de continuidade entre diferentes gerações da comunidade escolar. Nesse contexto, a escola ocupa um lugar de referência para muitas famílias, que mantêm uma relação histórica com a instituição e, em alguns casos, incentivam os estudantes a seguir trajetórias educacionais semelhantes às de seus familiares. De modo geral, os estudantes eram provenientes de famílias de classe média, embora existissem diferenças entre as condições socioeconômicas e as realidades familiares dos estudantes.

A sequência didática ocorreu ao longo de três semanas, totalizando dez aulas de 50 minutos. Embora a turma fosse composta por 20 estudantes, a participação nas diferentes etapas da pesquisa apresentou variações em razão da frequência escolar. Dessa forma, 12 estudantes participaram do pré-teste e 14 do pós-teste, sendo que 10 estudantes participaram de ambos os instrumentos. Essa variação na participação foi considerada na análise dos resultados, especialmente nas comparações entre os conhecimentos apresentados pelos estudantes antes e após o desenvolvimento da sequência didática.

Outro aspecto relevante para a caracterização da turma refere-se ao interesse demonstrado pelos estudantes em relação ao Exame Nacional do Ensino Médio

(ENEM) e ao prosseguimento dos estudos após a conclusão da Educação Básica. A partir da convivência com a turma e das interações estabelecidas ao longo dos anos anteriores do Ensino Médio, foi possível perceber que muitos estudantes manifestavam interesse em participar do ENEM como forma de acesso ao Ensino Superior, especialmente por meio do Sistema de Seleção Unificada (SISU), que possibilita o ingresso em instituições públicas de Ensino Superior. Além disso, alguns estudantes demonstravam interesse em utilizar o desempenho obtido no exame para obter descontos ou bolsas em instituições privadas de Ensino Superior da região que adotam programas de valorização da nota do ENEM.

Em razão desse interesse manifestado pelos estudantes, durante as etapas anteriores do Ensino Médio foram desenvolvidas atividades que envolviam a resolução e a discussão de questões do ENEM. Essa prática foi incorporada às atividades pedagógicas ao longo da formação dos estudantes, de modo que, no momento da aplicação da sequência didática, a turma já possuía familiaridade com a estrutura, a linguagem e o formato das questões do exame. Assim, a utilização de questões do ENEM na sequência didática não representou uma experiência completamente nova para os estudantes, mas deu continuidade a uma prática pedagógica com a qual eles já estavam habituados.

Essa característica da turma é particularmente relevante para a compreensão do contexto da pesquisa, uma vez que a sequência didática foi elaborada a partir da utilização de questões do ENEM como situações-problema para o desenvolvimento dos conteúdos relacionados à potência elétrica e ao consumo de energia. A familiaridade prévia dos estudantes com esse tipo de questão possibilitou que o trabalho desenvolvido se concentrasse, principalmente, na análise dos fenômenos físicos, na mobilização dos conceitos e na construção de estratégias para a resolução dos problemas, sem que a estrutura característica das questões do exame constituísse, por si só, uma dificuldade adicional significativa.

A sequência didática foi organizada em 10 aulas de 50 minutos, distribuídas ao longo de três semanas do quarto bimestre letivo, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Organização geral da SD

Aulas	Objetivos	Atividade/Metodologia	Recursos
1	Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes (pré-teste)	Aplicação do Questionário (pré-teste) utilizando a ferramenta Plickers e as questões do banco	Projeto, notebook, Banco de questões e aplicativo Plickers.
2	Conceituar potência elétrica	Explicação do conceito de Potência e transformação de energia por <i>slide</i> e a simulação “Formas de Energia e Transformações” (PHET).	Projeto, notebook, aparelhos celulares, lousa, atividade impressa, simulador.

3	Enunciar o conceito de consumo de energia elétrica; Relacionar o consumo de energia elétrica com potência elétrica;	Explicação sobre o consumo de energia. Breve discussão a respeito da unidade, correspondência com os valores cobrados na conta de luz.	Projektor, notebook, quadro e giz, atividade impressa, slide.
4	Esclarecer a relação de potência e resistência	Explicação da Relação de Potência elétrica e Resistência	Quadro e giz, projetor, notebook, material impresso – lista de exercícios.
5	Discutir os conceitos relacionados com potência e energia durante os exercícios.	Exercícios de Preparação	Quadro e giz, projetor, notebook, material impresso – lista de exercícios.
6	Interpretar a relação entre resistência elétrica e aquecimento da água. Utilizar as fórmulas de potência e energia elétrica para analisar o experimento.	Realização das atividades Experimentais: 1: Efeito Joule com palha de aço; e 2: Quem aquece mais;	Quadro e giz, Projektor, notebook, material impresso, materiais das atividades experimentais.
7	Identificar a relação da potência elétrica com resistência e o brilho da lâmpada.	Realização da atividade experimental (Roteirizada/investigativa) 3: Brilho das lâmpadas.	Sala de informática. Simulador.
8	Avaliar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes. Aplicar o “pós-teste” utilizando a ferramenta Plickers.	Reaplicação do Teste – Parte 1 do banco de questões/itens do ENEM.	Projektor, notebook, Banco de Questões e Aplicativo Plickers.
9	Avaliar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes. Aplicar o “pós-teste” utilizando a ferramenta Plickers.	Reaplicação do Teste – Parte 2 do banco de questões/itens do ENEM.	Projektor, notebook, Banco de questões e aplicativo Plickers.
10	Revisar os conceitos perante resultados no pós-teste.	Resolução dos exercícios do banco de questões que tiveram maior percentual de erro.	Projektor, notebook, Banco de questões, aplicativo Plickers, quadro e giz.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As atividades desenvolvidas, a metodologia adotada e os recursos utilizados ao longo da sequência didática estão descritos e organizados no Anexo 1 (SD). Nesse anexo, são apresentados os objetivos de cada aula, as estratégias de intervenções propostas e os recursos empregados, possibilitando uma visualização clara da

estrutura da sequência didática, bem como da progressão dos conteúdos e das atividades ao longo do processo de ensino e aprendizagem.

Inicialmente, o projeto previa a participação de aproximadamente 20 estudantes. Contudo, para fins de análise, foram considerados apenas 10 alunos que participaram de todas as etapas da sequência didática, incluindo o pré-teste e do pós-teste. Essa delimitação dos sujeitos da pesquisa ocorreu em função da frequência dos estudantes, uma vez que esses alunos estiveram presentes em ambas as aplicações dos instrumentos avaliativos. A fim de preservar a identidade dos participantes da pesquisa, os nomes dos estudantes foram mantidos em sigilo e substituídos por nomes fictícios durante a apresentação e a análise dos resultados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados e a discussão decorrentes da análise dos dados produzidos ao longo da pesquisa. A análise foi realizada à luz dos pressupostos da Análise de Conteúdo, conforme Bardin (2016), possibilitando a organização, a categorização e a interpretação do material empírico. Com base no referencial teórico da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e nos objetivos da pesquisa, foram definidas as categorias analíticas “subsunçores”, “interpretação das questões” e “diferenciação progressiva”. Adicionalmente, foram analisados os distratores presentes nos itens avaliativos, com o objetivo de identificar erros conceituais e dificuldades recorrentes manifestadas pelos estudantes. Esses procedimentos permitiram compreender como os alunos mobilizaram conhecimentos prévios, interpretaram os enunciados e estabeleceram relações entre os conceitos trabalhados, sendo os resultados apresentados em articulação com o referencial teórico adotado.

Abaixo seguem as questões com o descritor (alternativa correta) em negrito. Em sequência a análise dos resultados no pré-teste e pós teste reforçados pelas atividades desenvolvidas na SD.

Questão 1: Questão 59 ENEM 2016 Caderno Amarelo

A usina de Itaipu é uma das maiores hidrelétricas do mundo em geração de energia. Com 20 unidades geradoras e 14 000 MW de potência total instalada, apresenta uma queda de 118,4 m e vazão nominal de 690 m³/s por unidade geradora. O cálculo da potência teórica leva em conta a altura da massa de água represada pela barragem, a gravidade local (10 m/s²) e a densidade da água (1 000 kg/m³). A diferença entre a potência teórica e a instalada é a potência não aproveitada.

Disponível em: www.itaipu.gov.br. Acesso em: 11 maio 2013

(adaptado)

Qual é a potência, em MW, não aproveitada em cada unidade geradora de Itaipu?

- a) 0
- b) 1,18
- c) 116,96**
- d) 816,96

Essa questão aborda o cálculo da potência elétrica não aproveitada em uma unidade geradora da Usina Hidrelétrica de Itaipu, articulando conceitos de energia potencial gravitacional, vazão, densidade da água e interpretação das

grandezas físicas envolvidas na geração de energia elétrica e mudanças de unidade de medida.

Na primeira aplicação do teste, 6 dos estudantes assinalaram a alternativa correta (C). As alternativas incorretas distribuíram-se da seguinte forma: 2 estudantes escolheram a alternativa B, 1 a alternativa D e 1 a alternativa A. Esse resultado inicial indica que mais da metade dos alunos possuíam conhecimentos prévios adequados para a resolução da questão, embora uma parcela significativa ainda apresentasse dificuldade conceituais e interpretativas, visto das respostas obtidas nos momentos pré-teste e pós-teste.

Após a implementação da SD, no pós-teste, 6 estudantes marcaram a alternativa correta. Observamos, portanto, que o resultado de acerto se manteve constante entre o pré-teste e pós teste, o que significa que esses alunos foram capazes de resolver corretamente a situação-problema. Enquanto a alternativa incorreta mais recorrente nas duas aplicações foi a alternativa D, que houve redução (de 2 para 1 estudante). Esse distrator corresponde à potência total da queda d'água e mostra que o aluno conseguiu realizar o cálculo da potência, mas não associou a potência dissipada com a potência útil fornecida pelas unidades geradores.

Por outro lado, a alternativa B subiu para 2 marcações o que revela que os estudantes podem ter cometido erro de interpretação do problema. A alternativa A manteve o número de marcação, indicando que o estudante ainda não compreendeu que há dissipação da potência total, levando-o a acreditar que a potência dissipada é igual a zero.

Diante de uma análise mais aprofundada, observamos no Quadro 4 que, dos seis alunos que marcaram a alternativa correta no pré-teste, dois optaram por outras alternativas no pós-teste. Os alunos Ângela e Ricardo marcaram as alternativas D e B, respectivamente. A análise dos distratores escolhidos sugere que pela opção de Ângela que a aluna não identificou corretamente a altura da barragem, o que levou ao erro no cálculo da potência útil. Já a escolha da alternativa B por Ricardo sugere que ele possivelmente confundiu a potência útil com a energia total do sistema. O acerto no pré-teste indica aleatoriedade na resposta ou escolha por alternativa mais óbvias.

Quadro 4 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 1 (pré e pós-teste)

Alunos	Pré-teste	Pós-teste
Ângela	C	D
Fernando	C	C
Rodrigo	C	C
José	C	C
Mariana	C	C
Patrícia	D	C
Renata	D	C
Roberto	B	B
Ricardo	C	B
Augusto	A	A

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como evidência das progressões ocorridas, destacamos as alunas Patrícia e Renata que, no pré-teste, haviam escolhido o distrator B e, no pós-teste, passaram a assinalar a alternativa correta. Esse movimento indica uma mudança significativa em suas respostas, sugerindo que ambas superaram o erro de interpretação relacionado à leitura da altura da barragem, de acordo com o que foi observado nas justificativas das alternativas das questões no anexo da aula 10. Assim, observamos um deslocamento cognitivo em relação ao distrator B, evidenciando um processo de ressignificação ao estabelecerem corretamente os parâmetros envolvidos na situação analisada.

Ao rever as atividades da SD, das atividades realizadas em sala de aula, a Atividade 3: “exercícios de preparação” no exercício número 3, relaciona os conceitos de eletricidade com energia mecânica.

Exercícios 3: (PISM-UFJF 2023) Em um resistor há a transformação de energia elétrica em energia térmica; já em um motor elétrico há a conversão também de energia elétrica em energia térmica e principalmente em energia mecânica. Motores elétricos acionam aparelhos domésticos como liquidificadores, aspiradores, máquinas de lavar, etc. Um exemplo de motor elétrico que pode trazer vários benefícios por ser menos poluente e mais silencioso é o do carro elétrico. Na maioria desses motores há plaquinhas com informações sobre alguns valores específicos do aparelho; dois desses valores são a potência elétrica e a tensão na qual deverá ser ligado o aparelho. Sabendo que para um determinado motor esses valores são de 1100 W e 110 V, respectivamente:

A) Determine a corrente que irá passar pelo motor.

B) Se 20% da energia elétrica é transformada em energia térmica, calcule a resistência interna do motor.

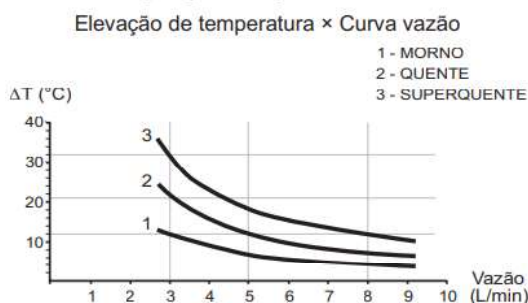
C) Supondo que o motor fique ligado durante 1h, determine o valor da energia que será transformada em energia mecânica (mais especificamente energia cinética).

Embora não seja uma proposta muito próxima da questão 1 dos testes, ela promove o mesmo raciocínio ao tratar a distinção entre potência total fornecida ao sistema e a potência útil, evidenciando as perdas energéticas típicas dos processos de conversão de energia. Sob a perspectiva da aprendizagem significativa, tais atividades podem contribuir para a ampliação e reorganização dos subsunçores dos estudantes, favorecendo a diferenciação progressiva dos conceitos envolvidos.

Questão 2: Questão 134 ENEM 2017 Caderno Azul

No manual fornecido pelo fabricante de uma ducha elétrica de 220 V é apresentado um gráfico com a variação da temperatura da água em função da vazão para três condições (morno, quente e superquente). Na condição superquente, a potência dissipada é de 6 500 W. Considere o calor específico da água igual a 4 200 J/(kg °C) e densidade da água igual a 1 kg/L.

Figura 11 – Gráfico da variação de temperatura em função da vazão



Fonte: ENEM MEC

Com base nas informações dadas, a potência na condição morno corresponde a que fração da potência na condição superquente?

- a) 5/8
- b) 1/5
- c) 3/5
- d) 3/8

A questão pede a razão entre as potências elétricas do chuveiro para as condições morno e superquente. O exercício exige interpretação do gráfico da variação de temperatura versus vazão (L/min) com as curvas características para cada uma das três condições do chuveiro (morno, quente e superquente) dialogando com as características elétricas e com o conceito de calor.

No primeiro teste, 3 alunos marcaram a alternativa correta (D), 5 alunos marcaram a alternativa B e as alternativas C e A, 1 estudante cada. Observamos que 30% dos estudantes possuíam conhecimentos prévios para responder à questão; em contrapartida, no segundo teste 9 alunos responderam a resposta correta e apenas um aluno que não marcou a questão. A análise das respostas no pré-teste indica que a maioria dos estudantes (70%) não via a necessidade de estabelecer um valor fixo de vazão para identificar as grandezas para comparar as potências dissipadas pelo chuveiro. Compreendemos que os estudantes optaram por estratégias pouco convenientes para o problema, como razão entre temperatura ou regra de três sem fundamento conceitual.

No pré-teste, os alunos Ângela, José, Mariana, Renata e Ricardo optaram pela alternativa B, enquanto Rodrigo e Patrícia marcaram, respectivamente, as alternativas C e A. Observamos que, no pós-teste, houve predominância do descritor correspondente à resposta correta, indicando que mais de 90% da turma obteve êxito na resolução da questão. O Quadro 5 apresenta as respostas dos alunos para a questão. Ressaltamos, contudo, que uma aluna, Patrícia, esqueceu de levantar o cartão de resposta, motivo pelo qual sua resposta não foi contabilizada.

Quadro 5 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 2 (pré e pós-teste)

Alunos	Pré-teste	Pós-teste
Ângela	B	D
Fernando	D	D
Rodrigo	C	D
José	B	D
Mariana	B	D
Patrícia	A	-
Renata	B	D
Roberto	D	D
Ricardo	B	D
Augusto	D	D

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise das alternativas incorretas permite inferir possíveis estratégias de resolução adotadas pelos estudantes no pré-teste. A alternativa A pode indicar que alguns alunos interpretaram equivocadamente a potência

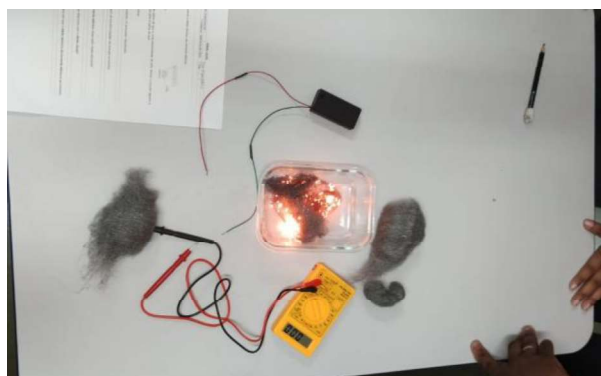
dissipada, considerando um valor aproximadamente duas vezes menor que o indicado no enunciado, o que levou à redução proporcional da vazão mássica calculada. Já a alternativa B sugere que os estudantes utilizaram corretamente a relação entre potência térmica e calor, porém adotaram uma potência de 1,0 MW, possivelmente desconsiderando as condições técnicas descritas no problema. A alternativa D, por sua vez, pode estar associada à interpretação inadequada da variação de temperatura da água, indicando que alguns estudantes utilizaram $\Delta T = 2^\circ\text{C}$ em vez do valor máximo permitido de 3°C . Dessa forma, observamos que os erros cometidos pelos alunos não parecem decorrer apenas de dificuldades algébricas, mas principalmente da interpretação das informações físicas presentes no enunciado, especialmente no que se refere à identificação das grandezas relevantes e às condições impostas ao sistema de arrefecimento.

No pós-teste, houve a predominância na alternativa correta (D) o que sugere modificação dos conceitos. Na SD, o exercício 6 da atividade 3, “exercícios de preparação” discute as relações entre quantidade de calor com energia, associando a dissipação de potência elétrica. Também associamos à atividade experimental da aula 6, “efeito Joule e potência elétrica”, como ilustra a Figura 12.

Exercício 6: (ENEM 2017 PPL – Adaptada). As especificações de um chuveiro elétrico são: potência de 4.000 W, consumo máximo mensal de 21,6 kWh e vazão máxima de 3 L/min. Em um mês, durante os banhos, esse chuveiro foi usado com vazão máxima, consumindo o valor máximo de energia especificado. O calor específico da água é de $4.200 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ e sua densidade é igual a 1 kg/L .

Qual a variação da temperatura da água usada nesses banhos?

Figura 12 – Atividade Experimental da aula 6: Efeito Joule e potência elétrica



Fonte: Acervo pessoal

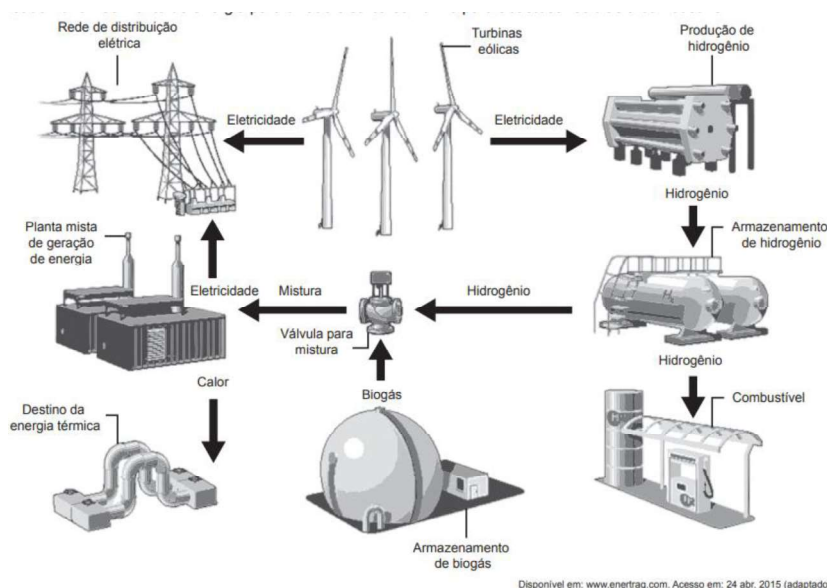
Entendemos que tais recursos serviram de suporte para que os alunos pudessem entender que há dissipação de energia elétrica em energia térmica e luminosa. Após a implementação da sequência didática, observamos um

aumento expressivo no número de acertos, o que sugere uma reorganização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Nesse sentido, as atividades propostas — especialmente os exercícios 3 e 6 dos exercícios de preparação e a atividade experimental sobre efeito Joule e potência elétrica — favoreceram a ampliação dos subsunçores e contribuído para o processo de diferenciação progressiva dos conceitos envolvidos, permitindo uma compreensão mais articulada das relações entre energia elétrica, potência e aquecimento da água.

Questão 3: Questão 105 ENEM 2017 Caderno Amarelo

A figura mostra o funcionamento de uma estação híbrida de geração de eletricidade movida a energia eólica e biogás. Essa estação possibilita que a energia gerada no parque eólico seja armazenada na forma de gás hidrogênio, usado no fornecimento de energia para a rede elétrica comum e para abastecer células a combustível.

Figura 13 – Mapa de funcionamento híbrido de geração de energia



Fonte: ENEM MEC

Mesmo com ausência de ventos por curtos períodos, essa estação continua abastecendo a cidade onde está instalada, pois o(a)

- planta mista de geração de energia realiza eletrólise para enviar energia à rede de distribuição elétrica.
- combustão da mistura biogás-hidrogênio gera diretamente energia elétrica adicional para a manutenção da estação.
- conjunto de turbinas continua girando com a mesma velocidade, por inércia, mantendo a eficiência anterior.
- hidrogênio produzido e armazenado é utilizado na combustão com o biogás para gerar calor e eletricidade.**

A questão avalia a compreensão do conceito de armazenamento de energia, ao apresentar uma estação híbrida capaz de converter a energia gerada pelo vento em energia química na forma de hidrogênio. Exige que o estudante diferencie processos de combustão e o funcionamento de células a combustível, reconhecendo que a conversão ocorre de maneira eletroquímica, sem a etapa intermediária de produção de energia térmica. Além disso, aborda a compreensão da transformação de energia química em energia elétrica, destacando a possibilidade de continuidade do fornecimento energético mesmo na ausência momentânea da fonte primária (vento), por meio do uso da energia armazenada.

No Pré-teste, notamos uma dispersão nas respostas: 5 alunos marcaram a letra B, 2 a letra C, 2 a letra A e 1 alternativa correta D. O resultado inicial nos dá indícios de que os estudantes possuíam dificuldade para compreender os processos de geração de energia elétrica e formas de armazenamento, bem como dificuldades de interpretação do esquema apresentado, especialmente no que se refere aos processos de armazenamento e conversão de energia.

As atividades da SD que discutiram a defasagem dessa questão retornam ao planejamento da aula 2 com o tema “aparelhos elétricos”, na qual foram apresentados os processos de geração de energia por meio de imagem em slide e da simulação computacional “Formas de Energia e Transformações¹”, reiterando os tipos de obtenção de energia elétrica e os tipos de geradores para o aproveitamento de cada natureza energética (eólica, solar, térmica, queda d’água), conforme as Figura 14 e 15.

¹ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/energy-forms-and-changes

teste optaram pela alternativa B, após as atividades da SD, no pós-teste migraram para a alternativa correta D, o que sugere que esses estudantes deixaram de utilizar um procedimento de cálculo incorreto, baseado na regra de três, e passaram a integrar uma compreensão mais conceitual do problema, considerando o cálculo da potência elétrica a partir da variação de temperatura da água no chuveiro.

Quadro 6 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 3 (pré e pós-teste)

Alunos	Pré-teste	Pós-teste
Ângela	B	B
Fernando	B	D
Rodrigo	B	D
José	B	B
Mariana	D	D
Patrícia	A	D
Renata	C	D
Roberto	A	D
Ricardo	C	D
Augusto	B	A

Fonte: Elaborado pelo autor.

Notamos também que os alunos Patrícia e Roberto que haviam escolhido o distrator A no pré-teste, passaram a assinalar a alternativa D no pós-teste. Essa mudança indica que esses estudantes passaram a interpretar corretamente os valores de temperatura apresentados na questão, o que possibilitou a obtenção da resposta correta.

Por outro lado, o aluno José manteve a resposta em ambos os momentos avaliativos, escolhendo o distrator B tanto no pré-teste quanto no pós-teste. Esse resultado evidencia que o estudante possivelmente ainda apresenta dificuldades da interpretação da situação problema, recorrendo novamente à aplicação de uma regra de três com valores de temperatura para estabelecer uma razão entre as potências do chuveiro.

Por fim, observamos que o aluno Augusto, que inicialmente havia selecionado a alternativa B, no pós-teste passou a escolher a alternativa A. Essa mudança sugere que o estudante deixou de aplicar a regra de três e tentou aplicar o conceito de potência elétrica associado à quantidade de calor. Entretanto, o erro cometido indica dificuldades na identificação correta das

temperaturas relevantes para a solução do problema, utilizando valores correspondentes aos modos morno e superaquecimento.

Nesse contexto, as atividades desenvolvidas na aula 2, associadas ao uso da simulação computacional sobre formas de energia e transformações, contribuíram para a ampliação dos subsunçores e para o processo de diferenciação progressiva dos conceitos envolvidos, favorecendo uma compreensão mais articulada das relações entre energia eólica, energia química e a geração de energia elétrica.

Questão 4: Questão 109 ENEM 2018 Caderno Amarelo:

Alguns peixes, como o poraquê, a enguia-elétrica da Amazônia, podem produzir uma corrente elétrica quando se encontram em perigo. Um poraquê de 1 metro de comprimento, em perigo, produz uma corrente em torno de 2 ampères e uma voltagem de 600 volts.

O quadro apresenta a potência aproximada de equipamentos elétricos.

Figura 16 – Relação dos equipamentos elétricos e potência elétrica

Equipamento elétrico	Potência aproximada (watt)
Exaustor	150
Computador	300
Aspirador de pó	600
Churrasqueira elétrica	1 200
Secadora de roupas	3 600

Fonte: ENEM MEC

O equipamento elétrico que tem potência similar àquela produzida por esse peixe em perigo é o(a)

- a) exaustor.
- b) computador.
- c) aspirador de pó.
- d) churrasqueira elétrica.**

A questão relaciona o conceito de potência elétrica com a capacidade do peixe poraquê produzir corrente elétrica em situações de perigo. Isso pode permitir ao estudante relacionar fenômenos naturais com os equipamentos eletrodomésticos que possuem potência elétrica aproximada à potência elétrica produzida por um peixe poraquê, por meio do cálculo da potência elétrica, utilizando os valores de tensão e corrente elétrica fornecidos no enunciado.

No pré-teste, 1 estudante escolheu a alternativa correta (D), 5 alunos optaram pela alternativa C e 4 alunos optaram pela alternativa B. Notamos que

9 alunos não compreendiam os conceitos abordados para a solução da questão. A escolha pela alternativa C indica que os estudantes não estavam familiarizados com as unidades, o que gerou a confusão entre potência elétrica e tensão. Enquanto a escolha pela alternativa B sugere que os alunos interpretaram a potência elétrica como a divisão da tensão pela corrente elétrica, o que os levou ao erro.

Como recursos previstos para a intervenção, na SD, as atividades das aulas 2 e 3 versaram sobre as grandezas físicas tensão elétrica, corrente elétrica e potência elétrica, indicando as unidades de medida correspondentes, como ilustra as Figuras 17 e 18. Essas atividades foram seguidas da proposta “O que dizem as etiquetas dos aparelhos elétricos?”, na qual os alunos precisaram listar pelo menos três equipamentos elétricos e reconhecer os valores e as unidades de tensão e potência elétrica.

Figura 17 – Atividade 1 realizada na aula 2

O que dizem as etiquetas dos aparelhos elétricos?		
Atividade 1	Tuma: 3º ano EMTI 2	
Grupo:	Professor: Matheus da Silva	Data: / /
Estudantes:		

 Liste no quadro abaixo os aparelhos elétricos e as identificações:

	Aparelho	Tensão	Potência Elétrica
1			
2			
3			
4			
5			

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 – Atividade 2 realizada na aula 3

Consumo de Energia elétrica		
Atividade 2	Tuma: 3º ano EMTI 2	
Professor: Matheus da Silva	Data: / /	
Estudante:		
1. Complete a tabela com os dados informados na fatura de consumo de energia elétrica.		
Itens da Fatura		
Tensão Nominal:	Limite mínimo:	Limite máximo:
Data da Leitura anterior	/ /	Número de dias:
Data da Leitura atual	/ /	
	Descrição	Valor (R\$)
Consumo		
Adicional		
	Soma:	
Impostos	Descrição (%)	
ICMS	18	
COFINS		
PIS/PASEP		
	Valor Total	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em outro momento, na aula 4, com o tema “Efeito Joule”, discutimos as relações entre as grandezas tensão, corrente e potência elétrica, seguidas da atividade 3, intitulada “Exercícios de preparação”. Nessa atividade, os exercícios 1 e 2 abordaram essas relações entre as grandezas e as unidades de medida e foram resolvidos juntamente com os estudantes durante a aula.

Exercício 1: (PISM-UFJF 2025) Nos últimos anos, carros elétricos estão se tornando populares por causa da sua praticidade, economia com combustível, manutenção e por questões ambientais. Entretanto, alguns de seus pontos negativos estão na demora para carregamento da bateria e na autonomia do carro (distância máxima percorrida com uma carga completa da bateria). Um determinado modelo de carro elétrico popular possui bateria de 45 kWh e pode ser carregado em casa, em uma tomada comum.

(A) Considere o carregamento doméstico realizado com uma fonte de corrente constante fornecendo 20 A de corrente a 100 V de tensão. Calcule o tempo para o carregamento completo da bateria desse modelo a partir da bateria vazia.

(B) Considerando o consumo médio de 15 kWh a cada 100 km rodados na cidade, calcule a autonomia do carro.

Exercício 2: (PISM-UFJF 2023) Para proteger um sistema elétrico de sobrecargas na rede, foi inserido um fusível na entrada de alimentação. Sabendo que a tensão de operação do sistema é de 110 V e fazendo um circuito equivalente, determina-se que a resistência total é de 55 ohms. Calcule a corrente máxima que o fusível deve suportar e a potência elétrica máxima que o equipamento dissipa.

No pós-teste, pudemos observar que 7 alunos escolheram a alternativa D, o que indica que as atividades realizadas na sequência didática proporcionaram mudanças conceituais, tanto no reconhecimento das grandezas quanto na realização do cálculo correto e raciocínio comparativo entre os equipamentos e o peixe poraquê.

Ainda houve 2 alunos que marcaram a alternativa B. Notamos, assim, uma redução de dois alunos nessa alternativa, o que indica que esses estudantes passaram a efetuar corretamente o cálculo da potência elétrica. Apenas 1 aluno marcou a letra A, o que, ao seguir o distrator, aponta para erro de cálculo, confundido a relação $P=V.i$ por $P=v/i^2$.

Por outro lado, o abandono da alternativa C evidencia que os estudantes compreenderam que as grandezas tensão e potências são conceitos distintos, uma vez que, no pós-teste, não houve escolha dessa alternativa.

Analisando individualmente as respostas conforme apresenta o Quadro 7, observamos que, no pré-teste, os alunos Fernando, José, Mariana e Renata escolheram o distrator B. Já os alunos Rodrigo, Patrícia, Roberto, Ricardo e Augusto optaram pela alternativa C, enquanto a aluna Ângela assinalou a alternativa correta (D).

Quadro 7 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 4 (pré e pós-teste)

Alunos	Pré-teste	Pós-teste
Ângela	D	B
Fernando	B	D
Rodrigo	C	D

José	B	D
Mariana	B	D
Patrícia	C	A
Renata	B	D
Roberto	C	D
Ricardo	C	B
Augusto	C	D

Fonte: Elaborado pelo autor.

No pós-teste, os resultados indicam que os alunos Fernando, Rodrigo, José, Mariana, Renata, Roberto e Augusto, que inicialmente haviam optado por um dos distratores, migraram para a resposta correta. Esse resultado sugere que esses estudantes passaram a compreender o esquema apresentado, reconhecendo que a geração de energia elétrica pode ocorrer por meio de diferentes processos, como a utilização do biogás e o armazenamento de hidrogênio para posterior produção de energia elétrica.

Observamos também que os alunos Patrícia e Ricardo, que inicialmente marcaram a alternativa C, no pós-teste passaram a escolher as alternativas A e B, respectivamente. Esse resultado indica que esses estudantes possivelmente ainda apresentam dificuldades na interpretação do esquema da matriz energética apresentado na questão.

Por fim, notamos que a aluna Ângela, que havia marcado a alternativa correta (D) no pré-teste, no pós-teste optou pela alternativa B. Essa mudança sugere que a estudante pode ter confundido as fontes de geração de energia elétrica com os processos de transformação e conservação de energia, interpretando que a geração de energia elétrica ocorreria apenas por meio da combustão direta, desconsiderando outras possibilidades representadas no esquema, como o armazenamento de hidrogênio e o aproveitamento energético do biogás.

Os resultados apresentados apontam que houve expansão dos conhecimentos prévios dos estudantes como também demarcaram a diferenciação progressiva ao realizar as atividades de identificação das grandezas elétricas, a leitura de etiquetas de aparelhos e a resolução orientada de exercícios colaboraram a aprendizagem significativa na estrutura cognitiva dos estudantes. Em consequência, percebemos a distinção entre as grandezas elétricas e a utilização de forma apropriada do cálculo da potência elétrica em situações-problemas.

Questão 5: Questão 96 ENEM 2021 Caderno Amarelo

Carros elétricos estão cada vez mais baratos, no entanto, os órgãos governamentais e a indústria se preocupam com o tempo de recarga das baterias, que é muito mais lento quando comparado ao tempo gasto para encher o tanque de combustível. Portanto, os usuários de transporte individual precisam se conscientizar dos ganhos ambientais dessa mudança e planejar com antecedência seus percursos, pensando em pausas necessárias para recargas.

Após realizar um percurso de 110 km, um motorista pretende recarregar as baterias de seu carro elétrico, que tem um desempenho médio de 5,0 km/kWh, usando um carregador ideal que opera a uma tensão de 220 V e é percorrido por uma corrente de 20 A.

Quantas horas são necessárias para recarregar a energia utilizadas nesse percurso?

- a) 0,005
- b) 0,125
- c) 2,5
- d) 5,0**

A questão solicita o tempo necessário para recarregar a bateria de um carro elétrico, considerando a energia elétrica consumida em um percurso, a partir da relação entre energia, potência elétrica e tempo. Nessa questão, emprega-se o cálculo do tempo necessário para recarregar a bateria do carro o suficiente para percorrer 110 km, com base nos dados do enunciado, como o desempenho médio, a tensão do carregador e a corrente de operação da bateria.

Na fase de pré-teste 4 alunos marcaram a alternativa correta (D) enquanto 5 alunos marcaram a alternativa C e 1 aluno marcou a letra B. Observando os distratores, a predominância da alternativa C parece-nos indicar dificuldades na interpretação das grandezas físicas envolvidas; especialmente ao tratar a distância percorrida como se fosse diretamente proporcional ao consumo de energia, sem a conversão adequada. Já a escolha da alternativa B sugere uma associação incorreta entre consumo energético e o produto do deslocamento com o desempenho do veículo.

Ao longo da sequência didática, destacamos as atividades desenvolvidas nas aulas 2 e 3, de caráter expositivo, e a aula 4, na qual a

atividade ‘Exercícios de preparação’, exercício 1, possibilitou aos estudantes compreender a relação entre potência elétrica, consumo de energia e tempo de funcionamento, como indicado nas Figuras 15, 17 e 18.

No pós-teste, verificamos uma mudança expressiva no padrão de respostas, com 8 alunos selecionando a alternativa correta (D), enquanto as alternativas C (1 aluno) e B (1 aluno) apresentaram redução significativa. Percebemos que houve uma reorganização dos conceitos, devido à redução das respostas distratoras e pelo aumento da escolha da alternativa descritora, o que demonstra que 2 de 10 alunos ainda apresentaram dificuldades relacionadas à conversão de unidades e ao uso adequado das expressões matemáticas, levando-os ao erro.

Averiguando as respostas dos alunos conforme apresentado no Quadro 8, observamos que, no momento inicial, utilizado para o levantamento dos subsunçores, os alunos Ângela, Renata, Roberto e Augusto optaram pela alternativa D, correspondente ao gabarito da questão. Os alunos Fernando, Rodrigo, José, Mariana e Patrícia escolheram a alternativa C, enquanto o aluno Ricardo optou pelo distrator B.

Quadro 8 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 4 (pré e pós-teste)

Alunos	Pré-teste	Pós-teste
Ângela	D	D
Fernando	C	D
Rodrigo	C	C
José	C	D
Mariana	C	D
Patrícia	C	B
Renata	D	D
Roberto	D	D
Ricardo	B	D
Augusto	D	D

Fonte: Elaborado pelo autor.

No pós-teste, observamos mudanças significativas nas respostas. Apenas o aluno Rodrigo manteve a alternativa assinalada, enquanto a aluna Patrícia passou a escolher a alternativa B. Esse resultado sugere que Rodrigo continua interpretando a potência elétrica como sendo equivalente à tensão elétrica, indicando dificuldade em diferenciar essas grandezas físicas.

Por outro lado, a mudança de resposta da aluna Patrícia, da alternativa C para B, indica que a estudante passou a reconhecer a diferença entre as unidades de medida e as grandezas físicas envolvidas, como tensão elétrica e potência elétrica, aspecto que possivelmente havia ocasionado o erro inicial. Entretanto, ao optar pela alternativa B, percebemos que a aluna ainda apresenta dificuldades em utilizar matematicamente a expressão da potência elétrica. O cálculo indicado por esse distrator sugere que a potência elétrica seria obtida pela razão entre tensão e corrente elétrica, o que evidencia uma interpretação incorreta da relação entre essas grandezas e conduz ao erro na resolução da questão.

Observamos que o fato de os alunos passarem a interpretar o uso da tensão elétrica direciona para uma diferenciação progressiva sucedida da ampliação de conhecimentos prévios em decorrência das atividades em destaque realizadas durante a SD e diante do número de acertos, apontando para uma aprendizagem significativa.

Questão 6: Questão 111 ENEM 2022 Caderno Amarelo:

O manual de uma ducha elétrica informa que seus três níveis de aquecimento (morno, quente e superquente) apresentam as seguintes variações de temperatura da água em função de sua vazão:

Figura 19 – Valores de vazão nas temperaturas morno, quente e superquente

Vazão $\left(\frac{\text{L}}{\text{min}}\right)$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$		
	Morno	Quente	Superquente
3	10	20	30
6	5	10	15

Fonte: ENEM MEC

Utiliza-se um disjuntor para proteger o circuito dessa ducha contra sobrecargas elétricas em qualquer nível de aquecimento. Por padrão, o disjuntor é especificado pela corrente nominal igual ao múltiplo de 5 A imediatamente superior à corrente máxima do circuito. Considere que a ducha deve ser ligada em 220 V e que toda a energia é dissipada através da resistência do chuveiro e convertida em energia térmica transferida para a água, que apresenta calor específico de 4,2 J/g °C e densidade de 1 000 g/L.

O disjuntor adequado para a proteção dessa ducha é especificado por:

- a) 60 A
- b) 30 A**
- c) 20 A
- d) 10 A

A questão avalia a capacidade de o estudante relacionar conceitos de termodinâmica e eletricidade, exigindo a determinação da corrente elétrica máxima em uma ducha elétrica a partir da potência térmica dissipada no nível superquente. O problema central consiste em interpretar corretamente os dados de variação de temperatura em função da vazão, converter a energia térmica em potência elétrica e, a partir disso, dimensionar o disjuntor adequado, considerando a tensão do sistema e a padronização comercial dos dispositivos de proteção.

No pré-teste, os resultados foram distribuídos da seguinte forma: 4 alunos marcaram a alternativa B, 3 a alternativa A, 2 a alternativa D e 1 a alternativa C. Observamos que, embora a alternativa correta (B) tenha sido a mais escolhida, menos da metade dos estudantes respondeu adequadamente. A escolha da alternativa A sugere que os estudantes confundiram os dados do nível superquente com o quente. Já a escolha da alternativa D indica que o aluno utilizou, para o cálculo da corrente elétrica, uma tensão menor do que a indicada no enunciado.

A sequência didática previa a realização de uma atividade experimental voltada à contextualização do aquecimento da água em chuveiros elétricos, por meio da dissipação de energia elétrica nas resistências e da observação da variação de temperatura, conforme a Figura 20. No entanto, durante a aplicação da atividade, a fonte de tensão elétrica disponível não manteve a corrente necessária para o funcionamento adequado do circuito, impossibilitando o aquecimento da água pelo resistor. A execução da atividade é ilustrada pela Figura 21. Diante dessa limitação técnica, a atividade experimental não pôde ser concluída conforme o planejamento inicial.

Figura 20 – Roteiro da atividade experimental com resistor de chuveiro elétrico

Quem aquece mais?		
Atividade Experimental 2	Turma: 3º ano EMTI 2	
Professor: Matheus da Silva	Data: / /	
Estudante:		

O chuveiro elétrico é um dos equipamentos domésticos que mais consome energia elétrica. Seu funcionamento baseia-se na resistência elétrica, um fio condutor feito de material que oferece dificuldade à passagem da corrente elétrica. Essa resistência transforma parte da energia elétrica em energia térmica, aquecendo a água, um exemplo prático do efeito Joule. A potência elétrica do chuveiro indica a quantidade de energia transformada por unidade de tempo. Quanto maior a potência, mais rápido a água é aquecida, mas também maior é o consumo de energia.

Objetivos:

Analisar o comportamento do resistor durante o funcionamento.
 Observar o aquecimento da água causado pela passagem de corrente elétrica (efeito Joule).
 Verificar a influência da resistência elétrica na potência e na temperatura da água.
 Relacionar a variação de temperatura com o tempo de exposição e a potência dissipada.

Materiais:

1 resistor de chuveiro elétrico.	Garra jacaré
1 termômetro	Balança
1 palito de churrasco	Cronômetro (pode utilizar um aparelho celular)
2 recipientes de vidro	Água
Fios de cobre	

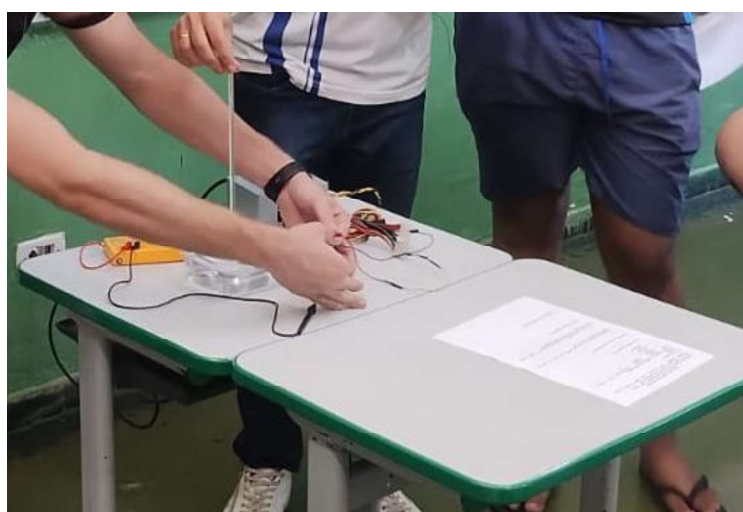
Procedimentos

1. Organizar os materiais sobre a mesa ou bancada.
2. Montar o experimento conforme a imagem abaixo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 – Realização da atividade experimental da aula 6



Fonte: Acervo pessoal.

Como estratégia de mediação pedagógica, foi conduzida uma discussão orientada, explicitando aos alunos os fenômenos que seriam observados, os

objetivos da atividade e a forma como os dados experimentais seriam utilizados nos cálculos propostos. Posteriormente, foi considerada a adaptação da atividade por meio do uso de grafites de diferentes comprimentos e espessuras em uma fonte de tensão, com o intuito de explorar a relação entre resistência elétrica, corrente e dissipação de energia. Entretanto, em razão de um imprevisto que ocasionou meu afastamento temporário das atividades docentes e, posteriormente, da proximidade do período de encerramento do calendário letivo, optamos por finalizar a sequência didática conforme o cronograma possível.

Por sua vez, o exercício nº 6 da atividade 3, “Exercícios de preparação”, configurou-se como uma intervenção pedagógica relevante para a aprendizagem dos conceitos abordados na questão, ao propor uma situação-problema envolvendo as especificações técnicas de um chuveiro elétrico, tais como potência, consumo de energia e vazão da água. Mesmo na ausência da atividade experimental, o exercício possibilitou aos estudantes relacionar energia elétrica e energia térmica, bem como articular o conceito de vazão de água por unidade de tempo com a variação de temperatura, favorecendo a compreensão do processo físico envolvido no aquecimento da água. Dessa forma, o exercício atuou como uma alternativa didática à experimentação, contribuindo para o avanço conceitual observado no pós-teste.

No pós-teste, os resultados indicaram que 6 alunos marcaram a alternativa correta (B), 3 alunos a alternativa C e 1 aluno a alternativa D. Observamos que a escolha das alternativas C e D parece revelar que parte dos estudantes não considerou o nível superquente como a condição mais crítica, ou de maior potência, do chuveiro, o que levou à determinação de uma corrente elétrica inferior à necessária para o correto dimensionamento do disjuntor. Destaca-se o abandono da alternativa A, observada no pré-teste, o que pode sugerir uma redução da dificuldade relacionada ao uso incorreto da tensão elétrica, anteriormente considerada inferior ao valor especificado no enunciado. Embora não seja possível atribuir essa mudança exclusivamente à sequência didática, os dados sugerem que as atividades desenvolvidas podem ter contribuído para a compreensão mais adequada do conceito envolvido na situação-problema.

Ao realizar uma análise individual das respostas como mostra o Quadro 9, observamos que os alunos Ângela, Mariana, Ricardo e Augusto assinalaram a alternativa B, correspondente ao gabarito da questão. Os alunos Fernando, Rodrigo e José optaram pela alternativa A, enquanto Raissa e Rubens

marcaram a alternativa D, e a aluna Pâmela escolheu a alternativa C.

Quadro 9 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 6 (pré e pós-teste)

Alunos	Pré-teste	Pós-teste
Ângela	B	B
Fernando	A	B
Rodrigo	A	B
José	A	B
Mariana	B	C
Patrícia	C	B
Renata	D	B
Roberto	D	C
Ricardo	B	C
Augusto	B	D

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na comparação com o pré-teste, verificamos que apenas a aluna Ângela manteve a resposta correta em ambos os momentos. Por outro lado, os alunos Fernando, Rodrigo, José, Patrícia e Renata, que anteriormente haviam selecionado distratores, passaram a assinalar a alternativa correta no pós-teste. Esse movimento sugere a ocorrência de mudanças cognitivas, evidenciadas pela capacidade de relacionar adequadamente os conceitos de calor e potência elétrica, aplicando corretamente os procedimentos de cálculo envolvidos.

Entretanto, observou-se também um movimento inverso: três estudantes que haviam assinalado a alternativa correta no pré-teste passaram a selecionar distratores no pós-teste. Nesse caso, Mariana, Ricardo e Augusto escolheram, respectivamente, as alternativas C, C e D. Esse resultado evidencia que a variação nas respostas dos estudantes não pode ser interpretada de forma linear como indicativo de aprendizagem ou de sua ausência. Embora a mudança para alternativas incorretas possa sugerir a permanência ou o surgimento de dificuldades relacionadas à identificação das condições de temperatura e à sua relação com a potência elétrica, também é necessário considerar que o acerto no pré-teste, por si só, não permite afirmar a existência de uma compreensão conceitual consolidada.

Assim, os resultados apontam para a necessidade de uma análise crítica

da própria sequência didática, considerando que a intervenção pode ter contribuído para diferentes formas de apropriação dos conceitos pelos estudantes. Enquanto alguns estudantes podem ter avançado na compreensão dos conteúdos, outros podem ter mantido dificuldades ou apresentado novas formas de expressar seus conhecimentos e concepções. Dessa forma, a análise dos resultados deve considerar não apenas a variação entre respostas corretas e incorretas, mas também os possíveis processos de raciocínio evidenciados pelas alternativas escolhidas pelos estudantes. Dessa forma, a análise individual das respostas aponta para um processo de aprendizagem em que alguns atingiram o objetivo enquanto outros alunos possuem ainda dificuldades conceituais, reforçando a necessidade de estratégias que promovam maior consolidação e integração dos conhecimentos trabalhados.

Questão 7: Questão 133 ENEM 2022 Caderno Amarelo:

Uma lanterna funciona com três pilhas de resistência interna igual a $0,5 \, \Omega$ cada, ligadas em série. Quando posicionadas corretamente, devem acender a lâmpada incandescente de especificações $4,5 \, \text{W}$ e $4,5 \, \text{V}$. Cada pilha na posição correta gera uma f.e.m. (força eletromotriz) de $1,5 \, \text{V}$. Uma pessoa, ao trocar as pilhas da lanterna, comete o equívoco de inverter a posição de uma das pilhas. Considere que as pilhas mantêm contato independentemente da posição.

Com esse equívoco, qual é a intensidade de corrente que passa pela lâmpada ao se ligar a lanterna?

- a) **$0,25 \, \text{A}$**
- b) $0,33 \, \text{A}$
- c) $0,75 \, \text{A}$
- d) $1,00 \, \text{A}$

A questão solicita a intensidade da corrente elétrica que alimenta a lâmpada de uma lanterna que funciona com três pilhas, das quais uma foi colocada de forma invertida. Isso exige do estudante a compreensão da orientação das fontes de tensão, visto que a pilha invertida passa a funcionar como um receptor, reduzindo a tensão total disponível no circuito. Para determinar a corrente elétrica, é necessário interpretar a situação considerando a resistência interna de cada pilha, juntamente com a resistência da lâmpada, obtida a partir de suas especificações de tensão e potência elétrica, sendo todos esses elementos conectados em série.

No pré-teste, observamos que apenas 2 alunos assinalaram a alternativa correta (A), enquanto a maioria concentrou suas respostas na alternativa C (7 alunos) e uma resposta na alternativa D (1 aluno). A predominância da alternativa C indica que grande parte dos estudantes não reconheceu a pilha invertida como um receptor, tratando todas as pilhas como corretamente orientadas e, conseqüentemente, somando as três forças eletromotrizes. Esse resultado revela dificuldade na interpretação da orientação das fontes de tensão em circuitos elétricos.

Como intervenção planejada, foram discutidos os exercícios 2 e 4 da Atividade 3, intitulada “Exercícios de preparação”, que tratava da interpretação de sistemas em circuitos elétricos com o objetivo de obter a resistência de dispositivos, como lâmpadas, a partir de especificações técnicas, tais como tensão e potência elétrica.

Exercício 4: (PISM-UFJF 2023 – Adaptada) Um estudante quer iluminar um ambiente com uma lâmpada com especificações de fábrica de 24 W e 6 V. No entanto, ele só tem uma fonte de 12 V e alguns resistores que pode usar com a fonte para montar um circuito elétrico e acender a lâmpada. Qual o valor do resistor que ele deve usar em série com a fonte e lâmpada para atender às especificações de fábrica da lâmpada?

No pós-teste, houve um aumento no número de acertos, com 5 alunos marcando a alternativa A, evidenciando um progresso conceitual após a intervenção didática. No entanto, ainda observamos a escolha significativa da alternativa D (4 alunos), o que sugere que parte dos estudantes passou a considerar corretamente a tensão total do circuito, mas continuou desconsiderando as resistências internas das pilhas, aplicando a Lei de Ohm de forma simplificada. A alternativa B (1 aluno) aponta uma compreensão parcial, na qual o estudante ignora a resistência interna e a configuração das pilhas, adotando como se todas elas estivessem conectadas na mesma direção.

Analisando as respostas dos alunos como mostra o Quadro 10, no pré-teste, observamos que a maioria (Ângela, Fernando, José, Mariana, Renata, Roberto e Ricardo) optou pela alternativa C, a qual corresponde a um distrator associado a não consideração da inversão de uma das pilhas, assumindo, de forma equivocada, a soma direta das forças eletromotrizes. Esse resultado indica que, inicialmente, os alunos tendiam a interpretar o circuito de maneira simplificada, desconsiderando aspectos fundamentais da associação de geradores.

Quadro 10 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 7 (pré e pós-teste)

Alunos	Pré-teste	Pós-teste
Ângela	C	B
Fernando	C	A
Rodrigo	D	D
José	C	A
Mariana	C	D
Patrícia	A	D
Renata	C	D
Roberto	C	A
Ricardo	C	A
Augusto	A	A

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda no pré-teste, os alunos Rodrigo e Patrícia apresentaram respostas distintas, escolhendo, a alternativa A, o que revela raciocínio alternativo na tentativa de resolução do problema. No caso da alternativa D, há indícios de uma simplificação do circuito elétrico, com desconsideração das resistências envolvidas. Já a alternativa A, correspondente ao gabarito e assinalada por Augusto, pode indicar que o aluno associou os conhecimentos prévios adequados, possivelmente ancorados em aprendizagens anteriores.

No pós-teste, observamos uma redistribuição das respostas, acompanhada de um aumento no número de acertos, com destaque para os alunos Fernando, José, Roberto e Ricardo. Esse resultado sugere que esses estudantes apresentaram uma reestruturação conceitual, passando a considerar tanto a inversão de uma das pilhas quanto as resistências internas do circuito na resolução do problema.

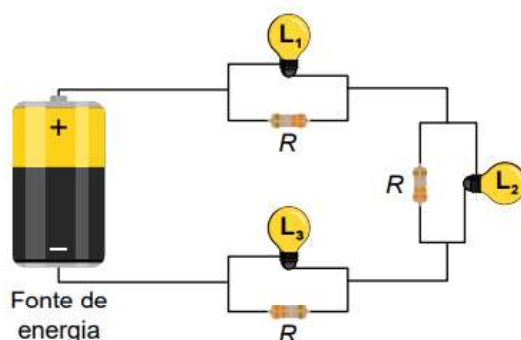
Entretanto, nem todos os alunos demonstraram avanço consistente. A aluna Patrícia, que no pré-teste havia assinalado a alternativa correta, optou, no pós-teste, pela alternativa C, esse comportamento sugere que o conhecimento previamente mobilizado não estava consolidado, podendo ter sido resultado de um acerto ocasional, sem domínio efetivo dos conceitos envolvidos. Olhando para o resultado no pós-teste e analisando os distratores, temos a indicação que parte dos alunos possuíam dificuldade de compreender as configurações das fontes de tensão ora geradora ora receptora e também

reconhecer que as fontes de tensão possuem resistência interna, o que demonstra defasagem na aprendizagem de conceitos subjacentes. Seria ideal realizar uma atividade que intervisse na aprendizagem para reforçar/revisar a associação de pilhas e baterias para obter um resultado mais próximo do esperado.

Questão 8: Questão 98 ENEM 2023 Caderno amarelo

O circuito com três lâmpadas incandescentes idênticas, representado na figura, consiste em uma associação mista de resistores. Cada lâmpada (L_1 , L_2 e L_3) é associada, em paralelo, a um resistor de resistência R , formando um conjunto. Esses conjuntos são associados em série, tendo todas as lâmpadas o mesmo brilho quando ligadas à fonte de energia. Após vários dias em uso, apenas a lâmpada L_2 queima, enquanto as demais permanecem acesas.

Figura 22 – Modelo de circuito elétrico misto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação à situação em que todas as lâmpadas funcionam, após a queima de L_2 , os brilhos das lâmpadas serão

- a) os mesmos.
- b) mais intensos.
- c) menos intensos.**
- d) menos intenso para L_1 e o mesmo para L_3 .

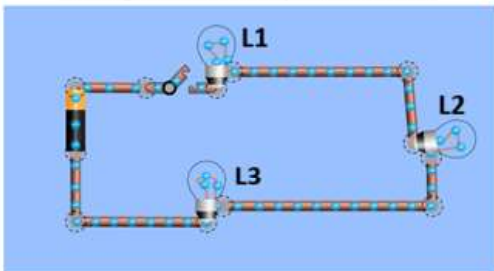
Essa questão é um problema conceitual abrangendo os conteúdos de eletrodinâmica, mais especificamente associação mista de resistores e potência elétrica dissipada em lâmpadas. O problema proposto consiste em analisar o que ocorre com o brilho das lâmpadas restantes quando uma das lâmpadas queima, ao manter o circuito ligado.

No pré-teste, 6 alunos escolheram a alternativa correta (C), indicando que parte da turma compreendia que a queima de uma lâmpada provoca o aumento da resistência equivalente do circuito e, conseqüentemente, a redução da corrente elétrica, resultando em menor brilho das lâmpadas restantes. Por outro lado, 4 alunos optaram pela alternativa B, indicando que

os alunos interpretavam que a queima de uma das lâmpadas do circuito faria aumentar a tensão elétrica para as demais lâmpadas, obtendo brilhos mais intensos.

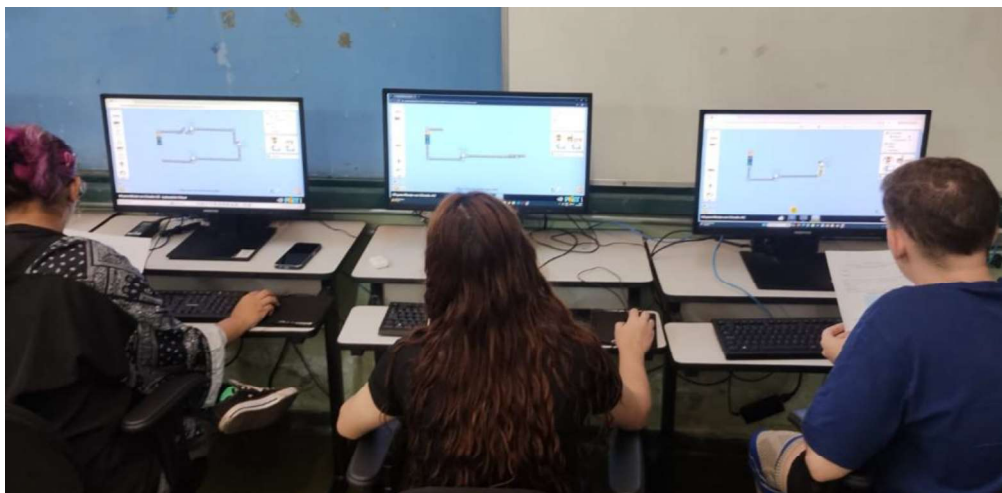
A intervenção proposta na SD, “atividade experimental: brilho das lâmpadas” da aula 7, propôs uma série de construções de circuitos elétricos, diferenciando as grandezas corrente elétrica, tensão, resistência e potência (através da intensidade das lâmpadas) para construir a relação entre potência elétrica e resistência nos dispositivos eletrônicos, conforme indicado na Figura 23. Inicialmente somente com lâmpadas e acentuando os problemas associando resistores, em série e em paralelo, até chegar na configuração parecida com circuito do problema. A execução da atividade no laboratório de informática é apresentada na Figura 24.

Figura 23 – Roteiro da atividade Experimental: Brilho das lâmpadas

Brilho das Lâmpadas		
Atividade Experimental 3	Turma: 3º ano EMTI 2	
Professor: Matheus da Silva	Data: / /	
Estudante: _____		
Objetivos:		
Identificar a relação da potência elétrica com resistência e o brilho da lâmpada.		
Relacionar a configuração do circuito com a potência total dissipada.		
Materiais:		
Simulador PHET		
Procedimentos		
Construir circuitos elétricos com resistores e lâmpadas observando o brilho das lâmpadas.		
Montagem 1: Três lâmpadas em série		
		
Altere a tensão da pilha para 20 V.		
Anotar a resistência das Lâmpadas _____		
Ligue o circuito, no interruptor.		
Veja a intensidade luminosa, brilho, nas lâmpadas.		
A intensidade luminosa é:		
☐ a mesma em todas as Lâmpadas		
☐ Maior na Lâmpada _____		
☐ Menor na Lâmpada _____		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24 – Realização da atividade experimental: Brilho das lâmpadas



Fonte: Acervo pessoal.

Na avaliação pós-teste, todos os 10 alunos participantes assinalaram a alternativa correta C, o que indica uma consolidação da compreensão conceitual acerca do comportamento da associação diante a queima de uma das lâmpadas. Esse resultado indica que os estudantes passaram a reconhecer que a eliminação de um dos ramos, no caso a queima da lâmpada, faz a resistência total no circuito aumentar, reduzindo a corrente elétrica afetando a intensidade do brilho das lâmpadas restantes.

Analisando as respostas dos alunos conforme o Quadro 11 apresenta, podemos observar que no pré-teste os alunos Ângela, José, Mariana e Patrícia assinalaram a alternativa B, indicando que a retirada de uma lâmpada do circuito resultaria em maior quantidade de tensão para as outra lâmpadas, aumentando seu brilho. Essa interpretação revela uma compreensão inadequada da distribuição de tensão em circuitos mistos e a ausência de diferenciação entre os conceitos de corrente elétrica, resistência equivalente e diferença de potencial. Sob a perspectiva ausubeliana, tal resposta indica a presença de subsunçores ainda pouco elaborados ou organizados de maneira não hierárquica, o que leva à assimilação incorreta de novos conhecimentos.

Quadro 11 – Comparação das respostas dos estudantes na Questão 8 (pré e pós-teste)

Alunos	Pré-teste	Pós-teste
Ângela	B	C
Fernando	C	C
Rodrigo	C	C
José	B	C
Mariana	B	C
Patrícia	B	C

Renata	C	C
Roberto	C	C
Ricardo	C	C
Augusto	C	C

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por outro lado, os alunos Fernando, Rodrigo, Renata, Roberto, Ricardo e Augusto já haviam assinalado, no pré-teste, a alternativa correta (C), demonstrando uma estrutura cognitiva mais organizada no que se refere à relação entre resistência equivalente, corrente elétrica e potência dissipada. Esses alunos, possivelmente, já dispunham de subsunçores mais estáveis e diferenciados, capazes de ancorar corretamente a nova informação apresentada pelo problema.

Após a intervenção didática, observamos que todos os alunos passaram a assinalar a alternativa C, indicando um alinhamento conceitual. Em especial, os alunos que anteriormente optaram pela alternativa B demonstraram superação da concepção alternativa, passando a compreender que a queima da lâmpada L2 provoca o aumento da resistência equivalente do circuito e, conseqüentemente, a diminuição da corrente elétrica total, resultando em menor brilho das lâmpadas remanescentes.

A concentração de respostas corretas no pós-teste indica que a SD foi adequada para a superação dos erros identificadas no pré-teste, especialmente aqueles relacionados à interpretação equivocada da distribuição da tensão elétrica no circuito. O resultado alcançado no pós-teste sugere a ocorrência de mudanças conceituais na estrutura cognitiva dos estudantes, caracterizando um processo de diferenciação progressiva do conceito, conforme proposto por Ausubel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao concluir esta investigação, reconhecemos que o campo do ensino de Física, especialmente no que se refere às práticas avaliativas, permanece aberto a múltiplas possibilidades de aprofundamento e ressignificação. As reflexões aqui apresentadas constituem um recorte possível dentro de um cenário mais amplo, que demanda constante problematização e diálogo entre teoria e prática. Nesse contexto, este capítulo retoma os fundamentos que orientaram o estudo, os objetivos e as contribuições a partir da elaboração e aplicação da sequência didática articulada ao banco de questões do ENEM. São retomados, ainda, os principais resultados alcançados e indicadas perspectivas para investigações futuras.

Ao retomar os objetivos desta pesquisa, apontamos que sua justificativa se estrutura em diferentes dimensões interligadas. Na dimensão pessoal, o estudo nasce das inquietações oriundas da prática docente, especialmente no que se refere aos processos avaliativos e à necessidade de compreender de que modo os estudantes constroem seus conhecimentos em Física. A composição e aplicação de um banco de questões do ENEM configuram-se, assim, como resposta reflexiva a essas demandas, reafirmando o papel do professor como pesquisador de sua própria prática. Na dimensão acadêmica, o trabalho contribui para o campo do Ensino de Física ao revelar lacunas na literatura, Azevedo (2021), Cavalcante (2022), Pittner (2022) e Santos (2022), quanto à articulação entre avaliação externa, análise das alternativas escolhidas pelos estudantes e aprendizagem significativa, oferecendo contribuições teórico-metodológicos para novas investigações. Por fim, na dimensão social, a pesquisa dialoga com a realidade educacional brasileira, reconhecendo a centralidade do ENEM na trajetória dos estudantes do Ensino Médio e propondo um uso pedagógico das questões que ultrapassa o caráter classificatório, favorecendo a compreensão conceitual e o conhecimento científico.

Diante das inquietações relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem em Física, especialmente no que se refere à avaliação da compreensão conceitual dos estudantes, este estudo teve como objetivo geral desenvolver e aplicar uma sequência didática, orientada pelos princípios da aprendizagem significativa, utilizando um banco de questões do ENEM sobre potência elétrica, consumo de energia e efeito Joule, como instrumento de avaliação da aprendizagem de estudantes do Ensino Médio. A partir deste apontamento retomamos os objetivos específicos: (i) 1. Elaborar um banco de questões do ENEM voltado aos conteúdos de eletrodinâmica abordados no 3º ano

do Ensino Médio; (ii) identificar e discutir os possíveis motivos que levam os estudantes à escolha de determinadas alternativas nas questões propostas; (iii) utilizar o banco de questões como instrumento avaliativo em uma sequência didática fundamentada na aprendizagem significativa; (iv) refletir sobre as contribuições do uso de questões do ENEM para o processo de ensino e aprendizagem de Física.

O primeiro objetivo foi alcançado a partir do levantamento e da análise de edições anteriores do ENEM, com a seleção de questões pertinentes aos conteúdos abordados na sequência didática. A análise dessas questões evidenciou que a contextualização dos conceitos de potência elétrica, consumo de energia e efeito Joule em diferentes situações-problema possibilita estabelecer relações entre os conhecimentos científicos e fenômenos presentes no cotidiano dos estudantes. A inserção desses conteúdos em contextos diversificados favoreceu a mobilização de conhecimentos prévios e possibilitou analisar de que forma os estudantes articulam os conceitos científicos às situações apresentadas. Dessa forma, os resultados indicam que as questões contextualizadas do ENEM podem constituir instrumentos para a análise da aprendizagem, permitindo observar não apenas a ocorrência de acertos e erros, mas também diferentes formas de compreensão conceitual e de articulação dos conhecimentos mobilizados pelos estudantes.

No que se refere à composição do banco de questões do ENEM voltado aos conteúdos de eletrodinâmica da terceira série do Ensino Médio, destacamos que a simples organização das questões não seria suficiente para a realização das análises propostas. Nesse sentido, a SD foi concebida como recurso metodológico estruturante, possibilitando a mediação pedagógica, a problematização dos conceitos e a observação das progressões cognitivas dos estudantes. O exame detalhado das alternativas das questões — incluindo os distratores — permitiu identificar conhecimentos prévios e possíveis dificuldades dos estudantes em relação aos conceitos abordados. Os resultados obtidos no pré-teste foram utilizados como diagnóstico para o planejamento da sequência didática, de modo que as atividades propostas fossem organizadas considerando as dificuldades evidenciadas em cada questão. Assim, as situações de ensino foram planejadas com o propósito de possibilitar a retomada, a problematização e o aprofundamento dos conceitos necessários à resolução das questões, buscando oferecer aos estudantes condições para superar as dificuldades identificadas no diagnóstico inicial. Ademais, os resultados indicam que as questões do banco estiveram presentes não apenas como instrumentos de identificação dos subsunçores, mas

também como orientadoras do processo educativo.

A utilização do banco de questões como instrumento avaliativo mostrou-se apropriada para diferentes funções ao longo da sequência didática. Inicialmente, o pré-teste assumiu uma função diagnóstica, possibilitando identificar conhecimentos prévios, subsunçores e dificuldades apresentadas pelos estudantes. A partir dessas informações, foram planejadas e desenvolvidas intervenções pedagógicas voltadas à retomada e à problematização dos conceitos abordados. Durante esse processo, as respostas dos estudantes, suas manifestações e as dificuldades observadas nas atividades possibilitaram o acompanhamento da aprendizagem e a realização de ajustes nas intervenções pedagógicas, aproximando-se de uma perspectiva formativa da avaliação. Ao final da sequência didática, o pós-teste possibilitou verificar os conhecimentos apresentados pelos estudantes após o desenvolvimento das atividades, assumindo, nesse contexto, uma função predominantemente somativa, sem deixar de produzir informações relevantes para a continuidade do processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, o uso do banco de questões contribuiu para consolidar a aprendizagem significativa, promovendo a reflexão sobre o próprio conhecimento dos estudantes e permitindo ajustes pedagógicos que favoreceram a compreensão dos conteúdos abordados na SD.

Dessa forma, a utilização do banco de questões como instrumento avaliativo também contribuiu para o planejamento da sequência didática inspirada na aprendizagem significativa. As atividades propostas — incluindo exercícios, práticas experimentais e tarefas orientadas — foram organizadas em torno dos temas de potência elétrica e consumo de energia, buscando estabelecer articulação entre os processos de ensino e avaliação. Os resultados obtidos no pré-teste, discutidos anteriormente, forneceram elementos para a identificação das dificuldades e dos conhecimentos prévios dos estudantes, contribuindo para o planejamento das atividades subsequentes. Nesse sentido, o banco de questões mostrou-se um recurso potencialmente relevante para a articulação entre avaliação e aprendizagem, ao possibilitar tanto a identificação de conhecimentos e dificuldades dos estudantes quanto a organização de situações de ensino relacionadas aos conceitos abordados.

No que se refere ao quarto objetivo, que consistiu em refletir sobre as contribuições do uso de questões do ENEM para o processo de ensino e aprendizagem de Física, os resultados indicaram que essas questões desempenharam papel estruturante na sequência didática desenvolvida.

Inicialmente utilizadas como instrumento diagnóstico para levantamento dos subsunçores dos estudantes acerca de potência elétrica e consumo de energia, elas também assumiram caráter formativo ao longo das intervenções, orientando retomadas conceituais e discussões fundamentadas nas dificuldades identificadas no pré-teste. A análise comparativa entre a aplicação inicial e a reaplicação do instrumento revelou indícios de avanço na compreensão conceitual, sugerindo que a articulação entre questões situações-problema, planejamento intencional e mediação docente favoreceu a aprendizagem significativa. Assim, o uso de questões do ENEM mostrou-se não apenas um recurso avaliativo, mas uma contribuição no contexto de uma estratégia pedagógica capaz de integrar avaliação, ensino e reflexão sobre a prática docente.

Além do atendimento aos objetivos específicos, esta pesquisa teve como propósito central desenvolver e aplicar uma sequência didática fundamentada na aprendizagem significativa, utilizando um banco de questões do ENEM como instrumento articulador entre avaliação e ensino dos conteúdos de potência elétrica, consumo de energia e efeito Joule. A implementação da SD, retomando sua estrutura organizacional intencional das aulas, orientada pelo levantamento dos conhecimentos prévios e pela análise das respostas dos estudantes, possibilitou integrar diagnóstico, intervenção e reavaliação em um mesmo movimento formativo. Mais do que um conjunto de atividades, a sequência configurou-se como uma proposta estruturada de ação pedagógica, potencialmente replicável e adaptável a outros contextos do Ensino Médio.

Compreendemos, contudo, que a aprendizagem constitui um processo contínuo e que os avanços observados não representam um ponto de chegada definitivo, mas indícios de um percurso em construção. A reaplicação do instrumento avaliativo (pós-teste) possibilitou identificar mudanças nas respostas dos estudantes e indícios de avanços na compreensão de determinados conceitos, mas também evidenciou dificuldades persistentes, especialmente relacionadas à interpretação das situações-problema, à identificação das grandezas físicas envolvidas e à articulação entre tensão, corrente elétrica, potência e energia. Nesse sentido, o pós-teste não deve ser compreendido apenas como um instrumento destinado a verificar os resultados da sequência didática, mas também como uma fonte de informações sobre os processos de aprendizagem dos estudantes. A análise das respostas e dos distratores selecionados possibilitou reconhecer conhecimentos ainda não consolidados e dificuldades que podem orientar o planejamento de intervenções pedagógicas posteriores, evidenciando a dimensão formativa da avaliação.

Reconhecemos, igualmente, as limitações deste estudo, tanto no recorte temático quanto no tempo de implementação da proposta, além das próprias condições da prática docente no contexto investigado. Enquanto professor-pesquisador, compreendo que o planejamento e a implementação da SD poderiam ser ampliados em experiências futuras, incorporando novos recursos, maior tempo de intervenção e diferentes estratégias de acompanhamento da aprendizagem. Tais aspectos apontam para possibilidades de desdobramentos investigativos, incluindo a reestruturação das atividades experimentais com vistas à ampliação do grau de liberdade dos estudantes durante sua realização, favorecendo a formulação de hipóteses, a interpretação de fenômenos e a construção de explicações mais articuladas com sua realidade, aproximando-as de uma perspectiva de aprendizagem por investigação, conforme defendido por Carvalho (2013).

Em comparação às atividades desenvolvidas neste trabalho, uma abordagem investigativa tende a promover ganhos relacionados ao desenvolvimento da autonomia e pensamento crítico, além de possibilitar ao professor um acompanhamento mais qualitativo das dificuldades dos estudantes ao longo do processo. Nesse contexto, ao elaborarem possíveis soluções ou indagações acerca dos problemas apresentados nas atividades experimentais, os estudantes aprofundariam seus processos de reflexão e a construção do conhecimento. As análises realizadas reforçam a compreensão de que a avaliação, quando integrada ao processo de ensino, pode contribuir para uma prática pedagógica mais reflexiva, contextualizada e significativa no Ensino de Física.

Ao me posicionar como educador conciente de minha prática, recorro aos dizeres de Paulo Freire, que expressam, de forma sensível, o sentido da docência como prática humana e formativa: “me movo como educador, porque, primeiro, me movo como gente” (Freire, 1996. p. 49). Por fim, reconheço que o desenvolvimento desta pesquisa contribuiu significativamente para minha formação docente, possibilitou um olhar mais crítico e reflexivo sobre minha própria prática docente. Ao integrar teorias da educação e com a vivência em sala de aula, fui levado a repensar estratégias de ensino, formas de avaliação e o papel do estudante no processo de aprendizagem. Esse processo de aprendizagem possibilitou entender o ensino como um processo em desenvolvimento contínuo e mutável que exige do ser professor reflexão acerca da sensibilidade de perceber as dificuldades dos alunos e de que forma supera-las. Destaco, assim, as transformações provocadas na minha prática e em minha compreensão sobre ensinar e aprender.

REFERÊNCIAS

- ARANTES, Luciano José. **Avaliando a aprendizagem do conceito de energia no ensino médio usando a TRI**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- AUSUBEL, D. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. 2ª ed. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, David; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicología Educativa**: Un punto de vista cognoscitivo. Mexico: Editorial Trilhas, 1980.
- AZEVEDO, Renata Correia de. **Uma sequência didática para o ensino do tema: produção e consumo de energia elétrica**. Sorocaba: UFJF. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) — Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2021.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM**: procedimentos de análise. Brasília, DF: INEP/MEC, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/centrais-de-conteudo/acervo-linha-editorial/publicacoes-institucionais/avaliacoes-e-exames-da-educacao-basica/exame-nacional-do-ensino-medio-enem-procedimentos-de-analise> . Acesso em: 19 set. 2025.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP. **Guia para elaboração e revisão de itens**. Brasília, DF: INEP, 2012. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~aanjos/CE095/guia_elaboracao_revisao_itens_2012_INEP.pdf . Acesso em: 20 set. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Edital n.º 52, de 23 de maio de 2025**. Diário Oficial da União: seção 3, Brasília, DF, 23 maio 2025. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/edital-n-52-de-23-de-maio-de-2025-631610576> . Acesso em: 19 set. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Nota técnica**: Teoria de Resposta ao Item. Brasília, DF: INEP, 2010. Nota técnica. Disponível em: https://www.senado.gov.br/comissoes/ce/ap/ap20101116_notatecnica_inepmec_teor_iarespostasaoitem.pdf . Acesso em: 19 set. 2025.
- CACHAPUZ, António et al. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CARLOS, Pablo Rafael De Oliveira. **Uma análise do desempenho dos estudantes**

no exame nacional do ensino médio e as contribuições para o ensino-aprendizagem de física. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) —Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de, et al. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *In*: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de, et al. **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, v. 1, p. 1-19.

CAVALCANTE, Wilma Carvalho. **Desenvolvimento e aplicação de um kit didático para análise de Consumo de energia elétrica em eletrodomésticos**. .

Dissertação (Mestrado Profissional em ensino de Física) — Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, 2022.

CHIZZOTTI, Antônio. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis: Vozes, 2006.

CORDEIRO, Rogério Soares; MORINI, Maria Santana Castro. BNCC e ENEM: possíveis diálogos. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação**, v. 36, n. 3, p. 889–907, set./dez. 2020. Disponível em:

<http://educa.fcc.org.br/pdf/rbpae/v36n3/1678-166X-rbpae-36-3-0889.pdf> . Acesso em: 19 set. 2025.

ESTEBAN, Maria Teresa; PINA, Bruna de Souza Fabricante. Silenciamento e diálogo na avaliação escolar. **Revista Teias**, v. 22, n. 67, p. 420-433, nov. 2021.

FREITAS, Luiz Carlos de. Os reformadores empresariais da educação e a disputa pelo controle do processo pedagógico na escola. **Educação & Sociedade**, v. 35, n. 129 p. 1085-1114, out./set. 2014.

HADJI, Charles. **Avaliação desmistificada**; trad. Patrícia C. Ramos. Porto Alegre: ARTMED Editora, 2001.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 12ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2015.

LABURÚ, Carlos Eduardo; SILVA, Dirceu da; VIDOTTO, Luiz Carlos. Avaliação tradicional e alternativa no ensino: um estudo comparativo. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 26, n. 1, p. 27–42, 2005. DOI: 10.5433/1679-0383.2005v26n1p27. Disponível em:

<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/view/3795> . Acesso em: 02 set. 2025.

LUIZ, Adir Moysés; GOUVEIA, Sergio Lins. **Eleticidade e Magnetismo**. Rio de Janeiro: Vestseller, 1989.

MOREIRA, Marco Antônio. **Ensino e Aprendizagem**: Enfoques Teóricos. São Paulo: Moraes, 1985.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

NOVAK, Joseph D. Constructivismo humano: un consenso emergente. **Enseñanza de las ciencias**: revista de investigación y experiencias didácticas, v.6, n. 3, p. 213-223, 1988.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica**: Eletromagnetismo. 1 ed. v.

3. São Paulo: Blucher, 2015.

PASQUALI, Luiz; PRIMI, Ricardo. Fundamentos da teoria da resposta ao item: TRI. **Avaliação Psicológica**, v. 2, n. 2, p. 99–110, 2003. ISSN 1677-0471. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/rbpae/v36n3/1678-166X-rbpae-36-3-0889.pdf>. Acesso em: 19 set. 2025.

PEREIRA, Felipe Gonçalves. **Avaliação formativa sobre energia**: uma proposta de sequência didática utilizando o aplicativo Plickers. 2021; Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) — Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2021.

PITTNER, Viviane Dziubate. **Estudo de uma UEPS sobre transformação de energia elétrica, utilizando Efeito Joule, Efeito Peltier e Indução Eletromagnética**. 2022. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2022.

PLICKERS. Get Plickers Cards. Disponível em: <https://help.plickers.com/hc/en-us/articles/360008948034-Get-Plickers-Cards>. Acesso em: 04 fev. 2026

SANTOS, Ednardo Luiz Amarante dos. **Proposta de ensino dos conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica na educação básica mediada por uma sequência de ensino investigativa**. 2022. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) — Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2022.

TAVARES, Cristina Zukowsky. Teoria da Resposta ao Item: uma análise crítica dos pressupostos epistemológicos. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v. 24, n. 54, p. 56–76, 2013. ISSN 0100-1574. Disponível em: <https://publicacoes.fcc.org.br/eae/article/view/1902>. Acesso em: 19 set. 2025.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene; **Física, para cientistas e Engenheiros**. Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 6 ed. v. 1. LTC: Rio de Janeiro, 2009.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene; **Física, para cientistas e Engenheiros**. Eletricidade e Magnetismo, Óptica. 6 ed. v. 2. LTC: Rio de Janeiro, 2009.

TURRA, Clódia Maria Godoy. et al. **Planejamento de ensino e avaliação**. 11 Ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 25 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

APÊNDICE 1 – PRODUTO EDUCACIONAL

Caro(a) professor(a),

Este produto educacional apresenta a Sequência Didática (SD) desenvolvida no âmbito da dissertação, com o objetivo de elaborar e implementar uma proposta fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa. A sequência utiliza um banco de questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) sobre potência elétrica, consumo de energia e efeito Joule como instrumento de avaliação e consolidação da aprendizagem de estudantes do Ensino Médio.

Tendo em vista que as perguntas do ENEM costumam ser contextualizadas e envolvem diversos conteúdos ligados a situações-problema, presumimos que os alunos já tenham estudado anteriormente os conteúdos de calorimetria, frequentemente utilizados em questões que conectam potência elétrica e aquecimento em aparelhos elétricos.

Os alunos que participaram da aplicação da sequência didática já tinham estudado esses conteúdos em uma etapa anterior do Ensino Médio. Isso permitiu que as atividades fossem desenvolvidas com ênfase na articulação conceitual e na resolução significativa de problemas.

Os objetivos específicos da SD foram:

1. Elaborar um banco de questões do ENEM voltado aos conteúdos de potência elétrica e consumo de energia elétrica.
2. Identificar e discutir os possíveis motivos que levam os estudantes à escolha de determinadas alternativas nas questões propostas.
3. Utilizar o banco de questões como instrumento avaliativo em uma SD fundamentada na aprendizagem significativa.
4. Refletir sobre as contribuições do uso de questões do Enem para o processo de ensino e aprendizagem de Física.

No Quadro 1 segue a apresentação geral da sequência didática.

Quadro 1 – Organização da SD

Aulas	Objetivos	Atividade/Metodologia	Recursos
1	Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes (pré-teste)	Aplicação do Questionário (pré-teste) utilizando a ferramenta Plickers e as questões do banco	Projetor, notebook, Banco de questões e aplicativo Plickers.
2	Conceituar potência elétrica	Explicação do conceito de Potência e transformação de energia por <i>slide</i> e a simulação "Formas de Energia e Transformações" (PHET).	Projetor, notebook, aparelhos celulares, lousa, atividade impressa, simulador.

3	Enunciar o conceito de consumo de energia elétrica; Relacionar o consumo de energia elétrica com potência elétrica;	Explicação sobre o consumo de energia. Breve discussão a respeito da unidade, correspondência com os valores cobrados na conta de luz.	Projektor, notebook, quadro e giz, atividade impressa, slide.
4	Esclarecer a relação de potência e resistência	Explicação da Relação de Potência elétrica e Resistência	Quadro e giz, projetor, notebook, material impresso – lista de exercícios.
5	Discutir os conceitos relacionados com potência e energia durante os exercícios.	Exercícios de Preparação	Quadro e giz, projetor, notebook, material impresso – lista de exercícios.
6	Interpretar a relação entre resistência elétrica e aquecimento da água. Utilizar as fórmulas de potência e energia elétrica para analisar o experimento.	Realização das atividades Experimentais: 1: Efeito Joule com palha de aço; e 2: Quem aquece mais;	Quadro e giz, Projetor, notebook, material impresso, materiais das atividades experimentais.
7	Identificar a relação da potência elétrica com resistência e o brilho da lâmpada.	Realização da atividade experimental 3: Brilho das lâmpadas.	Sala de informática. Simulador.
8	Avaliar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes. Aplicar o “pós-teste” utilizando a ferramenta Plickers.	Reaplicação do Teste – Parte 1 do banco de questões/itens do ENEM.	Projektor, notebook, Banco de Questões e Aplicativo Plickers.
9	Avaliar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes. Aplicar o “pós-teste” utilizando a ferramenta Plickers.	Reaplicação do Teste – Parte 2 do banco de questões/itens do ENEM.	Projektor, notebook, Banco de questões e aplicativo Plickers.
10	Revisar os conceitos perante resultados no pós-teste.	Resolução dos exercícios do banco de questões que tiveram maior percentual de erro.	Projektor, notebook, Banco de questões, aplicativo Plickers, quadro e giz.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Aprendizagem Significativa

David Ausubel (1908–2008) propõe uma teoria de aprendizagem centrada no aluno, considerando-o o principal agente na construção do conhecimento. Segundo ele, a cognição é o processo pelo qual os indivíduos estruturam significados e compreendem a realidade, incorporando novas informações de forma que se conectem com o que já conhecem. Esses pontos de referência cognitiva, chamados de “pontos de ancoragem” ou subsunçores, permitem a assimilação de novos conceitos de maneira significativa (Moreira; Masine, 1982).

A aprendizagem significativa ocorre quando o conteúdo novo se integra à

estrutura cognitiva do aprendiz de forma não-arbitrária e substantiva, diferentemente da aprendizagem mecânica, que depende da memorização literal. Para Ausubel (1968, 1982), o conhecimento só é realmente assimilado quando os conceitos prévios relevantes estão disponíveis e organizados, funcionando como base para a construção de novas ideias. O professor pode facilitar esse processo ao utilizar organizadores prévios, que conectam o conteúdo a experiências ou problemas cotidianos do aluno, despertando curiosidade e relevância prática. Por exemplo, ao ensinar eletricidade, é possível iniciar com uma situação cotidiana, como a queima de aparelhos durante quedas de energia, tornando o aprendizado mais acessível e significativo (Ausubel, 2000). A seguinte afirmação de Ausubel evidencia como a aprendizagem significativa ressignifica o processo de ensino-aprendizagem:

O aspecto mais importante do processo de assimilação de conceito envolve a correspondência de ideias relevantes, estabelecidas na estrutura cognitiva do indivíduo com conteúdo genérico potencialmente significativo sugerido por temas de definição ou contextuais (Ausubel, 1968, p.81).

O princípio da diferenciação progressiva é central na teoria ausubeliana. Ele consiste em apresentar primeiro conceitos gerais e amplos, detalhando-os progressivamente em ideias mais específicas e refinadas. Esse procedimento favorece a organização hierárquica do conhecimento e facilita a assimilação significativa. A reconciliação integrativa complementa esse processo, permitindo que o aluno filtre, compare e reorganize suas ideias à medida que novas informações são incorporadas, harmonizando conceitos prévios com os novos aprendizados (Ausubel et al., 1980).

Os subsunçores são fundamentais para a AS, servindo como base sobre a qual novos conceitos podem se ancorar. Sua eficiência depende da apresentação organizada e contextualizada, geralmente no início das tarefas de aprendizagem, preparando o aluno para integrar o conteúdo de maneira coerente. Além disso, a formulação de conceitos envolve a identificação de atributos essenciais de categorias de objetos, eventos ou fenômenos, criando “rótulos conceituais” que facilitam a manipulação e aplicação do conhecimento (Ausubel, 1986).

Para garantir a compreensão e retenção do conhecimento, Ausubel destaca a importância de sequências de atividades estruturadas de acordo com a hierarquia dos conceitos e o nível de abstração, permitindo que os alunos estabeleçam relações não-arbitrárias entre novos e antigos conceitos. A integração bem-sucedida leva a uma aprendizagem mais profunda, inter-relacionando ideias e promovendo um entendimento crítico do conteúdo (Moreira; Masine, 1982).

Por fim, a teoria de Ausubel evidencia que o ensino eficaz não se limita à

transmissão de informações, mas envolve organizar o conhecimento de forma a torná-lo acessível, relevante e significativo para o aprendiz. O uso de organizadores prévios, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são estratégias essenciais para potencializar a aprendizagem, facilitando a construção do conhecimento de maneira duradoura e funcional.

Avaliação

Para compreender a avaliação da aprendizagem, podemos recorrer à analogia da medida. Assim como para medir a altura de um prédio é necessário estabelecer uma unidade de comparação — como o metro —, avaliar implica definir critérios que permitam comparar o que foi aprendido com determinados objetivos previamente estabelecidos. Segundo Hadji (2001), uma medida é objetiva quando, definida a unidade, o resultado tende a ser o mesmo, ainda que existam possíveis erros decorrentes das condições do instrumento utilizado. De modo semelhante, a avaliação educacional exige critérios claros e intencionalidade pedagógica.

Avaliar, portanto, não se resume a verificar acertos e erros. Luckesi (2014) diferencia “verificação” — entendida como simples constatação ou coleta de dados — de “avaliação”, que envolve análise, atribuição de valor e tomada de decisão. Avaliar é um ato dinâmico, pois implica interpretar resultados e agir a partir deles, seja para manter, seja para redirecionar o processo de ensino. Nesse sentido, a avaliação integra o projeto pedagógico e serve como instrumento de aprimoramento da aprendizagem, não como produto final do ensino.

Turra et al. (1998) reforçam que a avaliação cumpre funções como diagnóstico, planejamento e melhoria do ensino, exigindo a seleção de critérios significativos para julgar o processo educativo. Ela deve considerar não apenas resultados imediatos, mas também o percurso do estudante, suas estratégias e dificuldades. Assim, a avaliação assume papel formativo, promovendo tanto o desenvolvimento do aluno quanto o aperfeiçoamento da prática docente.

No contexto escolar, distinguem-se avaliações internas e externas. As avaliações internas ocorrem no cotidiano da sala de aula e incluem dimensões formais e informais, contemplando aprendizagem, comportamento e valores (Freitas, 2014). Nessa perspectiva, o estudante não é objeto, mas sujeito do processo avaliativo, participando ativamente da construção do conhecimento (Esteban; Pina, 2021).

Já as avaliações externas, como as de larga escala, estabelecem padrões uniformes de desempenho e tendem a influenciar currículos e práticas pedagógicas. Embora forneçam indicadores importantes, podem restringir o ensino ao treinamento para testes e à reprodução de conteúdos, limitando processos reflexivos e contextualizados. Autores como Freitas (2014) apontam que tais avaliações acabam

por direcionar objetivos e métodos escolares, muitas vezes sobrepondo-se ao projeto político-pedagógico da escola.

Por fim, as avaliações internas da aprendizagem classificam-se em diagnóstica, formativa e somativa. A avaliação diagnóstica ocorre antes do início de um conteúdo ou unidade, com o objetivo de identificar conhecimentos prévios e possíveis dificuldades, funcionando como base para o planejamento docente. A formativa acompanha o processo, oferecendo feedback contínuo, enquanto a somativa sintetiza resultados ao final de um período. Entre elas, a diagnóstica destaca-se por permitir o levantamento inicial dos saberes dos estudantes, constituindo elemento fundamental para um ensino intencional e significativo. No Quadro 2 expõe as relações dos tipos de avaliação interna associadas a aprendizagem significativa (AS).

Quadro 2 – Relação das avaliações internas e Aprendizagem significativa

Tipo de avaliação	Característica	Associação com AS	Momento
Diagnóstica	Identificar o conhecimento dos alunos, podendo discriminar as causas e dificuldades.	Levantar conhecimentos prévios; Planejar as atividades seguintes;	Antes de iniciar uma unidade temática.
Formativa	Permite o retorno da aprendizagem ao longo do desenvolvimento das atividades planejadas para a aula.	Fornecer feedback; Acompanhamento contínuo; Identificação da diferenciação progressiva do conceito;	Durante as atividades, ou seja, no decorrer da aulas.
Somativa	Assume o papel de julgar a aprendizagem.	Consolida os resultados;	No final da unidade trabalhada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Potência Elétrica e consumo de energia elétrica

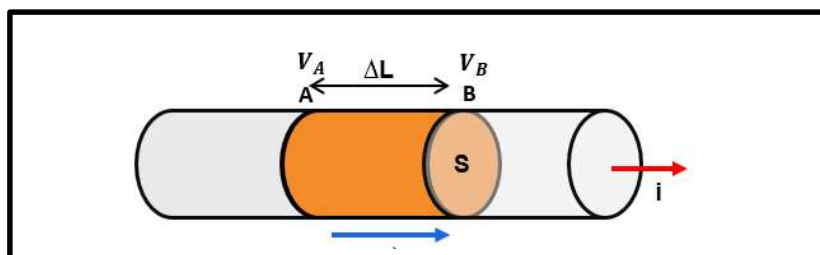
Quando um fio condutor é submetido a uma diferença de potencial entre suas extremidades, o campo elétrico gerado no interior do fio provoca o movimento das cargas elétricas. Parte da energia elétrica transportada pelas cargas é então dissipada na forma de energia térmica, devido às interações entre os elétrons livres e os íons do material condutor. Esse fenômeno é conhecido como aquecimento Joule. Essa grandeza física descreve, de maneira geral, a taxa na qual a energia elétrica é transferida ou convertida em outro tipo de energia em um determinado intervalo de tempo (Nussenzveig, 2015). Vale ressaltar que o conceito é aplicável a qualquer tipo de energia, incluindo transformações de energia mecânica em elétrica e vice-versa. A unidade de medida de energia é expressa em joules (J) e o tempo em segundos (s),

a unidade de medida para a potência é o watt (W) ($1\text{J/s} = 1\text{W}$).

$$P = \frac{\text{Energia}}{\Delta t} \quad (1)$$

Para analisar a taxa de dissipação da energia elétrica de um condutor, considere um segmento de um fio de comprimento L e seção transversal A mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Representação da diferença de energia potencial elétrica entre os pontos A e B em um fio percorrido por corrente elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor. (2025)

O fio conduz uma corrente estacionária, cujo valor é constante, orientada para a direita. Em um dado intervalo de tempo Δt , uma certa quantidade de carga se move para a direita, partindo de um ponto A com energia potencial elétrica ΔQV_A para um ponto B com energia potencial elétrica ΔQV_B , logo a variação resultante da variação de energia potencial elétrica da carga é:

$$\Delta U = \Delta QV_B - \Delta QV_A \quad (2)$$

Como o potencial em A é maior que em B, ou seja, $V_A > V_B$, representa uma perda na energia potencial. Fazendo $V_A - V_B = V$, é a queda potencial no segmento de fio na direção do sentido da corrente (Tipler; Mosca, 2009). Assim a taxa de perda de energia potencial, o sinal de menos no primeiro membro da equação representa a queda de energia pelo segmento do ponto A para o ponto B, é:

$$-\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot V \quad (3)$$

Fazendo Δt tender a zero, no limite:

$$-\frac{dU}{dt} = \frac{dH}{dt} V = IV \quad (4)$$

A potência P para um condutor elétrico, representa a taxa com que a energia elétrica é transferida ou convertida em outro tipo de energia ($-\frac{dU}{dt}$). Para um dispositivo condutor elétrico ligado a uma fonte de energia elétrica, submetido a passagem de

uma corrente elétrica, logo a taxa de dissipação da energia potencial elétrica:

$$P=iV \quad (5)$$

Considerando um condutor elétrico resistivo ao qual definimos a resistência elétrica pelas leis de Ohm, da relação da tensão elétrica ($V = Ri$) da resistência do condutor e a corrente elétrica sobre o resistor (Tipler; Mosca, 2009), obtemos as equações (6) e (7):

$$P = i(Ri) = Ri^2 \quad (6)$$

$$P = \left(\frac{V}{R}\right)V = \frac{V^2}{R} \quad (7)$$

Em que as unidades de ddp está em volt e a corrente elétrica em ampère.

Uma carga elétrica no interior de um condutor, quando submetido a uma ddp entre suas extremidades, movimenta-se pelo circuito observando que a energia se reduz. A redução de energia elétrica é convertida ao aquecimento do condutor, essa taxa de conversão da energia elétrica em outras formas de energia (mecânica, calor ou luz) é chamada de potência elétrica como demonstrado na equação (5) (Hewitt, 2015).

Se a ddp é expressa em volts e a corrente em ampère a unidade de potência elétrica é o watt (W) (Hewitt, 2015).

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ ampère.volt}$$

Como exemplo, uma lâmpada de 100 watts necessita de uma corrente de aproximadamente 0,8 A para ser ligado a uma tensão de 120 V. Já o consumo de energia elétrica dessa lâmpada considera o tempo para o seu funcionamento, na mecânica, a potência é a razão da quantidade de trabalho pelo intervalo de tempo, de forma que a potência é a taxa da transferência de energia por intervalo de tempo (Hewitt, 2015).

Assim a unidade de potência elétrica é definida pela unidade de energia (joule) por unidade de tempo, devido à grandeza, por exemplo a hora, torna-se o quilowatts-hora (kWh). Portanto, essa é a taxa de consumo de energia elétrica dos dispositivos e aparelhos eletrônicos.

Para um forno elétrico operando na temperatura máxima, a potência de 3.000 W que ficou ligado por 45 minutos, a energia dissipada para seu funcionamento foi de $E = 3.000 \cdot \frac{40}{60} = 3.000 \cdot 0,75 = 2.250 \text{ Wh} = 2,250 \text{ kWh}$, para um município no qual a empresa de funcionamento de energia elétrica cobre R\$ 0,75 por kWh, o custo será de $2,250 \cdot 0,75 = \text{R\$}1,687$, aproximadamente R\$ 1,69.

Recursos:

Utilização de diferentes recursos didáticos constitui um elemento importante para a organização de práticas pedagógicas diversificadas e para a criação de situações de aprendizagem que favoreçam a participação ativa dos estudantes. No contexto desta sequência didática, foram empregados recursos de diferentes naturezas, selecionados de acordo com os objetivos de cada atividade e com as demandas identificadas ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Entre esses recursos, destacam-se as atividades experimentais, as simulações computacionais e a ferramenta digital plickers, utilizados de forma articulada para favorecer a observação e a análise de fenômenos físicos, a representação e manipulação de variáveis e o acompanhamento da compreensão dos estudantes. A seguir, são apresentados os fundamentos e as características desses recursos, bem como suas contribuições para o desenvolvimento das atividades propostas.

Experimentos

A experimentação no ensino de Física na Educação Básica constitui uma estratégia essencial para a construção do conhecimento científico, pois permite aos estudantes observar fenômenos, formular hipóteses, analisar resultados e articular teoria e prática. Como destacam Gaspar (2009) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), quando planejada intencionalmente, a atividade experimental supera o caráter meramente demonstrativo e passa a atuar como mediadora do processo de ensino-aprendizagem.

Nessa perspectiva, favorece a mobilização de conhecimentos prévios, o desenvolvimento da argumentação e a construção de explicações, especialmente quando inserida em uma sequência didática que estrutura o percurso de aprendizagem e atribui significado aos conceitos. Tal compreensão dialoga com a aprendizagem significativa (Moreira, 2011), segundo a qual novos conhecimentos se integram de forma não arbitrária à estrutura cognitiva do estudante.

De forma complementar, as simulações computacionais configuram-se como recurso didático relevante, pois possibilitam a visualização de fenômenos idealizados e a manipulação de variáveis, ampliando situações nem sempre viáveis no contexto escolar (Medeiros e Medeiros, 2002). Assim, quando articuladas à experimentação e alinhadas aos objetivos pedagógicos, conforme Soares-Leite e Nascimento-Ribeiro (2012), não a substituem, mas a potencializam, favorecendo a compreensão ao integrar fenômeno real, modelagem teórica e representação computacional.

Plickers

O Plickers² é uma ferramenta digital de avaliação que permite ao professor coletar, de forma rápida e em tempo real, as respostas dos estudantes a questões objetivas. Seu uso envolve a projeção das perguntas, a distribuição de cartões impressos com códigos individuais e a leitura das respostas por meio da câmera do celular do docente. Cada cartão possui um código gráfico único, associado a um estudante, que identifica simultaneamente o aluno e a alternativa escolhida conforme a posição do cartão.

Durante a aplicação, o aplicativo reconhece automaticamente as respostas e gera dados individuais e coletivos, como índices de acerto e erro e gráficos de desempenho, possibilitando ao professor acompanhar a compreensão da turma e realizar intervenções pedagógicas imediatas. Para orientações detalhadas sobre o uso da ferramenta, recomendamos a consulta ao tutorial disponível na plataforma youtube, no canal Fran Pastori³.

Apesar de suas potencialidades, o Plickers apresenta limitações, como restrição de caracteres nas questões e ausência de suporte específico para símbolos matemáticos, o que pode ser contornado com o uso de imagens ou materiais complementares. Assim, configura-se como um recurso de apoio à avaliação formativa, contribuindo para a análise de indícios de aprendizagem, sem substituir outras práticas avaliativas.

² Disponível para acesso em computador (versão web) e em aplicativo para dispositivos móveis, no endereço: <<https://get.plickers.com/>> (acesso em: 27 fev. 2026).

³ Plickers: Como usar a Ferramenta passo a passo. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3Got8PtLXuc&t=248s>>. Acesso em: 27 fev. 2026

Sequência didática

Quadro 3 – Planejamento da aula 1

Escola:	Semestre: 2º
Professor(a):	Aula: 1
Série/turma/turno:	
Tema: Testando os conhecimentos	
Objetivos: Levantar os conhecimentos prévios dos estudantes (pré-teste)	
Conteúdos: potência elétrica e consumo de energia elétrica	
Atividades de ensino e metodologia: Tempo de aula - 50 minutos Momentos: 1º) 5 minutos: Organização da Sala; 2º) 35 minutos: Aplicação do Questionário (pré-teste) utilizando a ferramenta Plickers e as questões do banco; 3º) 5 minutos: Após aplicação do questionário solicitar os alunos, que tragam para a próxima aula fotos das etiquetas de propriedades e características elétricas de aparelhos elétricos; exemplificar com algum equipamento eletrônico. 4º) 5 minutos: Lançamento das Presenças.	
Avaliação: atividade avaliativa diagnóstica	
Recursos: Projetor, notebook, Banco de Questões e Aplicativo Plickers.	
Atividade extraclasse sugerida: Tirar foto das etiquetas de propriedade elétricas dos aparelhos elétricos domésticos de sua casa, de 2 a 3 aparelhos.	
Referências bibliográficas para os estudantes: Vídeo explicativo sobre Energia Ciência todo dia. O que é energia?	
 O Que É Energia? Episódio 1 1,8 mi de visualizações • há 5 anos  Ciência Todo Dia ✓ Energia é um dos conceitos mais importantes da física, quem sabe até mesmo de todas as ciências exatas.... 4K 13:04 O QUE É ENERGIA?. Ciência todo dia. Youtube, 13 min. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=3VLPyOLC1nc. Acesso em 13 de outubro de 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: HEWITT, Paul G. FÍSICA Conceitual. 12ª edição. Porto Alegre , 2015.	

O QUE É ENERGIA?. Ciência todo dia. Youtube, 13 min. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=3VLPyOLC1nc>. Acesso em 13 de outubro de 2025.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4 – Planejamento da aula 2

Escola:	Semestre: 2º
Professor(a):	Aula: 2
Série/turma/turno:	
Tema: Aparelhos elétricos	
Objetivos: Apontar as informações elétricas dos aparelhos elétricos. Conceituar potência elétrica Relacionar o conceito de potência elétrica com a transformação de energia.	
Conteúdos: Transformação da Energia e Potência Elétrica	
Atividades de ensino e metodologia: Tempo de aula - 50 minutos Momentos: 1º) 5 minutos: Organização da Sala; 2º) 20 minutos: Explicação do conceito de Potência e transformação de energia por slide e a simulação “Formas de Energia e Transformações” (PHET). 3º) 15 minutos: Separação dos alunos em pequenos grupos, juntar as carteiras, até 4 integrantes. Distribuição da atividade: Lista de Aparelhos eletrônicos, solicitação aos alunos para identificar as propriedades elétricas. (Lembrar de montar na lousa um esquema da tabela e fazer um como exemplo de algum aparelho físico na sala, levar por exemplo: sanduicheira ou liquidificador) 4º) 10 minutos: Recolhimento das atividades e solicitação aos alunos que levem para a próxima aula a fatura de consumo de energia elétrica, vulgo conta de luz, do mês anterior. 5º) 5 minutos: Reorganização da sala e Lançamento das Presenças.	
Avaliação: Preenchimento da tabela.	
Recursos: Projetor, Notebook, Aparelhos celulares, lousa, atividade impressa.	
Atividade extraclasse sugerida: Assistir o vídeo: BBC NEWS BRASIL. O que mais consome energia em casa e como economizar. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=p0Pcj2XLSPs . Acesso em: 13 de out. de 2025.	
 O que mais consome energia em casa e como economizar 84 mil visualizações · há 2 anos BBC News Brasil O aumento dos preços da energia elétrica em diversos países tem feito cada vez mais pessoas se perguntarem o que faz Legendas 4 capítulos Introdução Ar condicionado Geladeira e freezer Iluminação	
Referências bibliográficas para os estudantes: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São	

Paulo, 2001.

Referências bibliográficas para os professores:

GRF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

HEWITT, Paul G. FÍSICA Conceitual. 12ª edição. **Porto Alegre**, 2015.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 5 – Planejamento da aula 3

Escola:	Semestre: 2º
Professor(a):	Aula: 3
Série/turma/turno:	
Tema: Consumo de energia Elétrica	
Objetivos: Enunciar o conceito de consumo de energia elétrica; Relacionar o consumo de energia elétrica com potência elétrica; Examinar o consumo de energia elétrica residencial. Comparar os valores de consumo de energia.	
Conteúdos: Consumo de Energia elétrica	
Atividades de ensino e metodologia: Tempo de aula - 50 minutos Momentos: 1º) 5 minutos: Organização da Sala; 2º) 5 minutos: Solicitação aos alunos que peguem as contas de luz, caso algum aluno não tenha trazido pode fazer a atividade em dupla. 3º) 20 minutos: Explicação Consumo de Energia. Breve discussão a respeito da unidade, correspondência com os valores cobrados na conta de luz – Slide. (anexo 4) 4º) 15 minutos: Realização da atividade 2: Consumo de energia elétrica (anexo 5) Fazer a leitura das informações pertinentes e preenchimento. 5º) 5 minutos: Reorganização da sala e Lançamento das Presenças.	
Avaliação: Apresentação da conta de luz e realização da atividade 2.	
Recursos: Projetor, notebook, quadro e giz, atividade impressa.	
Atividade extraclasse sugerida: Acessar o simulador da empresa Enel, disponível em: https://enel-ce.simuladordeconsumo.com.br/ambiente/sala . Acesso em 13 de out. de 2015. Pode observar os gastos dos aparelhos eletrônicos, alterar a potência elétrica e o tempo de funcionamento diário do aparelho e observar qual seria o valor pago pelo consumo. Os valores cobrados são baseados para o município de São Paulo.	
Referências bibliográficas para os estudantes: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.	
Referências bibliográficas para os professores: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. HEWITT, Paul G. FÍSICA Conceitual. 12ª edição. Porto Alegre , 2015.	

Fonte: Elaborado pelo Autor

Quadro 6 – Planejamento da aula 4

Escola:	Semestre: 2º
Professor(a):	Aula: 4
Série/turma/turno:	
Tema: Efeito Joule	
Objetivos: Recordar o conceito de resistência elétrica Esclarecer a relação de potência e resistência Resolver exercícios com os estudantes	
Conteúdos: Potência Elétrica, Resistência, corrente e Tensão	
Atividades de ensino e metodologia: Tempo de aula - 50 minutos Momentos: 1º) 5 minutos: Organização da Sala; 2º) 15 minutos: Explicação da Relação de Potência elétrica e Resistência – Slide Aula 4 3º) 25 minutos: Atividade 3: Exercícios de Preparação – Parte 1 4º) 5 minutos: Lançamento das Presenças.	
Avaliação: Realização das atividades.	
Recursos: Quadro e giz, Projetor, notebook, material impresso – lista de exercícios.	
Atividade extraclasse sugerida: Assistir o vídeo: Efeitos da corrente elétrica	
 Efeitos da corrente elétrica químico térmico magnético fisiológico - Mãozinha em Física 118 27 mil visualizações • há 7 anos FISICATOTAL Participe de nossa revisão 2018: http://bit.ly/FT2018gratis e receba planos de estudo, resumos em PDF, indicações de...	
FISICATOTAL. Efeitos da corrente elétrica químico térmico magnético fisiológico - Mãozinha em Física 118. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=apsLKTu5zRw . Acesso em: 13 de out. de 2025.	
Referências bibliográficas para os estudantes: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.	
Referências bibliográficas para os professores: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. HEWITT, Paul G. FÍSICA Conceitual. 12ª edição. Porto Alegre , 2015.	



Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 7 – Planejamento da aula 5

Escola:	Semestre: 2º
Professor(a):	Aula: 5
Série/turma/turno:	
Tema: Aplicando o conhecimento	
Objetivos: Compreender os conceitos relacionados à potência elétrica e à energia elétrica a partir da resolução de exercícios. Aplicar os conceitos estudados na resolução de situações-problema envolvendo potência e energia.	
Conteúdos: Potência Elétrica, Resistência, corrente, Tensão e Consumo de energia.	
Atividades de ensino e metodologia: Tempo de aula - 50 minutos Momentos: 1º) 5 minutos: Organização da Sala; 2º) 40 minutos: Atividade 3: Exercícios de Preparação – Parte 2 3º) 5 minutos: Lançamento das Presenças e explicar a atividade da próxima aula.	
Avaliação: Realização das atividades.	
Recursos: Quadro e giz, Projetor, notebook, material impresso – lista de exercícios.	
Atividade extraclasse sugerida: Exercícios complementares: Aprimorando os conceitos.	
Referências bibliográficas para os estudantes: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.	
Referências bibliográficas para os professores: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. HEWITT, Paul G. FÍSICA Conceitual. 12ª edição. Porto Alegre , 2015.	

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 8 – Planejamento da aula 6

Escola:	Semestre: 2º
Professor(a):	Aula: 6
Série/turma/turno:	
Tema: Atividades Experimentais – Efeito Joule e Potência elétrica.	
Objetivos: Identificar o que é o efeito Joule. Reconhecer os materiais e instrumentos utilizados no experimento (resistência, termômetro, fios, cronômetro etc.). Interpretar a relação entre resistência elétrica e aquecimento da água. Utilizar as fórmulas de potência e energia elétrica para analisar o experimento. Relacionar a potência do chuveiro com o tempo necessário para aquecer a água.	
Conteúdos: Potência Elétrica, Resistência, corrente e Tensão.	
Atividades de ensino e metodologia: Tempo de aula - 50 minutos Momentos: 1º) 5 minutos: Organização da Sala; 2º) 15 minutos: Realização da Atividade Experimental 1: Efeito Joule com palha de aço. 3º) 25 minutos: Realização da Atividade Experimental 2: Quem aquece mais. 4º) 5 minutos: Lançar presença e explicação da atividade extraclasse sugerida.	
Avaliação: Participação na aula, observar a realização das atividades.	
Recursos: Quadro e giz, Projetor, notebook, material impresso, materiais das atividades experimentais.	
Atividade extraclasse sugerida: Terminar o preenchimento das atividades experimentais.	
Referências bibliográficas para os estudantes: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.	
Referências bibliográficas para os professores: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. HEWITT, Paul G. FÍSICA Conceitual. 12ª edição. Porto Alegre , 2015.	

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 9 – Planejamento da aula 7

Escola:	Semestre: 2º
Professor(a):	Aula: 7
Série/turma/turno:	
Tema: Atividade Experimental – Brilho das Lâmpadas	
Objetivos: Identificar a relação da potência elétrica com resistência e o brilho da lâmpada. Relacionar a configuração do circuito com a potência total dissipada.	
Conteúdos: Potência Elétrica, Resistência, corrente e Tensão.	
Atividades de ensino e metodologia: Tempo de aula - 50 minutos Momentos: 1º) 5 minutos: Organização da Sala; 2º) 40 minutos: Realização da Atividade Experimental 3: Brilho das lâmpadas. 3º) 5 minutos: Lançar presença e explicação da atividade extraclasse sugerida.	
Avaliação: Realização das atividades.	
Recursos: Sala de informática.	
Atividade extraclasse sugerida: Terminar o preenchimento das atividades experimentais.	
Referências bibliográficas para os estudantes: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.	
Referências bibliográficas para os professores: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. HEWITT, Paul G. FÍSICA Conceitual. 12ª edição. Porto Alegre , 2015. Simulador PHET: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc	

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 10 – Planejamento da aula 8

Escola:	Semestre: 2º
Professor(a):	Aula: 8
Série/turma/turno:	
Tema: Testando o conhecimento	
Objetivos: Identificar possíveis mudanças na compreensão dos estudantes acerca dos conceitos de potência elétrica, consumo de energia e efeito Joule após a aplicação da sequência didática.	
Conteúdos: Potência Elétrica, Resistência, corrente, Tensão e Consumo de Energia.	
Atividades de ensino e metodologia: Tempo de aula - 50 minutos Momentos: 1º) 5 minutos: Organização da Sala; 2º) 40 minutos: Reaplicação do Testes – Parte 1 do banco de questões/itens do ENEM. 3º) 5 minutos: Lançar presença.	
Avaliação: Participação na aula, resposta dos itens do banco de questões.	
Recursos: Projetor, notebook, Banco de Questões e Aplicativo Plickers.	
Atividade extraclasse sugerida: Revisar os conteúdos trabalhados. Exercícios complementares 2.	
Referências bibliográficas para os estudantes: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.	
Referências bibliográficas para os professores: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. HEWITT, Paul G. FÍSICA Conceitual. 12ª edição. Porto Alegre , 2015.	

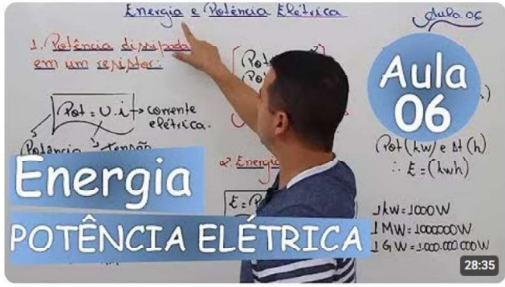
Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 11 – Planejamento da aula 9

Escola:	Semestre: 2º
Professor(a):	Aula: 9
Série/turma/turno:	
Tema: Testando o conhecimento	
Objetivos: Identificar possíveis mudanças na compreensão dos estudantes acerca dos conceitos de potência elétrica, consumo de energia e efeito Joule após a aplicação da sequência didática.	
Conteúdos: Potência Elétrica, Resistência, corrente, Tensão e Consumo de Energia.	
Atividades de ensino e metodologia: Tempo de aula - 50 minutos Momentos: 1º) 5 minutos: Organização da Sala; 2º) 40 minutos: Reaplicação do Testes – Parte 2 do banco de questões/itens do ENEM. 3º) 5 minutos: Lançar presença.	
Avaliação: Resposta aos itens do banco de questões.	
Recursos: Projetor, notebook, Banco de Questões e Aplicativo Plickers.	
Atividades extraclasse sugerida: Revisar os conteúdos trabalhados. Exercícios complementares (Anexo 14).	
Referências bibliográficas para os estudantes: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.	
Referências bibliográficas para os professores: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. HEWITT, Paul G. FÍSICA Conceitual. 12ª edição. Porto Alegre , 2015.	

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 12 – Planejamento da aula 10

Escola:	Semestre: 2º
Professor(a):	Aula: 10
Série/turma/turno:	
Tema: Revendo os conceitos	
Objetivos: Revisar os conceitos perante resultados no pós-teste. Discussão dos exercícios com os conteúdos relacionados.	
Conteúdos: Potência Elétrica, Resistência, corrente e Tensão.	
Atividades de ensino e metodologia: Tempo de aula - 50 minutos Momentos: 1º) 5 minutos: Organização da Sala; 2º) 40 minutos: Resolução dos exercícios do banco de questões que tiveram maior percentual de erro. 3º) 5 minutos: Lançar presença.	
Avaliação: Realização das atividades.	
Recursos: Projetor, notebook, Banco de Questões, Aplicativo Plickers, Quadro e giz.	
Atividade extraclasse sugerida: Vídeo para atividade de recuperação paralela: Explicação e resolução de exercícios.	
 Aula 06 - Energia e Potência Elétrica 753 mil visualizações • há 8 anos Davi Oliveira - Física 2.0 Nesse vídeo irei dar continuidade ao estudo da eletrodinâmica, trabalhando a Energia e a Potência Dissipada em um resis DAVI OLIVEIRA - FÍSICA 2.0. Aula 06 - Energia e Potência Elétrica. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=-HyhjYdB5k0. Acesso em 18 de out. de 2025.	
Referências bibliográficas para os estudantes: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.	
Referências bibliográficas para os professores: GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. HEWITT, Paul G. FÍSICA Conceitual. 12ª edição. Porto Alegre , 2015.	

Fonte: Elaborado pelo autor

Anexo da Aula 1: Banco de Questões:

Banco de Questões

Itens do ENEM edições anteriores	Turma:
Professor:	

O formato do aplicativo plickers não aceita mais de 4 alternativas levando a exclusão de um dos distratores, seguindo como regra eliminar a alternativa mais improvável como resposta dos estudantes.

Itens ENEM – Parte 1

- Questão 59 ENEM 2016 Caderno Amarelo

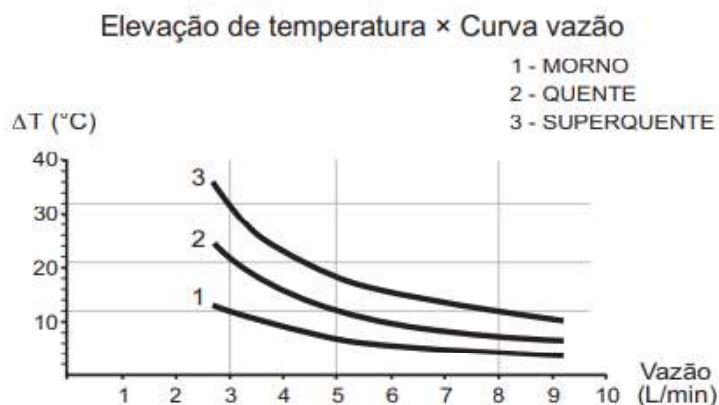
A usina de Itaipu é uma das maiores hidrelétricas do mundo em geração de energia. Com 20 unidades geradoras e 14 000 MW de potência total instalada, apresenta uma queda de 118,4 m e vazão nominal de 690 m³/s por unidade geradora. O cálculo da potência teórica leva em conta a altura da massa de água represada pela barragem, a gravidade local (10 m/s²) e a densidade da água (1 000 kg/m³). A diferença entre a potência teórica e a instalada é a potência não aproveitada.

Disponível em: www.itaipu.gov.br. Acesso em: 11 maio 2013 (adaptado)

Qual é a potência, em MW, não aproveitada em cada unidade geradora de Itaipu?

 - 0
 - 1,18
 - 116,96
 - 816,96
- Questão 134 ENEM 2017 Caderno Azul

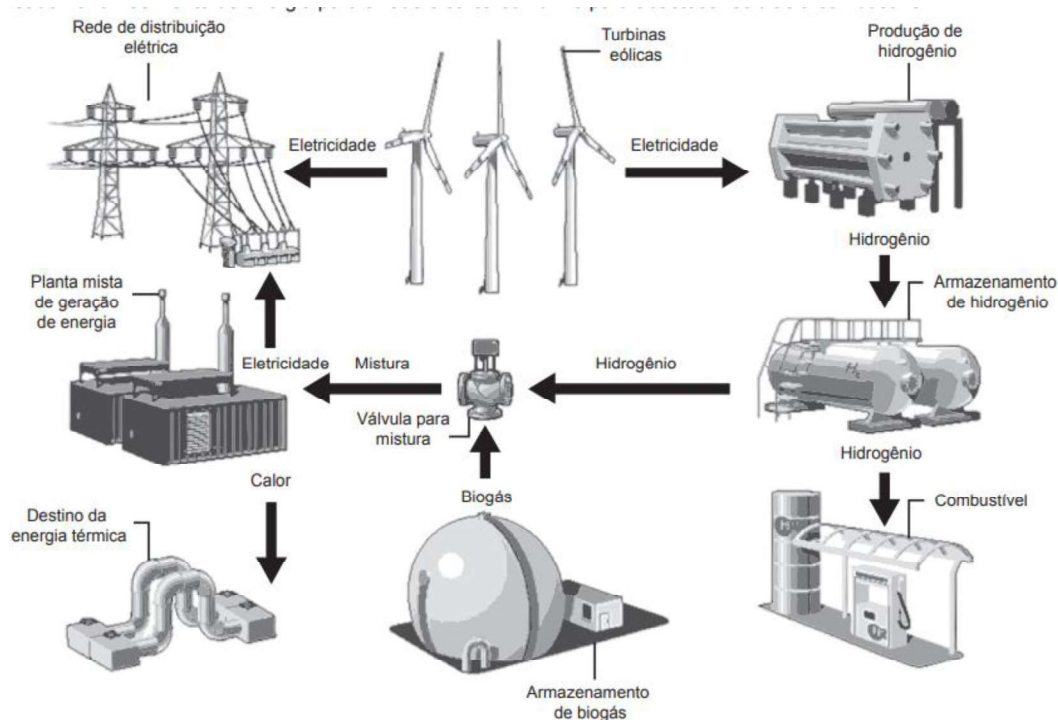
No manual fornecido pelo fabricante de uma ducha elétrica de 220 V é apresentado um gráfico com a variação da temperatura da água em função da vazão para três condições (morno, quente e superquente). Na condição superquente, a potência dissipada é de 6 500 W. Considere o calor específico da água igual a 4 200 J/(kg °C) e densidade da água igual a 1 kg/L.



Com base nas informações dadas, a potência na condição morno corresponde a que fração da potência na condição superquente?

- 5/8
 - 1/5
 - 3/5
 - 3/8
- Questão 102 ENEM 2017 Caderno Amarelo:

A figura mostra o funcionamento de uma estação híbrida de geração de eletricidade movida a energia eólica e biogás. Essa estação possibilita que a energia gerada no parque eólico seja armazenada na forma de gás hidrogênio, usado no fornecimento de energia para a rede elétrica comum e para abastecer células a combustível.



Disponível em: www.enertrag.com. Acesso em: 24 abr. 2015 (adaptado).

Mesmo com ausência de ventos por curtos períodos, essa estação continua abastecendo a cidade onde está instalada, pois o(a)

- planta mista de geração de energia realiza eletrólise para enviar energia à rede de distribuição elétrica.
- hidrogênio produzido e armazenado é utilizado na combustão com o biogás para gerar calor e eletricidade.
- conjunto de turbinas continua girando com a mesma velocidade, por inércia, mantendo a eficiência anterior.
- combustão da mistura biogás-hidrogênio gera diretamente energia elétrica adicional para a manutenção da estação.

4 Questão 109 ENEM 2018 Caderno Amarelo:

Alguns peixes, como o poraquê, a energia-elétrica da Amazônia, podem produzir uma corrente elétrica quando se encontram em perigo. Um poraquê de 1 metro de comprimento, em perigo, produz uma corrente em torno de 2 ampères e uma voltagem de 600 volts.

O quadro apresenta a potência aproximada de equipamento elétricos.

Equipamento elétrico	Potência aproximada (watt)
Exaustor	150
Computador	300
Aspirador de pó	600
Churrasqueira elétrica	1 200
Secadora de roupas	3 600

O equipamento elétrico que tem potência similar àquela produzida por esse peixe em perigo é o(a)

- exaustor.
- computador.
- aspirador de pó.
- churrasqueira elétrica.

Itens ENEM – Parte 2

5 Questão 96 ENEM 2021 Caderno Amarelo

Carros elétricos estão cada vez mais baratos, no entanto, os órgãos governamentais e a indústria se preocupam com o tempo de recarga das baterias, que é muito mais lento quando comparado ao tempo gasto para encher o tanque de combustível.

Portanto, os usuários de transporte individual precisam se conscientizar dos ganhos ambientais dessa mudança e planejar com antecedência seus percursos, pensando em pausas necessárias para recargas.

Após realizar um percurso de 110 km, um motorista pretende recarregar as baterias de seu carro elétrico, que tem um desempenho médio de 5,0 km/kWh, usando um carregador ideal que opera a uma tensão de 220 V e é percorrido por uma corrente de 20 A.

Quantas horas são necessárias para recarregar a energia utilizadas nesse percurso?

- a) 0,005
- b) 0,125
- c) 2,5
- d) 5,0

6 Questão 111 ENEM 2022 Caderno Amarelo:

O manual de uma ducha elétrica informa que seus três níveis de aquecimento (morno, quente e superquente) apresentam as seguintes variações de temperatura da água em função de sua vazão:

Vazão $\left(\frac{\text{L}}{\text{min}}\right)$	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$		
	Morno	Quente	Superquente
3	10	20	30
6	5	10	15

Utiliza-se um disjuntor para proteger o circuito dessa ducha contra sobrecargas elétricas em qualquer nível de aquecimento. Por padrão, o disjuntor é especificado pela corrente nominal igual ao múltiplo de 5 A imediatamente superior à corrente máxima do circuito. Considere que a ducha deve ser ligada em 220 V e que toda a energia é dissipada através da resistência do chuveiro e convertida em energia térmica transferida para a água, que apresenta calor específico de 4,2 J/g $^{\circ}\text{C}$ e densidade de 1 000 g/L.

O disjuntor adequado para a proteção dessa ducha é especificado por:

- a) 60 A
- b) 30 A
- c) 20 A
- d) 10 A

7 Questão 133 ENEM 2022 Caderno Amarelo:

Uma lanterna funciona com três pilhas de resistência interna igual a 0,5 Ω cada, ligadas em série. Quando posicionadas corretamente, devem acender a lâmpada incandescente de especificações 4,5 W e 4,5 V. Cada pilha na posição correta gera uma f.e.m. (força eletromotriz) de 1,5 V. Uma pessoa, ao trocar as pilhas da lanterna, comete o equívoco de inverter a posição de uma das pilhas. Considere que as pilhas mantêm contato independentemente da posição.

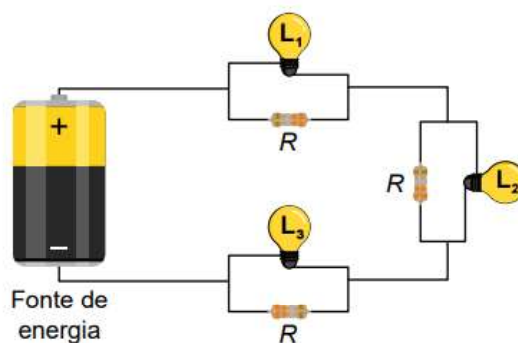
Com esse equívoco, qual é a intensidade de corrente que passa pela lâmpada ao se ligar a lanterna?

- a) 0,25 A
- b) 0,33 A
- c) 0,75 A
- d) 1,00 A

8 Questão 98 ENEM 2023 Caderno amarelo

O circuito com três lâmpadas incandescentes idênticas, representado na figura, consiste em uma associação mista de resistores. Cada lâmpada (L_1 , L_2 e L_3) é associada, em paralelo, a um resistor de resistência R, formando um conjunto. Esses conjuntos são associados em série, tendo todas as lâmpadas o mesmo brilho

quando ligadas à fonte de energia. Após vários dias em uso, apenas a lâmpada L_2 queima, enquanto as demais permanecem acesas.

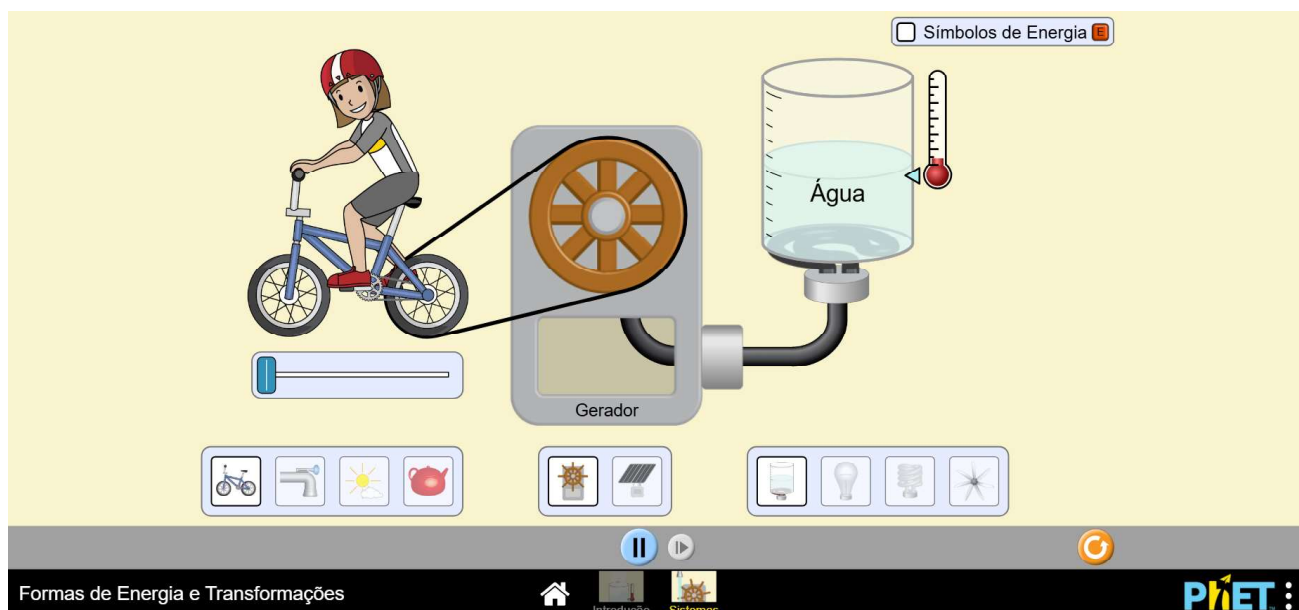


Em relação à situação em que todas as lâmpadas funcionam, após a queima de L_2 , os brilhos das lâmpadas serão

- a) os mesmos.
- b) mais intensos.
- c) menos intensos.
- d) menos intenso para L_1 e o mesmo para L_3 .

Anexo da Aula 2: Materiais para a aula

Simulação: Formas de Energia e Transformações - PHET. Disponível em https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_all.html?locale=pt_BR Acesso em 13 de out. de 2025.



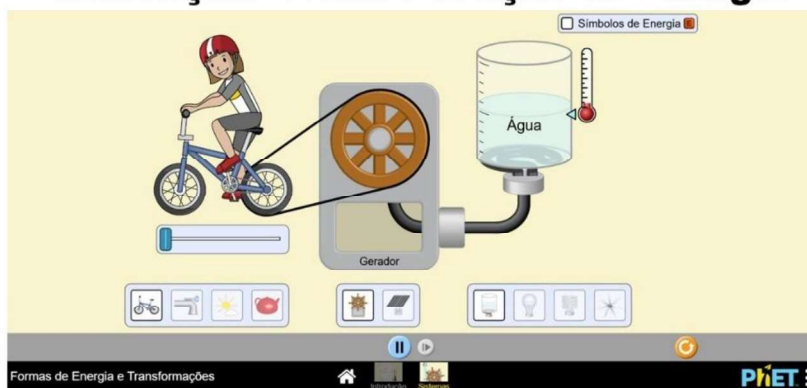
Slides para a aula

Para onde vai a energia?



Fonte: GREF, Vol. 3.

Simulação: Transformação de Energia



https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/energy-forms-and-changes

Tensão elétrica

Tensão elétrica, voltagem elétrica, diferença de potencial ou simplesmente ddp, fornece a energia elétrica necessária para o funcionamento dos dispositivos elétricos.

A identificação da tensão é um número acompanhado da letra V em maiúsculo que significa volt, unidade de tensão.



Aparelhos elétricos e Potência

A Potência é a grandeza elétrica que indica o consumo de energia elétrica do aparelho em cada unidade de tempo de seu funcionamento.

Por exemplo: Se uma lâmpada tem potência de 100 watts, significa que em cada segundo de funcionamento ela consome 100 joules de energia elétrica.



As unidade. Tensão, potência, corrente e frequência não são as únicas grandezas elétricas existentes, mas essas são de grande importância para utilização dos aparelhos elétricos, e é sempre recomendável ler as instruções antes de ligar o aparelho.



Especificação		Grau de proteção: IP 24		
Modelo		Linha Acqua Ultra		
Tensão (V~)		127	220	220
Potência (Watts)	Seletor de Temperatura Eletrônico	0	0	0
		MIN.		
		MAX.		
Disjuntor ou Fusível (Ampères)		50	32	40
Seção dos condutores (mm ²)		10	4	6
Comprimento máximo dos cabos entre o disjuntor e o produto (m) *		26	26	34,4
Pressão de Funcionamento	Mínima	10 kPa (1,0 m.c.a.)		
	Máxima	400 kPa (40 m.c.a.)		
Conexão Hidráulica		Entrada de água DN15 (1/2)		
Conexão Elétrica		Fios brancos - Fase/Fase Fase/Neutro Fio Verde/Amarelo - aterramento		

* Para distâncias maiores, utilize condutores de seção maior (conforme Tabela 2 da ABNT NBR 16305:2014). Em caso de dúvidas, ligue para o atendimento ao consumidor Lorenzetti.
 **Potência não compatível com o Acqua Duo Flex.
 O valor da resistividade da água a 22°C, fornecida a este produto, não deve ser inferior a 1300 ohms x cm.

Especificações técnicas chuveiro elétrico - Lorenzetti

Especificações técnicas

Liquidificador



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Modelo	BLP50
Cor	Aço Inoxidável
Funções	5 + Liga/Desliga
Potência Máxima (W)	900
Peso líquido (kg)	4,26
Tensão (V~)	127 220
Frequência (Hz)	50-60
Capacidade máxima utilizável (L)	1,65
Capacidade total (L)	2,1
Material da Jarra	Vidro

Unidades de Medida

Unidade	Grandeza	Homenageado	nacionalidade	Época em que viveu
volt (V)	Tensão elétrica	Alessandro Volta	italiano	1745 – 1827
watt (W)	Potência	James P. Watt	Inglês	1848 – 1889
ampère (A)	Corrente elétrica	André M. Ampère	Francês	1775 – 1836
hertz (Hz)	Frequência	Heinrich R. Hertz	alemão	1857 - 1894

Atividade: O que diz as etiquetas dos aparelhos elétricos?

	Aparelho	Tensão	Potência Elétrica
1			
2			
3			
4			

Atividade para a próxima aula:

Trazer a conta de luz atual ou do mês anterior para a próxima aula, Faremos uma atividade valendo nota.

Anexo da Aula 3: Materiais para a aula

Slide para aula

Consumo de Energia



Toda vez que um aparelho elétrico entra em funcionamento, ocorre uma transformação de energia elétrica em outras formas de energia, como luminosa, sonora, mecânica de rotação, térmica, dentre outras.

Para o funcionamento dos equipamentos elétricos é necessário fontes que fornecem a tensão, o acesso a tais fontes representa algum custo para nós.

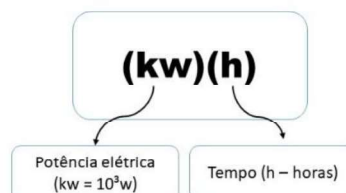


O kwh

O consumo de energia representa o tanto de energia consumida ou utilizada por exemplo, por uma residência. Medido em quilowatt-hora (kwh)

O produto da **potência elétrica (w)** com o **tempo (h)** de funcionamento do aparelho resulta a quantidade de energia elétrica utilizada pelos dispositivos.

O quilo representado por k significa 1000 vezes, ou em potência, 10^3



A quantidade de energia que utilizamos depende da potência dos aparelhos e do tempo de funcionamento.

$$\text{ENERGIA} = \text{POTÊNCIA} \times \text{TEMPO}$$

$$E = P \cdot t$$

Um aparelho de baixa potência, mas que funcione durante muito tempo diariamente, pode gastar mais energia que um aparelho de maior potência que funcione por menos tempo.

O que cobram na conta de luz?

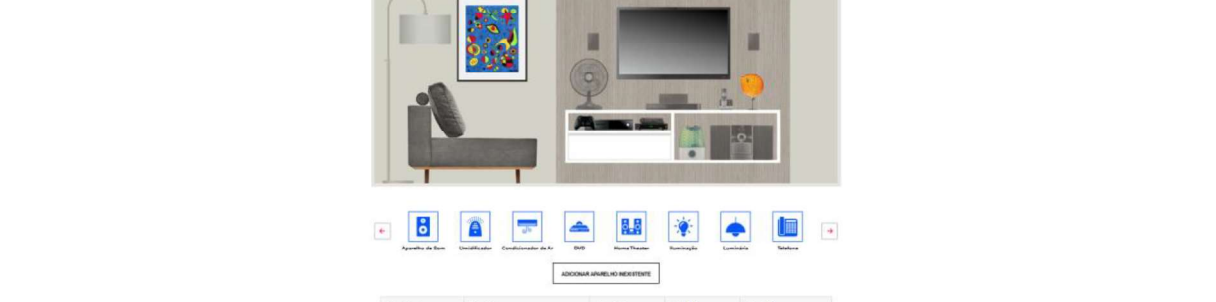
O valor da conta de luz que indica o consumo de energia elétrica representa o somatório do produto da potência pelo tempo de funcionamento de cada aparelho elétrico entre a leitura anterior e a atual.



Informações de identificação e básicas da rede.
Endereço;
Nome do cliente;
Tipo de Fornecimento e a Tensão que chega na residência.

Simulador de consumo de energia elétrica Enel – Indicado como atividade sugerida para os estudantes.

Sala





Aparelho de Som Umidificador Condicionador de Ar DVD Home Theater Iluminação Luminária Telefone

ADICIONAR APARELHO INEXISTENTE

Quantidade	Descrição	Uso diário	KWh/Mês	Custo/Mês	
1	Televisão	6 horas	17,10	R\$ 12,91	 
1	Iluminação	5 horas	9,00	R\$ 6,79	 
1	Condicionador de Ar	6 horas	125,00	R\$ 95,09	 
1	TV a Cabo	4 horas	18,00	R\$ 12,58	 
1	Video Game	2 horas	3,60	R\$ 2,72	 

Total Estimado do Cômodo

Consumo
173,70 kWh

Custo
R\$ 131,09

Tarifa
R\$ 0,754700

RESULTADO GERAL

Anexo da Aula 4: Materiais para a aula

Slides para a aula:

A Potência elétrica nos aparelhos

Para tomar um banhoquentinho, o chuveiro elétrico deve estar integrado a uma circuito que forneça energia elétrica. Na residência a fonte de tensão é a usina de energia elétrica, de onde vem a energia elétrica. Assim o chuveiro realiza sua função de aquecer a água.



Fonte: GREF

No interior do chuveiro possui uma espécie de resistência, nomeado resistor, como já estudado, esses dispositivos tendem resistir a passagem da corrente elétrica, elevando a temperatura. Esse fenômeno é conhecido como Efeito Joule.



Potência elétrica, Tensão e Corrente elétrica

Para a maioria dos aparelhos a tensão é a mesma, como a resistência pode varias, como no caso do chuveiro, ferro elétrico, a corrente elétrica depende da resistência oferecida. A relação da tensão com a corrente fornece a tensão do aparelho:

POTÊNCIA = CORRENTE X TENSÃO

$$P = i \cdot V$$

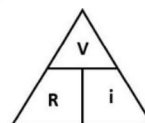
Maior aquecimento → Maior Potência → Maior Corrente



Qual a relação da Potência elétrica com a resistência?

Podemos tomar a resistência elétrica partindo da lei de ohm, no qual o produto da resistência com a corrente elétrica resulta na tensão sobre o dispositivo.

$$V = R \cdot i$$



Tomando $V = R \cdot i$ e $i = V/R$, a relação da potência com a resistência:

$$P = i \cdot V$$

$$P = R \cdot i^2$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Atividade 3 – Parte 1:**Exercícios de Preparação**

Atividade 3		Turma:	
Parte 1	Professor:	Data: / /	
Estudante:			

1. (PISM-UFJF 2025) Nos últimos anos, carros elétricos estão se tornando populares por causa da sua praticidade, economia com combustível, manutenção e por questões ambientais. Entretanto, alguns de seus pontos negativos estão na demora para carregamento da bateria e na autonomia do carro (distância máxima percorrida com uma carga completa da bateria). Um determinado modelo de carro elétrico popular possui bateria de 45 kWh e pode ser carregado em casa, em uma tomada comum.

(A) Considere o carregamento doméstico realizado com uma fonte de corrente constante fornecendo 20 A de corrente a 100 V de tensão. Calcule o tempo para o carregamento completo da bateria desse modelo a partir da bateria vazia.

(B) Considerando o consumo médio de 15 kWh a cada 100 km rodados na cidade, calcule a autonomia do carro.

2. (PISM-UFJF 2023) Para proteger um sistema elétrico de sobrecargas na rede, foi inserido um fusível na entrada de alimentação. Sabendo que a tensão de operação do sistema é de 110 V e fazendo um circuito equivalente, determina-se que a resistência total é de 55 ohms. Calcule a corrente máxima que o fusível deve suportar e a potência elétrica máxima que o equipamento dissipa.

3. – (PISM-UFJF 2023) Em um resistor há a transformação de energia elétrica em energia térmica; já em um motor elétrico há a conversão também de energia elétrica em energia térmica e principalmente em energia mecânica. Motores elétricos acionam aparelhos domésticos como liquidificadores, aspiradores, máquinas de lavar, etc. Um exemplo de motor elétrico que pode trazer vários benefícios por ser menos poluente e mais silencioso é o do carro elétrico. Na maioria desses motores há plaquinhas com informações sobre alguns valores específicos do aparelho; dois desses valores são a potência elétrica e a tensão na qual deverá ser ligado o aparelho. Sabendo que para um determinado motor esses valores são de 1100 W e 110 V, respectivamente:

A) Determine a corrente que irá passar pelo motor.

B) Se 20% da energia elétrica é transformada em energia térmica, calcule a resistência interna do motor.

C) Supondo que o motor fique ligado durante 1h, determine o valor da energia que será transformada em energia mecânica (mais especificamente energia cinética).

4. (PISM-UFJF 2023 – Adaptada) Um estudante quer iluminar um ambiente com uma lâmpada com especificações de fábrica de 24 W e 6 V. No entanto, ele só tem uma fonte de 12 V e alguns resistores que pode usar com a fonte para montar um circuito elétrico e acender a lâmpada. Qual o valor do resistor que ele deve usar em série com a fonte e lâmpada para atender às especificações de fábrica da lâmpada?

Anexo da Aula 5: Materiais para a aula

Atividade 3 – Parte 2 Exercícios de Preparação

Atividade 3		Turma:	
Parte 2	Professor:	Data: / /	
Estudante:			

5. (PISM-UFJF 2022) Todos os aparelhos elétricos transformam energia elétrica em outras formas de energia. O consumo elétrico de um aparelho é a energia elétrica total que se transforma em outros tipos de energia. Considere um aparelho aquecedor de água equipado com um resistor fabricado para operar em 220 V e que nestas condições apresenta uma potência elétrica de 2200 W.

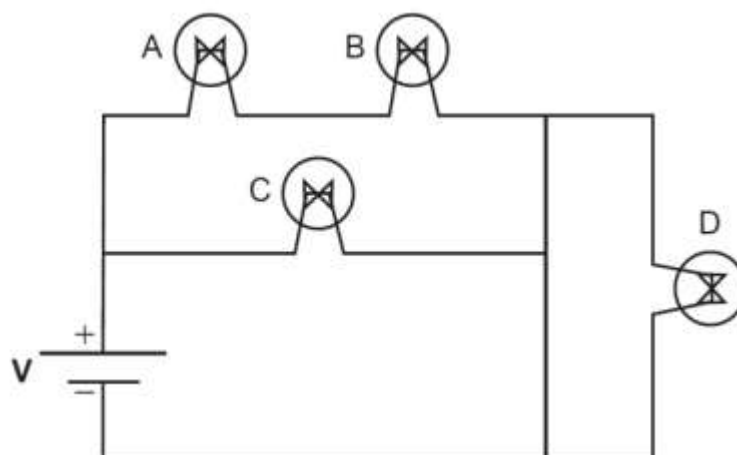
A) Se o aparelho for ligado em 110 V, sabendo que o aumento da temperatura da água é proporcional à potência elétrica dissipada no resistor, que valor deveria ter o resistor para que ele aqueça a água da mesma maneira que faria quando ligado em 220 V?

B) Estime, em kWh, o consumo mensal de energia elétrica deste aparelho, operando em 220 V, se ele ficar ligado durante 15 minutos por dia. Considerando que cada kWh custa 1,10 Reais, qual seria a despesa mensal? Considere um mês composto de 30 dias.

6. (ENEM 2017 PPL – Adaptada) As especificações de um chuveiro elétrico são: potência de 4.000 W, consumo máximo mensal de 21,6 kWh e vazão máxima de 3 L/min. Em um mês, durante os banhos, esse chuveiro foi usado com vazão máxima, consumindo o valor máximo de energia especificado. O calor específico da água é de $4.200 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ e sua densidade é igual a 1 kg/L.

Qual a variação da temperatura da água usada nesses banhos?

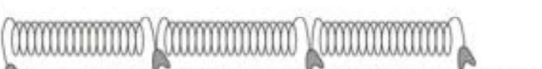
7. (ENEM 2022 – PPL) No circuito elétrico, estão associadas quatro lâmpadas elétricas idênticas A, B, C e D. Considere a fonte de tensão (V) ideal.



Comparando-se o brilho das lâmpadas, se a lâmpada A queimar, de modo que não possa conduzir corrente elétrica, observa-se que

- as lâmpadas B e D apagam-se, e C permanece acesa com o mesmo brilho.
- a lâmpada B apaga-se, a C permanece acesa com mesmo brilho e D permanece apagada.
- a lâmpada B apaga-se, a C permanece acesa com maior brilho e D permanece acesa com o mesmo brilho.
- a lâmpada B apaga-se, a C permanece acesa com o mesmo brilho e D permanece acesa com maior brilho.
- as lâmpadas C e D permanecem acesas com o mesmo brilho e B permanece acesa com maior brilho.

8. (ENEM 2020 PPL - Adaptada) Nos chuveiros elétricos, a água entra em contato com uma resistência aquecida por efeito Joule. A potência dissipada pelo aparelho varia em função da tensão à qual está ligado e do valor da resistência elétrica escolhida com a chave seletora. No quadro estão indicados valores de tensão e as possíveis resistências para cinco modelos de chuveiro. Nesse quadro, o valor das resistências é medido a partir da extremidade esquerda.

Chuveiro	Tensão	Posição de seleção da resistência elétrica
A	127 V	 5,0 Ω
B	127 V	 3,2 Ω 6,2 Ω
C	220 V	 8,0 Ω 17,3 Ω
D	220 V	 10,0 Ω 12,1 Ω 23,0 Ω
E	220 V	 10,5 Ω 24,2 Ω

Qual chuveiro apresenta a maior potência elétrica?

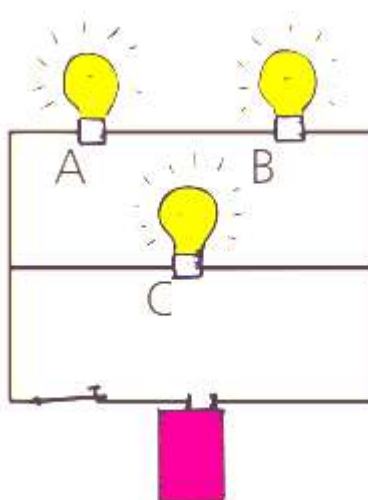
Exercícios complementares

Aprimorando os conceitos

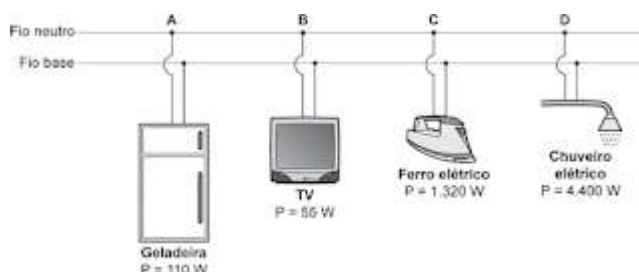
Exercícios Complementares 1	Turma:
Professor:	Data: / /
Estudante:	

1. (HEWITT 2015) Qual dessas é uma unidade de potência e qual é uma unidade de energia: um watt, um quilowatt, um quilowatt-hora?

2. (HEWITT 2015) No circuito mostrado abaixo, como se comparam os brilhos das lâmpadas, todas com idênticas especificações? Qual delas “puxa” mais corrente? O que acontecerá se a lâmpada A for desatarraxada do bocal? E se isso for feito com a lâmpada C?



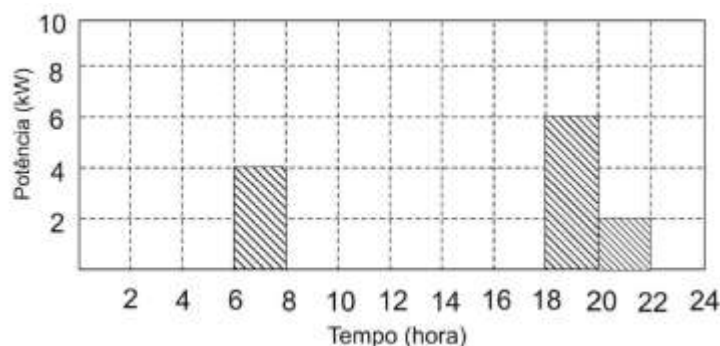
3. (ENEM 2009) A instalação elétrica de uma residência utiliza um circuito elétrico em paralelo, em que todos os equipamentos têm a mesma tensão. Quando o equipamento é ligado, ocorre variação na corrente elétrica do circuito, que é diretamente proporcional à potência (P) do aparelho. Observe a figura:



Indique, em ordem crescente, as variações nas correntes elétricas causadas por esses eletrodomésticos.

- a) A, B, C, D
- b) B, A, C, D
- c) D, C, A, B
- d) D, C, B, A
- e) A, D, C, B

4. (UFJF) O gráfico mostra a potência elétrica, em kW, consumida na residência de um morador da cidade de Juiz de Fora, ao longo do dia. A residência é alimentada com uma voltagem de 120 V. Essa residência tem um disjuntor que desarma, se a corrente elétrica ultrapassar um certo valor, para evitar danos na instalação elétrica. Por outro lado, esse disjuntor é dimensionado para suportar uma corrente utilizada na operação de todos os aparelhos da residência, que somam uma potência total de 7,20 kW.



- Qual é o valor máximo de corrente que o disjuntor pode suportar?
- Qual é a energia em kWh consumida ao longo de um dia nessa residência?
- Qual é o preço a pagar por um mês de consumo, se o 1kWh custa R\$ 0,50?

5. (UFU) Em uma escola secundária de uma cidade à beira mar, onde a temperatura da água na torneira do laboratório escolar era 20 °C e a tensão na instalação elétrica 120 V, um grupo de alunos aqueceu 300 cm³ de água em uma xícara, utilizando um aquecedor elétrico portátil de potência elétrica desconhecida. Essa água entrou em ebulição após 200 s da aplicação do referido aquecedor.

Considerando que toda a energia fornecida pelo aquecedor foi utilizada para aumentar a temperatura da água e utilizando os dados

1 cal = 4J;

densidade da água = 1 g / cm³;

calor específico da água = 1 cal / (g° C),

determine:

- a quantidade de calor utilizada pela água para entrar em ebulição.
- a potência elétrica do aquecedor.
- a corrente elétrica no aquecedor.
- a resistência elétrica do aquecedor.

Anexo da Aula 6: Materiais para a aula

Atividade Experimental 1

Efeito Joule

Atividade Experimental 1	Turma:	
Professor:	Data: / /	
Estudante:		

Objetivo: Demonstrar o efeito térmico da corrente elétrica.

Materiais:

Palha de aço

2 Pilhas de 1,5 V

Fios para conexão

Montagem:

Ligar um pedaço de palha de aço a uma extremidade da pilha, fechar o circuito ligando a outra extremidade da pilha à palha de aço.

Montar e tirar foto – colocar aqui

Observar o que acontece.

Perguntas:

1. Descreva o que aconteceu no processo visualizado.

2. Cite quais os processos de transformações de energia envolvidos.

3. Qual é o **efeito da corrente elétrica** observado nessa atividade?

4. Como esse fenômeno se relaciona com o **efeito Joule**?

5. Dê um exemplo do cotidiano em que o **efeito térmico da corrente elétrica** é aproveitado.

Atividade Experimental 2

Quem aquece mais?

Atividade Experimental 2	Tuma:	
Professor:	Data: / /	
Estudante:		

O chuveiro elétrico é um dos equipamentos domésticos que mais consome energia elétrica. Seu funcionamento baseia-se na resistência elétrica, um fio condutor feito de material que oferece dificuldade à passagem da corrente elétrica. Essa resistência transforma parte da energia elétrica em energia térmica, aquecendo a água, um exemplo prático do efeito Joule. A potência elétrica do chuveiro indica a quantidade de energia transformada por unidade de tempo. Quanto maior a potência, mais rápido a água é aquecida, mas também maior é o consumo de energia.

Objetivos:

Analisar o comportamento do resistor durante o funcionamento.

Observar o aquecimento da água causado pela passagem de corrente elétrica (efeito Joule).

Verificar a influência da resistência elétrica na potência e na temperatura da água.

Relacionar a variação de temperatura com o tempo de exposição e a potência dissipada.

Materiais:

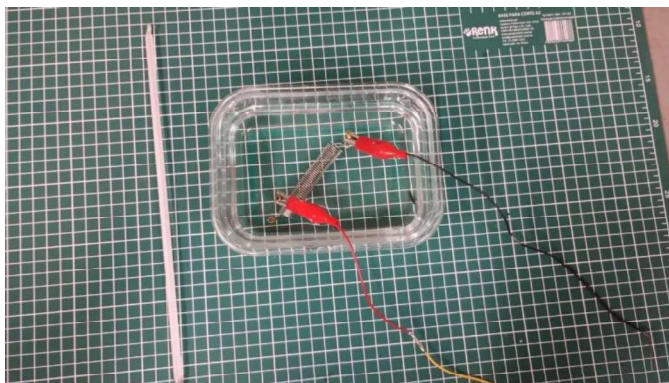
1 resistor de chuveiro elétrico.

Garra jacaré

- | | |
|------------------------|--|
| 1 termômetro | Balança |
| 1 palito de churrasco | Cronometro (pode utilizar um aparelho celular) |
| 2 recipientes de vidro | Água |
| Fios de cobre | |

Procedimentos

1. Organizar os materiais sobre a mesa ou bancada.
2. Montar o experimento conforme a imagem abaixo.



Etapa 1: para o resistor maior comprimento

3. Certificar que o equipamento está conduzindo corrente elétrica. (Ligar e Desligar)
4. adicionar 150 gramas de água ao recipiente. Aferir a temperatura inicial:

5. Conectar ao resistor – ligá-lo. Cronometrar 1 minuto. Aferir a temperatura da água:
_____.
6. Desligar o sistema.

Etapa 2: para o resistor menor comprimento

7. Certificar que o equipamento está conduzindo corrente elétrica. (Ligar e Desligar)
8. adicionar 150 gramas água ao recipiente. Aferir a temperatura inicial:

9. Conectar ao resistor – ligá-lo. Cronometrar 1 minuto. Aferir a temperatura da água:
_____.
10. Desligar o sistema.

Perguntas:

1. Complete a tabela com os dados do experimento realizado:

Etapa	Tipo de Resistencia	Temperatura inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	ΔT (°C)	Tempo (s)
1	Maior comprimento				
2	Menor comprimento				

2. Qual dos resistores aqueceram mais?

3. O Resultado obtido era o que você esperava?

4. Pensando no chuveiro elétrico, que você pode selecionar entre inverno e verão, qual das resistências seria ideal para o inverno? Por quê?

5. Uma vez que a potência elétrica é a quantidade de energia dissipada por unidade de tempo, estime como encontrar o valor da potência elétrica das resistências.

6. Encontre o valor da potência elétrica.

7. E qual é o valor da resistência elétrica do resistor?

Atividade experimental 3

Brilho das Lâmpadas

Atividade Experimental 3			Tuma:		
Professor:		Data: / /			
Estudante:					

Objetivos:

Identificar a relação da potência elétrica com resistência e o brilho da lâmpada.
Relacionar a configuração do circuito com a potência total dissipada.

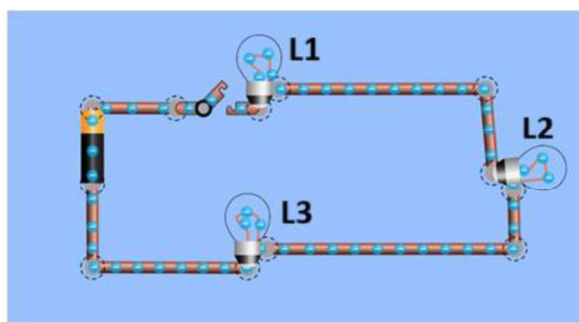
Materiais:

Simulador PHET

Procedimentos

Construir circuitos elétricos com resistores e lâmpadas observando o brilho das lâmpadas.

Montagem 1: Três lâmpadas em série



Altere a tensão da pilha para 20 V.

Anote a resistência das Lâmpadas _____

Ligue o circuito, no interruptor.

Veja a intensidade luminosa, brilho, nas lâmpadas.

A intensidade luminosa é:

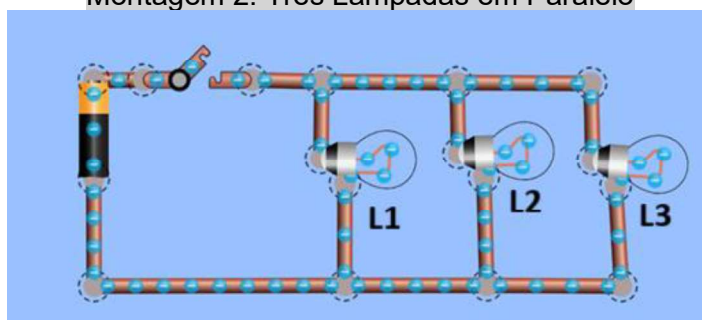
() a mesma em todas as Lâmpadas

() Maior na Lâmpada _____

() Menor na Lâmpada _____

Clique na lâmpada L3 e varie a resistência. O que está aconteceu com o brilho das lâmpadas, quando reduz e aumenta a resistência?

Montagem 2: Três Lâmpadas em Paralelo



Altere a tensão da pilha para 20 V.

Anote a resistência das Lâmpadas _____

Ligue o circuito, no interruptor.

Veja a intensidade luminosa, brilho, nas lâmpadas.

A intensidade luminosa é:

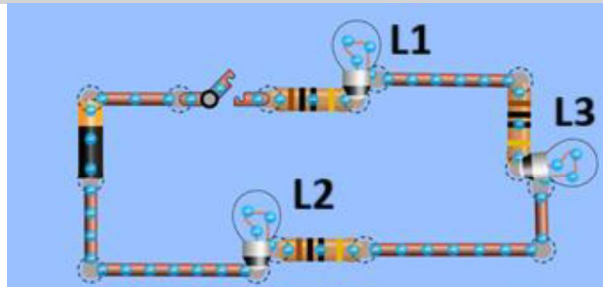
() a mesma em todas as Lâmpadas

() Maior na Lâmpada _____

() Menor na Lâmpada _____

Clique na lâmpada L3 e varie a resistência. O que está aconteceu com o brilho das lâmpadas, quando reduz e aumenta a resistência?

Montagem 3: Três resistores idênticos em série com as Lâmpadas



Altere a tensão da pilha para 20 V.

Anote a resistência das Lâmpadas _____

Ligue o circuito, no interruptor.

Veja a intensidade luminosa, brilho, nas lâmpadas.

A intensidade luminosa é:

() a mesma em todas as Lâmpadas

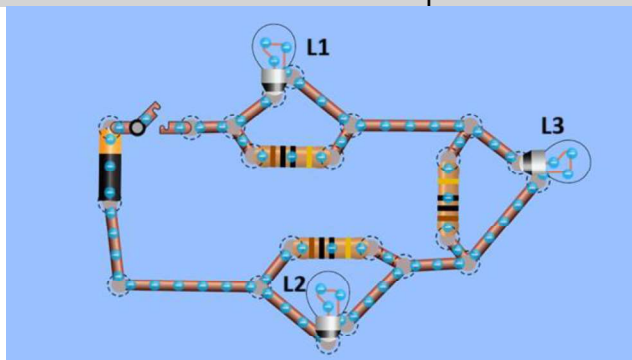
() Maior na Lâmpada _____

() Menor na Lâmpada _____

Clique na lâmpada L3 e varie a resistência. O que está aconteceu com o brilho das lâmpadas, quando reduz e aumenta a resistência?

Remova a lâmpada L3, o que aconteceu?

Montagem 4: Três resistores idênticos em paralelo com as Lâmpadas



Altere a tensão da pilha para 20 V.

Anote a resistência das Lâmpadas _____

Ligue o circuito, no interruptor.

Veja a intensidade luminosa, brilho, nas lâmpadas.

A intensidade luminosa é:

() a mesma em todas as Lâmpadas

() Maior na Lâmpada _____

() Menor na Lâmpada _____

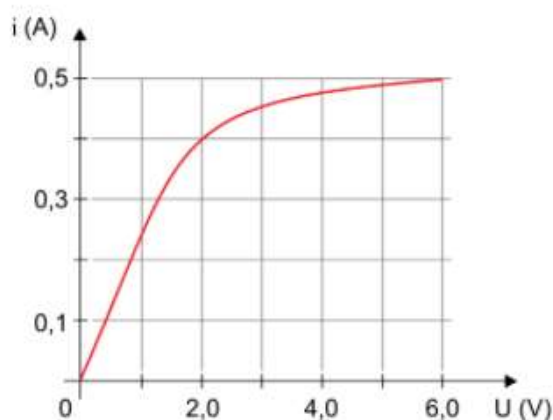
Clique na lâmpada L3 e varie a resistência. O que está aconteceu com o brilho das lâmpadas, quando reduz e aumenta a resistência?

Remova a lâmpada L3, o que aconteceu?

Anexo da Aula 8: Materiais para a aula

Exercícios complementares 2

1. (FAMERP 2020 – Adaptado) O gráfico mostra a intensidade da corrente elétrica que percorre o filamento de uma pequena lâmpada incandescente em função da diferença de potencial aplicada entre seus terminais.



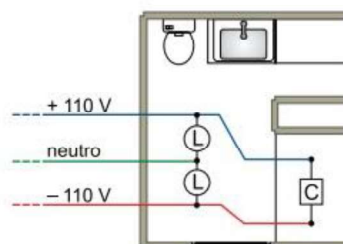
Quando o filamento dessa lâmpada é percorrido por uma corrente de 0,4 A, qual a potência dissipada por ele?

2. (UNESP - 2020 - 2ª FASE) O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) tem o objetivo de orientar o consumidor quanto ao consumo e à eficiência energética dos principais eletrodomésticos nacionais. A figura 1 ilustra a etiqueta de um chuveiro elétrico, apresentando a tensão nominal de funcionamento e as potências nominal e econômica (potência máxima e mínima do chuveiro). Em um banheiro, foram instalados esse chuveiro (C) e duas lâmpadas idênticas (L), de valores nominais (110 V – 60 W) cada, conforme a figura 2.

FIGURA 1

Energia (Elétrica)		Chuveiro
Marca	Abcdefg	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SUPERIOR A
Modelo	Água quente	XX %
Tensão nominal	220 V	
Potência nominal	6 000 W	
Potência econômica	2 200 W	
Classe de Potência		
2 400 W	A	E
3 500 W	B	
4 600 W	C	
5 700 W	D	
6 800 W	E	
7 900 W	F	

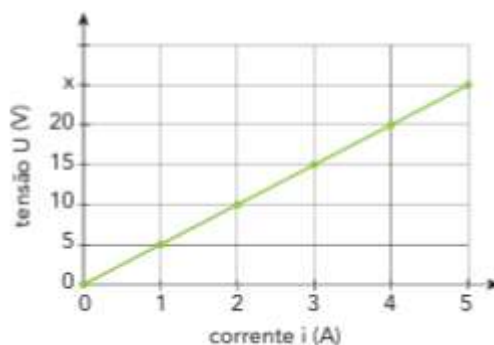
FIGURA 2



a) Calcule a intensidade da corrente elétrica, em ampères, que atravessa o chuveiro e determine a resistência elétrica, em Ω , desse chuveiro quando ele opera com sua potência econômica.

b) Considere que as duas lâmpadas desse banheiro fiquem acesas simultaneamente por 30 minutos e que, nesse intervalo de tempo, o chuveiro permaneça ligado por 20 minutos, operando com sua potência nominal. Admitindo que 1 kWh de energia elétrica custe R\$ 0,50, calcule o gasto, em reais, gerado nos 30 minutos desse banho, devido ao funcionamento do chuveiro e das lâmpadas.

3. (UERJ 2025 - 2ºExame) Para determinar a potência dissipada por um equipamento industrial, verificou-se a relação entre a corrente elétrica i , em ampères, e a tensão U , em volts, aferidas no circuito. O valor da tensão x , correspondente à corrente de 5 A, não foi registrada, conforme indica o gráfico.



Nesse circuito, quando $i = 5$ A, a potência instantânea dissipada pelo equipamento, em watts, é igual a:

- a) 125
- b) 150
- c) 175
- d) 200

4. Em dias frios, muitas pessoas ajustam o chuveiro elétrico para a posição “inverno” a fim de aquecer melhor a água do banho. Um modelo de chuveiro possui potência de 6,4 kW nessa posição e aquece a água que o atravessa com uma vazão de 50 gramas por segundo.

Sabendo que a água entra no chuveiro a 23°C , determine a temperatura da água ao sair.

Dados: calor específico da água $1,0 \text{ cal/g } ^{\circ}\text{C}$; $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$.

Anexo da Aula 9: Materiais para a aula

Exercícios complementares 3 Aprimorando os conceitos

Exercícios Complementares 3			Tuma:		
Professor:		Data: / /			
Estudante:					

1. (UNESP 2020) Na maioria dos peixes elétricos as descargas são produzidas por órgãos elétricos constituídos por células, chamadas eletroplacas, empilhadas em colunas. Suponha que cada eletroplaca se comporte como um gerador ideal.

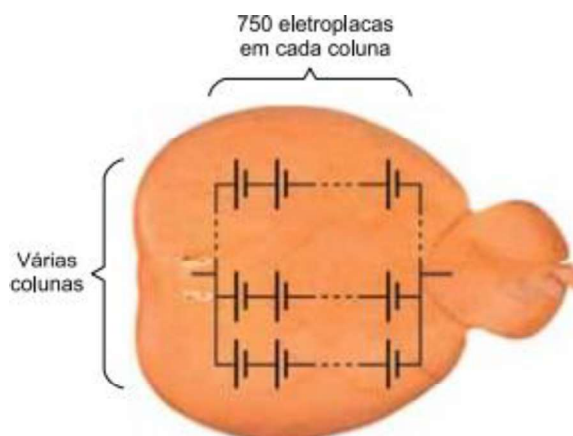


Suponha que o sistema elétrico de um poraquê, peixe elétrico de água doce, seja constituído de uma coluna com 5 000 eletroplacas associadas em série, produzindo uma força eletromotriz total de 600 V.



(<https://hypescience.com>. Adaptado.)

Considere que uma raia-torpedo, que vive na água do mar, possua um sistema elétrico formado por uma associação em paralelo de várias colunas, cada uma com 750 eletroplacas iguais às do poraquê, ligadas em série, constituindo mais da metade da massa corporal desse peixe.



(www.megatimes.com.br. Adaptado.)

Desconsiderando perdas internas, se em uma descarga a raia-torpedo conseguir produzir uma corrente elétrica total de 50 A durante um curto intervalo de tempo, a potência elétrica gerada por ela, nesse intervalo de tempo, será de

- a) 3500 W
- b) 3000 W
- c) 2500 W
- d) 4500 W
- e) 4000 W

2. (PAES – UEMA 2020) Dependendo da região, a tensão das instalações elétricas no Brasil é de 110 V ou 220 V. Por isso é comum o uso de um sistema de proteção para os aparelhos elétricos, as conhecidas régua, filtros de linhas, que possuem dispositivos de segurança que evitam a passagem de altas correntes para os aparelhos neles conectados.

Em uma residência, os equipamentos elétricos têm as seguintes características, descritas conforme a tabela de tensão e de potência. Os aparelhos estão ligados ao filtro de linha, todos associados em paralelo.

Tabela I

Aparelhos	Tensão	Potência Aproximada (W - WATTS)
Cafeteira Elétrica	220 V	660
Liquidificador	220 V	220
Máquina de Lavar	220 V	1100
Torradeira Elétrica	220 V	2200
Ventilador	220 V	110
Secador de Cabelo	220 V	990

a) Qual a intensidade total de corrente elétrica no filtro após todos os equipamentos estarem ligados?

b) A tabela a seguir traz os valores das correntes elétricas em miliampère (mA), seguidos dos efeitos causados sobre o corpo humano.

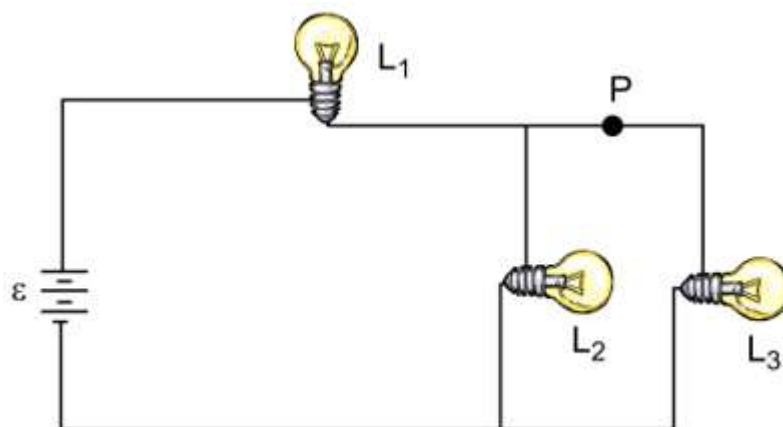
Corrente Elétrica	Dano Biológico
Até 10 mA	Dor e contração muscular
De 10 até 20 mA	Aumento das contrações musculares
De 20 mA até 0,1 A	Parada respiratória
0,1 até 3 A	Fibrilação ventricular que pode ser fatal
Acima de 3 A	Parada cardíaca, queimaduras graves

Qual o dano biológico que essa intensidade de corrente obtida no item anterior poderia provocar sobre o indivíduo?

c) Na residência universitária, os equipamentos são ligados em um filtro de linha com um fusível que suporta 20 A com tolerância de 10 %. Certo dia, todos os “cinco primeiros” equipamentos da tabela de tensão e potência (tabela I), já estavam ligados, quando a estudante Maria ligou o secador de cabelo. O que aconteceu com o fusível: queimou ou não queimou? Justifique sua resposta com o cálculo.

d) Qual seria, aproximadamente, o gasto mensal (30 dias) de consumo, considerando apenas os “três aparelhos” de maior potência da residência ligados durante meia hora todos os dias? Considere R\$ 0,65 o preço do kWh.

3. (FGV – 2020)O esquema representa um circuito elétrico composto por uma bateria ideal de força eletromotriz ε e três pequenas lâmpadas incandescentes idênticas.



Supondo que as resistências das lâmpadas sejam constantes, se o circuito for interrompido no ponto P, o brilho

- a) de L_1 aumentará e o de L_2 diminuirá.
- b) de L_1 e L_2 aumentarão.
- c) de L_1 e L_2 não se alterarão.
- d) de L_1 diminuirá e o de L_2 aumentará.
- e) de L_1 diminuirá e o de L_2 não se alterará.

4. (FUVEST 2023)O Brasil é o país recordista mundial em queda de raios, com uma estimativa de mais de 70 milhões de eventos desse tipo por ano. Uma descarga elétrica dessas pode envolver campos elétricos da ordem de dez kilovolts por metro e um deslocamento de 30 coulombs de carga em um milésimo de segundo.

Com base nessas estimativas e assumindo o campo elétrico como sendo constante, a potência associada a um raio de 100 m de comprimento corresponde a:

- a) 30 GW
- b) 3 GW
- c) 300 MW
- d) 30 MW
- e) 3 MW

Anexo da Aula 10: Materiais para a aula

Justificativas das questões do banco de questões

Questão 1:

Questão 59 ENEM 2016 Caderno Amarelo

A usina de Itaipu é uma das maiores hidrelétricas do mundo em geração de energia. Com 20 unidades geradoras e 14 000 MW de potência total instalada, apresenta uma queda de 118,4 m e vazão nominal de 690 m³/s por unidade geradora. O cálculo da potência teórica leva em conta a altura da massa de água represada pela barragem, a gravidade local (10 m/s²) e a densidade da água (1 000 kg/m³). A diferença entre a potência teórica e a instalada é a potência não aproveitada.

Disponível em: www.itaipu.gov.br. Acesso em: 11 maio 2013 (adaptado)

Qual é a potência, em MW, não aproveitada em cada unidade geradora de Itaipu?

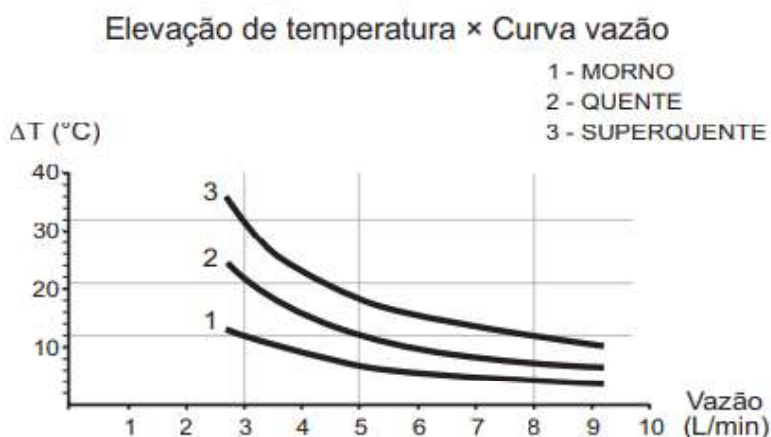
Alternativas	Justificativas
a) 0	O estudante pode interpretar que a potencia total é a mesma que a útil considerando que não há outra dissipação, ou ainda propor uma eficiência de 100%.
b) 1,18	A falta de interpretação do problema pode levar o aluno a identificar um valor numérico já apresentado, nesse caso a altura da queda corresponde a 118,4 m e por acaso realizou alguma divisão por 100.
c) 116,96	A Potência elétrica pode ser calculada pela relação da massa com a densidade o volume do corpo, nesse caso com a vazão da água, assim a potência provinda da energia potencial gravitacional: $P = m \cdot g \cdot h$, onde m é massa da água, g é a aceleração da gravidade no local e h a altura da queda. Fazendo a substituição da massa, $m = d \cdot Z$. Tal que a Potência total, $P_{\text{total}} = d \cdot Z \cdot g \cdot h$. Onde d é a densidade, Z é a vazão, g é a aceleração da gravidade e h a altura da queda. $P_{\text{total}} = 1000 \cdot 690 \cdot 10 \cdot 118,4 = 816.960.000 \text{ W}$ Utilizando a notação científica para expressar a potência em megawatt (MW): $P_{\text{total}} = 816,96 \text{ MW}$ Enquanto a Potência útil da usina é o tanto de energia fornecida pelas unidade geradoras: $P_{\text{útil}} = 14000/20$ $P_{\text{útil}} = 700 \text{ MW}$ Assim a Potência dissipada corresponde a diferença entre a potência gerada pela queda d'água com a potência aproveitada. $P_{\text{dissipada}} = P_{\text{total}} - P_{\text{útil}}$ $P_{\text{dissipada}} = 816,96 - 700 = 116,96 \text{ MW.}$
d) 816,96	O aluno pode ter entendido que a potencia dissipada fosse correspondente a energia total.
e) 13 183,04	Supõe que há confusão, um valor tão grande indica que o aluno pode ter feito series de operações matemáticas sem cunho interpretativo do problema.

Questão 2:

Questão 134 ENEM 2017 Caderno Azul

No manual fornecido pelo fabricante de uma ducha elétrica de 220 V é apresentado um gráfico com a variação da temperatura da água em função da vazão para três condições (morno, quente e superquente). Na condição superquente, a potência dissipada é de 6 500 W. Considere o calor específico da água igual a 4 200 J/(kg °C) e densidade da água igual a 1

kg/L.



Com base nas informações dadas, a potência na condição morno corresponde a que fração da potência na condição superquente?

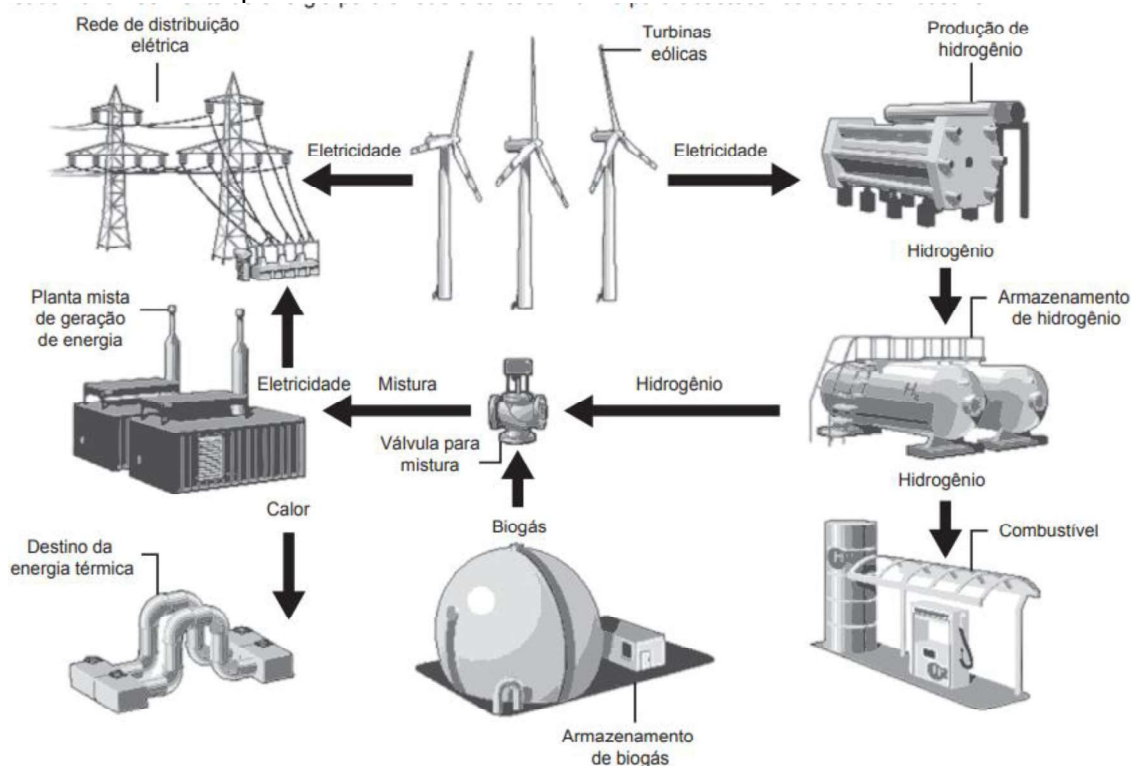
Alternativas	Justificativas
a) 1/3	O aluno pode fazer a leitura errada da variação de temperatura, exemplo o aquecimento morno a 8 °C e superaquecimento a 35 °C
b) 1/5	O aluno pode ter utilizado uma regra de três para achar a potência elétrica dissipada pelo aquecimento morno, mesmo com confusão na escolha dos valores a partir do gráfico.
c) 3/5	O aluno pode ter pensado que o aquecimento “morno” estava próximo de 15 °C e o superquente 25 °C, arredondando incorretamente.
d) 3/8	O objetivo do exercício é encontrar a razão entre a potência na condição morna e superquente, para analisar a razão precisa-se atentar para a vazão. Nessa análise, é necessário manter uma das grandezas fixas no diagrama da Variação de temperatura com a vazão. Montando a razão, uma vez que potencia é a taxa de transferência de energia (calor) por unidade de tempo. $\frac{\text{Potência morno}}{\text{Potência superquente}} = \frac{\text{Pot}_1}{\text{Pot}_3} = \frac{\frac{H_1}{\Delta t_1}}{\frac{H_3}{\Delta t_2}}$ A quantidade de calor necessária para alterar a temperatura da água pode ser expressão por: $H=m.c.\Delta T$. E mantendo um valor fixo da vazão em 3 L/min, a variação de temperatura para estágio morno, $\Delta T_1=32\text{ °C}$, e para o superquente, $\Delta T_3=12\text{ °C}$. Assim, conserva-se a massa de água dos dois estágios e o intervalo de tempo ($\Delta t_1=\Delta t_3$). Então, $\frac{\text{Pot}_1}{\text{Pot}_3} = \frac{\frac{m.c.\Delta T_1}{\Delta t_1}}{\frac{m.c.\Delta T_3}{\Delta t_3}}$ $\frac{\text{Pot}_1}{\text{Pot}_3} = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_3}$, substituindo as variações de temperatura: $\frac{\text{Pot}_1}{\text{Pot}_3} = \frac{12}{32} = \frac{3}{8}$
e) 5/8	O aluno provavelmente confundiu o gráfico, acreditando que a variação de temperatura no aquecimento morno era de

	aproximadamente 15 °C e no superquente de 24 °C, assim, $15/24 = 5/8$.
--	---

Questão 3:

Questão 105 ENEM 2017 Caderno Amarelo:

A figura mostra o funcionamento de uma estação híbrida de geração de eletricidade movida a energia eólica e biogás. Essa estação possibilita que a energia gerada no parque eólico seja armazenada na forma de gás hidrogênio, usado no fornecimento de energia para a rede elétrica comum e para abastecer células a combustível.



Mesmo com ausência de ventos por curtos períodos, essa estação continua abastecendo a cidade onde está instalada, pois o(a)

Alternativas	Justificativas
a) planta mista de geração de energia realiza eletrólise para enviar energia à rede de distribuição elétrica.	O estudante pode lembrar que a eletrólise usa energia elétrica para produzir hidrogênio e associar isso de modo simplista com o fornecimento de energia. A eletrólise consome energia elétrica, não fornece. A função dela é armazenar energia na forma de hidrogênio, não entregar diretamente à rede.
b) combustão da mistura biogás-hidrogênio gera diretamente energia elétrica adicional para a manutenção da estação.	Menciona biogás + hidrogênio, elementos reais da estação, o que dá credibilidade. A combustão desses gases gera calor (ou alimenta células a combustível), e só depois esse calor pode ser convertido em eletricidade. Não existe geração elétrica direta pela combustão.
c) conjunto de turbinas continua girando com a mesma velocidade, por inércia, mantendo a eficiência anterior.	O aluno pode pensar que a inércia das pás do aerogerador manteria o sistema ativo por algum tempo. A inércia mecânica das turbinas é muito pequena diante da potência elétrica demandada por uma cidade — não

	sustenta a geração. Isso só vale por frações de segundo, e não para “abastecer a cidade”.
d) hidrogênio produzido e armazenado é utilizado na combustão com o biogás para gerar calor e eletricidade.	Quando não há energia eólica, seguindo esquema, percebe-se que a ainda há armazenamento de hidrogênio e biogás para geração de calor e eletricidade.
e) planta mista de geração de energia é capaz de utilizar todo o calor fornecido na combustão para a geração de eletricidade.	Pode induzir o estudante a lembrar do princípio da conservação da energia. Em nenhum processo termoeletrico o calor é convertido integralmente em eletricidade. Sempre há perdas por limitações termodinâmicas (Segunda Lei da Termodinâmica).

Questão 4:

Questão 109 ENEM 2018 Caderno Amarelo:

Alguns peixes, como o poraquê, a energia-elétrica da Amazônia, podem produzir uma corrente elétrica quando se encontram em perigo. Um poraquê de 1 metro de comprimento, em perigo, produz uma corrente em torno de 2 ampères e uma voltagem de 600 volts.

O quadro apresenta a potência aproximada de equipamentos elétricos.

Equipamento elétrico	Potência aproximada (watt)
Exaustor	150
Computador	300
Aspirador de pó	600
Churrasqueira elétrica	1 200
Secadora de roupas	3 600

O equipamento elétrico que tem potência similar àquela produzida por esse peixe em perigo é o(a)

Alternativas	Justificativas
a) exaustor.	O aluno provavelmente se confundiu com as equações, talvez fizera $P = V/i^2 = 600/(2^2) = 150$.
b) computador.	O aluno pode ter feito interpretado a potência como a divisão da tensão pela corrente, ou seja: $P = 600/2 = 300 \text{ W}$.
c) aspirador de pó.	O aluno pode ter associado a potência elétrica com a voltagem, tensão.
d) churrasqueira elétrica.	A cálculo da potência elétrica é dado pelo produto da diferença de potencial pela corrente elétrica, então: $P=V.i$. Para o poraquê, $P=600.2 = 1200 \text{ W}$.
e) secadora de roupas.	Provavelmente o aluno adotou outra conversão de potência elétrica, como o caso de $P=v^2.R$, e ainda erro de leitura do número ou incompatibilidade. Fazendo: $P = v^2 = (600^2) = 360.000$.

Questão 5:

Carros elétricos estão cada vez mais baratos, no entanto, os órgãos governamentais e a indústria se preocupam com o tempo de recarga das baterias, que é muito mais lento quando comparado ao tempo gasto para encher o tanque de combustível. Portanto, os usuários de transporte individual precisam se conscientizar dos ganhos ambientais dessa mudança e planejar com antecedência seus percursos, pensando em pausas necessárias para recargas.

Após realizar um percurso de 110 km, um motorista pretende recarregar as baterias de seu carro elétrico, que tem um desempenho médio de 5,0 km/kWh, usando um carregador ideal

que opera a uma tensão de 220 V e é percorrido por uma corrente de 20 A.
Quantas horas são necessárias para recarregar a energia utilizadas nesse percurso?

Alternativas	Justificativa
a) 0,005	O aluno pode ter esquecido de converter o consumo de energia, expresso em kwh, expressar por meio da potência. 22 kWh = 22 x 10³ Wh = 22.000 Wh. O erro, leva o aluno a encontrar: $\Delta t = \frac{22}{(220).(20)} = \frac{22}{4.400} = 0,005 \text{ h}$
b) 0,125	O aluno associa o consumo de energia como produto do deslocamento com o desempenho e atribui o intervalo de tempo com a potência elétrica desenvolvida: $"\Delta t" = \frac{(110).(5)}{(220).(20)} = 0,125$
c) 2,5	Provavelmente o aluno pode ter confundido as grandezas, uma opção é utilizar a distância pretendida como unidade de consumo de energia e realizar a multiplicação por cem: $"\Delta t" = \frac{11.000}{(220).(20)} = 2,5$
d) 5,0	O enunciado aponta que a bateria do carro tem um desempenho médio de 5 km/kWh, assim o consumo energético necessário para realizar o percurso de 110 km é de $\frac{110 \text{ km}}{5 \text{ km/kWh}} = 22 \text{ kWh}$ Através do consumo de energia pode se encontrar o tempo que a bateria fornecera para funcionamento do carro, $E = P.\Delta t$ Uma vez que a potência é o produto da tensão pela corrente, P=V.i: $E = (V.i).\Delta t$ Daí o intervalo de tempo será: $\Delta t = \frac{E}{V.i}$ onde V = 220 V e i = 20 A $\Delta t = \frac{22.000}{(220).(20)} = \frac{22.000}{4.400} = 5 \text{ h}$
e) 8,0	Pode entender que a potência necessária é a mínima e divide o valor por 2, obtendo: $"\Delta t" = \frac{(110).(5)}{\left(\frac{(220).(20)}{2}\right)} = 8,0$

Questão 6:

Questão 111 ENEM 2022 Caderno Amarelo:

O manual de uma ducha elétrica informa que seus três níveis de aquecimento (morno, quente e superquente) apresentam as seguintes variações de temperatura da água em função de sua vazão:

Vazão $\left(\frac{\text{L}}{\text{min}}\right)$	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$		
	Morno	Quente	Superquente
3	10	20	30
6	5	10	15

Utiliza-se um disjuntor para proteger o circuito dessa ducha contra sobrecargas elétricas em qualquer nível de aquecimento. Por padrão, o disjuntor é especificado pela corrente nominal igual ao múltiplo de 5 A imediatamente superior à corrente máxima do circuito. Considere que a ducha deve ser ligada em 220 V e que toda a energia é dissipada através da resistência do chuveiro e convertida em energia térmica transferida para a água, que apresenta calor específico de 4,2 J/g °C e densidade de 1 000 g/L.

O disjuntor adequado para a proteção dessa ducha é especificado por:

Alternativas	Justificativas
a) 60 A	O aluno pode ter usado a tensão de 110 V, por exemplo. $i = 6300/110 = 57,27$ A, precisaria de um disjuntor de 60 A.
b) 30 A	A Potência elétrica dissipada no sistema vem da quantidade de calor, então: $P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{H \text{ (calor)}}{\Delta t}$ $P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{\Delta t}$ A massa pode ser expressa pela densidade, $m = d \cdot \text{Vol}$, $P = \frac{(d \cdot \text{Vol}) \cdot c \cdot \Delta T}{\Delta t}$ Enquanto a razão: $\frac{\text{Vol}}{\Delta t}$ é a razão (Z): $P = d \cdot Z \cdot c \cdot \Delta T$ Substituindo as grandezas, para a função superquente da ducha: $d = 1000 \text{ g/L}$ $Z = 6 \text{ l/min}$ $c = 4,2 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ $\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$ $P = 1000 \cdot 6 \cdot 4,2 \cdot 15$ $P = 378.000 \text{ J/min}$ Convertendo a potência para J/s (basta dividir por 60) $P = 6300 \text{ J/s} = 6300 \text{ W}$ Usando a relação da potência elétrica $P = V \cdot i$, sob uma tensão de 220 V a corrente elétrica será: $6300 = 220 \cdot i$ $i = 6300/220 \rightarrow i = 28,63 \text{ A} \approx 30 \text{ A}$ Por tanto como os disjuntores são dados em múltiplos de 5 A, o valor mais seguro é um disjuntor de 30 A.
c) 20 A	Provavelmente confundiu os dados do superquente como quente, A potência ficaria: $P = 1000 \cdot 6 \cdot 4,2 \cdot 10 = 256.000 \text{ J/min} = 4.200 \text{ J/s}$. Obtendo uma corrente elétrica: $i = 4.200/220 = 19,09 \text{ A}$. O disjuntor ideal para esse caso seria de 20 A.

d) 10 A	O aluno pode ter utilizado para o cálculo da potência a variação de temperatura de 5 °C, Assim: $P = 1000 \cdot 6,4 \cdot 2,5 = 126.000 \text{ J/min} = 2.100 \text{ J/s}$ Obtendo uma corrente de $i = 2.100/220 = 9,54 \text{ A}$. Nesse caso seria necessário um disjuntor de 10 A.
e) 5 A	Provavelmente o aluno interpretou a potência como metade: Fazendo $P = 1000 \cdot 6,4 \cdot 2,5 = 2.100 \text{ J/s} \rightarrow P = (2.100/2) = 1.050 \text{ J/s}$. Obtendo uma corrente para o disjuntor de: $i = (1.050)/(220) = 4,77 \text{ A} \cong 5 \text{ A}$.

Questão 7:

Questão 133 ENEM 2022 Caderno Amarelo:

Uma lanterna funciona com três pilhas de resistência interna igual a 0,5 Ω cada, ligadas em série. Quando posicionadas corretamente, devem acender a lâmpada incandescente de especificações 4,5 W e 4,5 V. Cada pilha na posição correta gera uma f.e.m. (força eletromotriz) de 1,5 V. Uma pessoa, ao trocar as pilhas da lanterna, comete o equívoco de inverter a posição de uma das pilhas. Considere que as pilhas mantêm contato independentemente da posição.

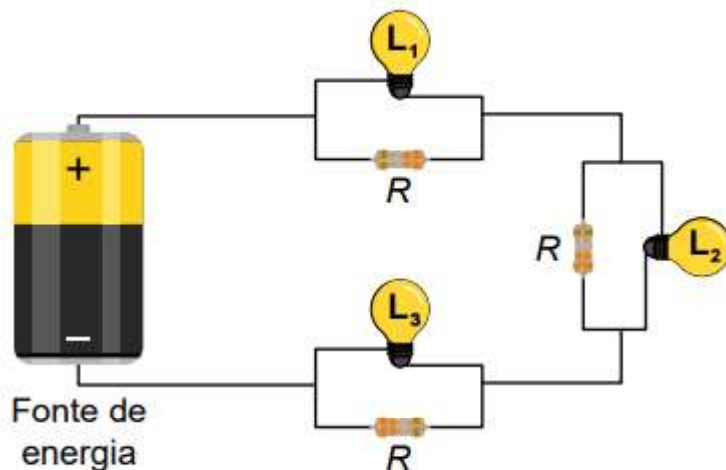
Com esse equívoco, qual é a intensidade de corrente que passa pela lâmpada ao se ligar a lanterna?

Alternativas	Justificativas
a) 0,25 A	Com as três resistências ligadas em série, a resistência das pilhas é de $r_{eq} = r_1 + r_2 + r_3$ $r_{eq} = 0,5 + 0,5 + 0,5 = 1,5 \text{ ohm}$ A resistência da lâmpada incandescente pode ser calculada pela relação da potência elétrica com a tensão: $P = \frac{U^2}{R} \rightarrow R = \frac{U^2}{P}$ $R = \frac{4,5^2}{4,5} = 4,5 \text{ ohm}$ A resistência total do circuito: $R_{total} = 1,5 + 4,5 = 6,0 \text{ ohm}$ A tensão sobre o sistema, lembrando que uma das pilhas está invertida: $V_E = 1,5 + 1,5 - 1,5 = 1,5 \text{ V}$ Assim, a corrente elétrica que passa pela lâmpada é dada por: $V = R \cdot i$ $1,5 = 6 \cdot i$ $i = (1,5)/6 = 0,25 \text{ A}$
b) 0,33 A	Se o aluno ignorar as resistências internas das pilhas, a resistência total no circuito assume o valor da resistência da lâmpada ($R = 4,5 \text{ ohm}$). E ao considerar a tensão de apenas uma pilha ($V = 1,5 \text{ V}$): $i = (1,5)/(4,5) = 0,333... \text{ A}$.
c) 0,75 A	Ao assumir que nenhuma das pilhas forma invertidas, A tensão total será de $V = 1,5 + 1,5 + 1,5 = 4,5 \text{ V}$. E a resistência equivalente das pilhas e da lâmpada, $R = 4,5 + 1,5 = 6,0 \text{ ohm}$. Assim a corrente elétrica seria: $i = (4,5)/(6) = 0,75 \text{ A}$.
d) 1,00 A	Ao considerar apenas a resistência da lâmpada ($R = 4,5$) e a tensão total com todas as pilhas sem inversão ($V = 4,5 \text{ V}$), logo a corrente elétrica seria: $i = (4,5)/(4,5) = 1 \text{ A}$.
e) 1,33 A	O aluno pode ter invertido a operação da corrente elétrica, ao considerar a tensão total igual a 6 V e a resistência como 4,5 ohm, assim, $i = 6/(4,5) = 1,33... \text{ A}$.

Questão 8:

Questão 98 ENEM 2023 Caderno amarelo

O circuito com três lâmpadas incandescentes idênticas, representado na figura, consiste em uma associação mista de resistores. Cada lâmpada (L_1 , L_2 e L_3) é associada, em paralelo, a um resistor de resistência R , formando um conjunto. Esses conjuntos são associados em série, tendo todas as lâmpadas o mesmo brilho quando ligadas à fonte de energia. Após vários dias em uso, apenas a lâmpada L_2 queima, enquanto as demais permanecem acesas.



Em relação à situação em que todas as lâmpadas funcionam, após a queima de L_2 , os brilhos das lâmpadas serão

Alternativas	Justificativa
a) os mesmos.	O aluno pensa que a queima de uma lâmpada em paralelo não afeta as outras (confunde com paralelo simples).
b) mais intensos.	O aluno imagina que, com uma lâmpada a menos, sobra mais tensão para as demais (ignora que o conjunto central virou só resistor).
c) menos intensos.	Situação inicial: Cada conjunto é formado por uma lâmpada em paralelo com um resistor R. Os três conjuntos estão em série entre si e ligados à fonte de tensão, os conjuntos são percorridos por uma mesma corrente elétrica. Como as lâmpadas são idênticas, cada uma recebe a mesma ddp e apresenta mesmo brilho. Situação 2: Lâmpada L_2 queima. Ao queimar L_2, o ramo correspondente às lâmpadas se abre, restando apenas o resistor R. Quando os resistores estão ligados em paralelo, quanto mais resistores, menor a resistência equivalente, nesse caso há a redução de um resistor, aumentando a resistência equivalente do circuito. As outras lâmpadas iram se acender só com menor intensidade devido a corrente elétrica ser menor que a situação inicial.
d) menos intenso para L_1 e o mesmo para L_3 .	O aluno acredita que só o ramo próximo à lâmpada queimada é afetado.
e) mais intenso para L_1 e menos intenso para L_3 .	O erro de assimetria: o circuito é simétrico, mas o aluno imagina uma “preferência” de corrente para um lado.