

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL

ELIEL FELIZARDO

TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: DA APRESENTAÇÃO LITERAL DOS SABERES AO
CONSUMO CONSCIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA
REFLEXÕES SOBRE A APRENDIZAGEM DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO

BENTO GONÇALVES, RS

OUTUBRO

2024

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

**TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: DA APRESENTAÇÃO LITERAL DOS SABERES AO
CONSUMO CONSCIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA
REFLEXÕES SOBRE A APRENDIZAGEM DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, sob a orientação do **Prof. Dr. Francisco Catelli**, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

BENTO GONÇALVES

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

F316t Felizardo, Eliel

Transposição didática [recurso eletrônico] : da apresentação literal dos saberes ao consumo consciente de energia elétrica reflexões sobre a aprendizagem de eletrodinâmica no ensino médio / Eliel Felizardo. – 2024.
Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2024.

Orientação: Francisco Catelli.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Física (Ensino médio) - Veranópolis (RS) - Estudo e ensino. 2. Eletrodinâmica - Estudo e ensino (Ensino médio). 3. Prática de ensino. 4. Aprendizagem. I. Catelli, Francisco, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 37.016:537.8

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

ELIEL FELIZARDO

**TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: DA APRESENTAÇÃO LITERAL DOS SABERES AO
CONSUMO CONSCIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA
REFLEXÕES SOBRE A APRENDIZAGEM DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em 31/10/2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Francisco Catelli - Orientador
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Profa. Dra. Elisa Boff
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Profa. Dra. Neiva Viera Trevisan
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Prof. Dr. Rafael de Carvalho Barbosa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS
Campus Bento Gonçalves

AGRADECIMENTOS

Ao concluir o Mestrado, olho para trás na jornada percorrida e vejo inúmeros motivos para agradecer. Primeiramente, agradeço ao próprio Deus, fonte de todas as bênçãos que recebi. Em retrospectiva, compreendo que até mesmo as fases difíceis da minha trajetória estudantil, pessoal e profissional serviram para me lapidar e me permitir concluir este ciclo com êxito. Sempre fui guiado e amparado por Sua divina providência.

Agradeço aos meus pais, que, com imensos sacrifícios e amor incondicional, sempre foram a luz que ilumina meus dias. A fé inabalável do meu pai nos ensinou, filhos, a jamais desistirmos de nossos sonhos. A bondade e o apoio da minha mãe representam uma dívida eterna de gratidão. Meu irmão, com sua paciência e resiliência, sempre esteve ao meu lado, me acompanhando e guiando pelo caminho certo.

Sou grato ao bondoso Deus pelos muitos amigos, homens e mulheres, que colocou em meu caminho. Agradeço aos meus mestres do IFRS, especialmente à Karine, à Fernanda, ao Felipe e ao Delair, pelos desafios que enfrentamos juntos e pelo incentivo constante à escrita, à publicação e à apresentação em diversos eventos, os quais foram cruciais para minha conquista.

Agradeço especialmente à professora Neiva Viera Trevisan, que foi a inspiração que me impulsionou a estudar a teoria da Transposição Didática e me incentivou a pesquisar que o saber se estende além do que é ensinado, alcançando a compreensão profunda.

Agradeço aos amigos que fiz no PPGE CiMa, especialmente aos colegas Lili e Emanuel, com quem cursei a graduação e compartilhei o Mestrado.

Agradeço especialmente à colega Lili pela parceria e por ter “topado” fazer um mestrado colaborativo, realizando juntos o nosso sonho de nos tornarmos mestres.

Agradeço aos professores da banca de qualificação (Dr. Odilon e Dra. Elisa) pelas valiosas contribuições e aos membros da banca examinadora da defesa (Dra. Elisa, Dra. Neiva e Dr. Rafael).

Agradeço a todos os demais professores do PPGE CiMa pelos ensinamentos construídos ao longo da minha trajetória e por sempre enfatizarem que fazer um mestrado significa transformar a educação!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Catelli, um professor extremamente humano e incentivador, com quem tive a oportunidade de ler e discutir diversos aspectos da educação. Agradeço por todas as aprendizagens construídas e por ser um exemplo de educador engajado em uma educação efetiva para o Brasil.

Ao coordenador, Prof. Dr. Odilon Giovannini Junior, agradeço pelo suporte e auxílio em todos os momentos que precisei.

Ao Colégio Regina Coeli, escola onde aprendi a ser professor e carrego como lema de vida o hino da tão amada escola: “Salve Regina Coeli, nosso orgulho é a ti pertencer!”.

Aos 15 alunos da 2ª série do Ensino Médio que se dispuseram a participar da aplicação do meu mestrado, guardo-os com carinho em minhas lembranças e peço ao misericordioso Deus que os guie em suas futuras escolhas profissionais e pessoais.

Agradeço, também, com imensa estima, aos alunos da 3ª série do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Médio Pedro Migliorini (Monte Belo do Sul - RS), com quem pude desenvolver, em um espírito colaborativo, atividades interdisciplinares e discutir temas “além dos muros da escola”.

Por fim, agradeço a todos que estiveram comigo neste momento de estudos e compreensão, contribuindo para a concretização deste meu sonho.

DEDICATÓRIA

- **Aos meus avós Jovenal e Carmelinda (in memoriam)**, com imensa saudade e gratidão pelo amor incondicional e pelos valores que me transmitiram.
- **Aos meus pais**, pilares fundamentais da minha vida, que sempre me incentivaram a buscar meus sonhos e me apoiaram em todas as etapas da minha trajetória.
- **Ao meu irmão e à minha cunhada**, companheiros de jornada, pelos momentos de alegria e apoio mútuo.
- **A todos os meus amigos**, que, mesmo sem mencionar seus nomes, guardo em meu coração a lembrança de cada um e a gratidão pela amizade que enriqueceu minha vida.
- **Aos meus professores do Ensino Fundamental**, que despertaram em mim o amor pelo conhecimento e pela educação.
- **Aos meus professores do Curso Normal**, que me proporcionaram as bases para me tornar um professor.
- **Aos meus professores do Ensino Superior (Licenciatura em Matemática)**, que me transmitiram a paixão pela Matemática e me prepararam para o desafio de ensinar.
- **Aos meus professores do Programa de Mestrado**, que me guiaram e me inspiraram durante a realização desta pesquisa.

Tenho a certeza de que esta conquista não é apenas minha, mas de todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho. A cada um de vocês, meu mais profundo agradecimento.

Por que há transposição didática? A resposta: porque o funcionamento didático do saber é distinto do funcionamento acadêmico, porque há dois regimes do saber, inter-relacionados, mas não superpostos.

(Chevallard, 1985, p.25)

RESUMO

O ensino de Eletrodinâmica nos espaços escolares ainda é permeado por práticas docentes abstratas e que não promovem uma aprendizagem duradoura e nem significativa para os alunos. Nesse sentido, à luz da Transposição Didática (TD), é que esta dissertação se propõe a refletir sobre a teoria da TD e os seus comentadores com o intuito de responder à pergunta investigativa: Como os princípios da Transposição Didática no ensino da Eletrodinâmica podem mediar a aprendizagem dos estudantes no Ensino Médio? Dessa forma, com estratégias de aprendizagem ativa, experimentações e simulações em *softwares* de Física é que se propõe a analisar e a discutir sobre os processos de ensino e de aprendizagem. O procedimento utilizado foi a intervenção pedagógica em uma turma da 2ª série do Ensino Médio da rede privada, tendo como sujeitos quinze alunos com idades entre 15 e 16 anos, no município de Veranópolis, localizado no interior do estado do Rio Grande do Sul, no segundo semestre do ano de 2023. De forma colaborativa e interdisciplinar também foi desenvolvida uma prática em uma turma da 3ª série do Ensino Médio, tendo como participantes dez estudantes com idades de 17 a 18 anos do município de Monte Belo do Sul de uma instituição pública, igualmente localizado no interior do Rio Grande do Sul. Os dados coletados e aferidos foram os diários de bordo dos envolvidos na pesquisa, anotações do professor/pesquisador, comunicação oral com os estudantes e entre eles e registro por meio de fotos. O planejamento aplicado contou com atividades de aprendizagens ativas, experimentações concretas, digitais e simulações, que por meio de categorizações retrataram a importância do ensino experimental em Física. Verificou-se que os estudantes da pesquisa possuem uma aprendizagem significativa e duradoura quando os objetos do conhecimento são aliados à experimentação e simulação, além de aplicados às Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. Assim, conclui-se que a TD é uma ferramenta imprescindível para o desenvolvimento dos educandos, mas para isso, é necessário romper com o sistema apostilar, aplicado em muitos educandários e dar espaço a um ambiente de amorosidade freiriana, dialogicidade e experimentações para que o abstrato dê lugar ao concreto.

Palavras-chave: transposição; apostila; experimentação; simulação; Física.

ABSTRACT

The teaching of Electrodynamics in school spaces is still permeated by abstract teaching practices that do not promote lasting or meaningful learning for students. In this sense, in the light of Didactic Transposition (DT), this dissertation proposes to reflect on the theory of DT and its commentators with the aim of answering the investigative question: How Didactic Transposition in teaching Electrodynamics can facilitate learning of high school students? In this way, with active learning strategies, experiments and simulations in Physics software, it is proposed to analyze and discuss teaching and learning processes. The procedure used was pedagogical intervention in a 2nd grade class of private high school, with fifteen students aged between 15 and 16 years as subjects, in the municipality of Veranópolis, located in the interior of the state of Rio Grande do Sul, in the second semester of the year 2023. In a collaborative and interdisciplinary way, there was also a practice in a 3rd grade high school class, with ten students aged 17 to 18 from the municipality of Monte Belo do Sul from a public institution as participants, also located in the interior of Rio Grande do Sul. The data collected and measured were the logbooks of those involved in the research, notes from the teacher/researcher, oral communication with the students and between them and records through photos. The applied planning included active learning activities, physical and digital experiments and simulations, which, through categorizations, portrayed the importance of experimental teaching in Physics. It was found that research students have significant and lasting learning when the objects of knowledge are combined with experimentation and simulation, in addition to being applied to Digital Information and Communication Technologies. Thus, it is concluded that DT is an essential tool for the development of students, but for this, it is necessary to break with the booklet system, applied in many schools and gives space to an environment of Freirean love, dialogicity and experiments so that the abstract give way to the concrete.

KEYWORDS: transposition; handout; experimentation; simulation; Physical.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equação Diferencial da Lei de Gauss.....	38
Figura 2 - Lei de Lenz.....	39
Figura 3 - Movimento Retilíneo Uniforme.....	40
Figura 4 - Dimensões da Transposição Didática.....	44
Figura 5 - Representação das relações da Transposição Didática.....	45
Figura 6 - Representação das relações da Transposição Didática.....	47
Figura 7 - Exemplo de aprendizagem mecânica.....	51
Figura 8 - Representação da Aprendizagem Mecânica e a Aprendizagem Significativa	52
Figura 9 - Slogan da formação de professores.....	53
Figura 10 - Etapas da TPS.....	59
Figura 11 - Esquema dos obstáculos epistemológicos	61
Figura 12 - Representação animista de eletricidade.....	64
Figura 13 - Representação realista da molécula	65
Figura 14 - Armandinho e a colaboração	71
Figura 15 - Aviso da prefeitura de Divinolândia - SP	73
Figura 16 - Atividade - 1ª Lei de Ohm.....	91
Figura 17 - Atividade - 2ª Lei de Ohm.....	92
Figura 18 – Registro de diferença de circuitos elétricos (Diário de Bordo).....	95
Figura 19 - Recorte de jogo sobre nós, ramos e malhas.....	95
Figura 20 - Situação-problema do think-pair-share.....	98
Figura 21 - Questão 98 do caderno amarelo do ENEM 2023	117
Figura 22 - Anotação resumo de Eletrostática	119
Figura 23 - Simulação “John Travoltagem”	119
Figura 24 - Resolução de uma questão da apostila SAS.....	120
Figura 25 - Exercício de aquecimento.....	126
Figura 26 - Questionamentos da One Minute Paper	127
Figura 27 - Questões de nós, ramos e malhas	129
Figura 28 - Alunos trabalhando em grupos.....	129
Figura 29 - Questão sobre Leis de Kirchhoff.....	130
Figura 30 - Resolução apresentada pelas alunas E11 e E12	130
Figura 31 - Experimento – Resistores	131
Figura 32 - Recorte da resposta dos estudantes E4 e E6.....	132
Figura 33 - Recorte da resposta dos estudantes E4 e E6	133
Figura 34 - Recorte da resposta dos estudantes E5 e E7.....	133
Figura 35 - Interface do simulador da Primeira Lei de Ohm – PhET Colorado	133
Figura 36 - Anotações da aluna E8	134
Figura 37 - Tomada para medição de potência elétrica de produtos elétricos.....	135
Figura 38 - Interface do simulador da Primeira Lei de Ohm – PhET Colorado.....	138
Figura 39 - Atividade prática	138
Figura 40 - Alunos realizando as tarefas	139
Figura 41 - Alunos em ação.....	140
Figura 42 - Aparelhos do experimento.....	143
Figura 43 - Registro diário de bordo da aluna M7.....	143
Figura 44 - Cálculos realizados no quadro.....	145

Figura 45 - Atividade analítica das Leis de Kirchhoff	150
Figura 46 - Diálogo inicial com os estudantes	151
Figura 47 - Alunos trabalhando em conjunto (EEEM Pedro Migliorini)	156
Figura 48 - Registro da aluna M1	157
Figura 49- Registro da aluna M7	157
Figura 50 - Definição da Lei das Malhas	160
Figura 51 - Painel dupla-face	161
Figura 52 - Recorte de registro no diário de bordo.....	162
Figura 53 - Enunciado - Leis de Kirchhoff.....	163
Figura 54 - Recorte Leis de Kirchhoff	164
Figura 55 - Representação da educação (ITA 2010).....	165
Figura 56 - Circuito elétrico com os seus termos.....	167

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de questões e itens coletados	82
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Motivos apresentados pelos professores para a adesão de SAE em Álvares Machado-SP	56
Quadro 2 - Comparação conceitual entre a aprendizagem cooperativa e a aprendizagem colaborativa.....	71
Quadro 3 – Aplicação da sequência didática.....	85
Quadro 4 - Relato de alguns eventos relevantes na implementação da sequência didática	86
Quadro 5 - Atividade experimental.....	89
Quadro 6 - Atividade com nós, ramos e malhas.....	96
Quadro 7 - Explicação da Lei dos Nós.....	99
Quadro 8 - Explicação da Lei das malhas (Diário de bordo do professor/pesquisador)	100
Quadro 9 - Continuação da explicação da Lei das malhas.....	101
Quadro 10 - Descrição da tomada para a medição de potência elétrica.....	105
Quadro 11 - Categorias extraídas das observações prévias	113
Quadro 12 - Organização curricular.....	115
Quadro 13 - Transcrição do comentário da aluna E7.....	122
Quadro 14 - Categorização das atitudes observadas, a partir da aplicação da sequência didática.	125
Quadro 15 - Material de leitura sobre nós, ramos e malhas.....	127
Quadro 16 - Transcrição do relato da estudante	136
Quadro 17 – Questionamentos: Experimentação dos resistores	137
Quadro 18 - Questionamentos dos alunos.....	137
Quadro 19 - Relato da aluna M3.....	141
Quadro 20 - Cálculo de potencial elétrico.....	143
Quadro 21 - Regra intuitiva do cálculo de energia.....	144
Quadro 22 - Transcrição do relato da estudante	146
Quadro 23 - Eliminação Gaussiana ou Escalonamento.....	149
Quadro 24 - Transcrição do relato da estudante M5	151
Quadro 25 - Transcrição do relato das alunas.....	152
Quadro 26 - Transcrição da explicação da resolução de sistemas lineares	153
Quadro 27 - Transcrição relato de estudantes	153
Quadro 28 - Recorte do depoimento da professora Liliane E. Luvisa.....	158
Quadro 29 - Transcrição de fala dos alunos que evidenciam fragilidades no ensino.....	160
Quadro 30 - Resultado da experimentação	162
Quadro 31 - Trecho do Produto Educacional.....	165
Quadro 32 - Registro oral do professor/pesquisador.....	166
Quadro 33 - Registro do professor/pesquisador	166

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Sistema de Equações	150
---------------------------------------	-----

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TD	Transposição Didática
TDICs	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
EJA	Ensino de Jovens e Adultos
LD	Livro Didático
LDF	Livro Didático de Física
EA	Educação Ambiental
CNE	Conselho Nacional de Educação
SAS	Sistema Ari de Sá
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
PUC	Pontifícia Universidade Católica
UFCSPA	Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
EEEM	Escola Estadual de Ensino Médio
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
EMC	Educação Matemática Crítica
IFRS	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
PPGECiMa	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
TPS	Think-pair-share
JiTT	Just-in-time-teaching
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
IA	Inteligência Artificial

Sumário

1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	27
2.1. Uma unidade didática sobre eletrodinâmica à luz da perspectiva freiriana	27
2.2. Uma proposta experimental e lúdica para o ensino de conceitos de eletrodinâmica em circuitos elétricos.....	30
2.3. O conteúdo de física no livro didático para Educação de Jovens e Adultos: uma análise da transposição didática.....	33
3. REFERENCIAL TEÓRICO	37
3.1. O ensino de Física e a Transposição Didática.....	38
3.2. Apresentação literal dos saberes e suas implicações.....	49
3.2.1. Estratégias de aprendizagem ativa.....	57
3.3. Os obstáculos epistemológicos.....	60
3.4. Trabalho colaborativo e cooperativo	67
3.4.1. Pensamento colaborativo e educação financeira	68
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	79
4.1. Caracterização da pesquisa.....	79
4.2. Contexto da pesquisa	80
4.3. Etapas da Pesquisa	81
4.4. A Sequência Didática.....	81
4.5. O papel do pesquisador	82
4.6. Produção dos dados pelos sujeitos.....	82
4.7. Técnicas de análise de dados.....	83
4.8. Desenvolvimento da pesquisa.....	83
4.9. Descrição dos encontros.....	86
5. DESCRIÇÃO E EXPLORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	89
5.1. Unidade Temática I – Efeito Joule, Resistores, 1ª e 2ª Leis de Ohm.....	89
5.2. Unidade Temática II – Nós, ramos e malhas.....	94
5.3. Unidade Temática III – Leis de Kirchoff (Lei dos nós e Lei das malhas).....	98
5.4. Unidade Temática IV – Energia elétrica e consumo consciente.....	104
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	111
6.1. INTRODUÇÃO, CATEGORIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	111
6.2. OBSERVAÇÕES PRÉVIAS SOBRE O CURRÍCULO, A PRÁTICA DOCENTE E AS REAÇÕES DOS ESTUDANTES.....	113
6.2.1. O currículo.....	114

6.2.2.	A prática educativa.....	118
6.2.3.	As reações dos estudantes.....	121
6.3.	OBSERVAÇÕES QUE RESULTARAM DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA. ...	123
6.3.1.	Inovação.	125
6.3.2.	Aluno em ação.....	136
6.3.3.	Currículo aplicado.	141
6.3.4.	Criticidade.....	146
6.3.5.	Atitudes de comprometimento.	152
6.3.6.	Colaboração.....	154
6.3.7.	Obstáculos epistemológicos.	158
7.	PRODUTO EDUCACIONAL.....	168
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	170
9.	REFERÊNCIAS.....	174
10.	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	183
11.	APÊNDICE B - TERMO DE ANUÊNCIA.....	185
12.	APÊNDICE C – DEPOIMENTO NA ÍNTEGRA DA PROFESSORA/PESQUISADORA LILIANE E. LUVISA.....	186
13.	APÊNDICE D – ETAPAS DO JITT.....	187
14.	APÊNDICE E – PRODUTO EDUCACIONAL.....	188

1. INTRODUÇÃO

Em um contexto histórico-social ainda lembramos da celeuma daquela Sexta-Feira Santa e a *Via Crucis*¹, do ano de 2005, presidida pelo Cardeal Joseph Ratzinger no Coliseu de Roma e, que assistíamos pela televisão o Santo Padre, Papa João Paulo II, da Capela particular segurando a Sagrada Cruz contemplando as meditações da ‘noite silenciosa’. Ao retomar uma das mensagens daquele fastidioso dia, na reflexão da Primeira Estação (Jesus é condenado à morte) “[...] *naquele momento sofrem a influência da multidão. Gritam porque os outros gritam e como gritam os outros. E, assim, a justiça é espezinhada pela cobardia, pela pusilanimidade e pelo medo da mentalidade predominante*” (Ratzinger, 2007, p. 7).

A Educação é um produto da sociedade no interior da qual ela se estabelece. É um tanto paradoxal que muitos daqueles que a produzem mantenham-na sob ataque. E este ataque se faz a partir dos recursos, muitos deles originais, que ela mesma, sociedade, gera. Recursos estes que atestam a vitalidade da sociedade, e por extensão, da Educação. A partir de uma visão aberta e inclusiva, diríamos que é assim mesmo que deveria ser, e é assim mesmo que ocorre.

Entretanto, as transformações do mundo exigem-nos um olhar atento, sensível às diferentes influências que a escola está enfrentando: Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), Inteligência Artificial (IA), uso frequente de dispositivos móveis, entre outros, são exemplos destes recursos. A escola, por meio da noosfera que a modela, deve zelar para que as mudanças nos processos de ensino e de aprendizagem reflitam os anseios da sociedade, predominantemente, e não que se curve, sistematicamente, às exigências de setores eventualmente muito poderosos, mas com representatividade limitada. Urge formar cidadãos, e a preparação para o mercado de trabalho é um dos elementos desta formação, não o objetivo final e dominante.

Para Ferretti, pesquisador na área da educação profissionalizante, o ensino técnico acaba por referendar a ideia de que parte da população não pode ou não teria interesse de ter acesso à educação superior, neste sentido, o ensino profissionalizante passa a ser uma negação de direitos, por outro lado, pode ser uma afirmação de direitos, na medida em que, efetivamente, parte da população, que possa não ter condições efetivas de ingressar em Universidades públicas ou pagar ensino superior, teria pelo menos algum tipo de formação que lhe permitiria algum tipo de inserção, ainda que mais precarizada, no mercado de trabalho (Fagundes, 2010, p. 42).

¹*Via Crucis* ou *Via Sacra* refere-se ao trajeto que foi percorrido por Jesus carregando a cruz, desde o Pretório até o Calvário, onde morreu.

“[...] e como gritam os outros [...]” com este trecho da mensagem e a retomada da palavra alemã *diktat*² caracteriza o que as instituições de ensino público e privado enfrentam nos últimos tempos, pois são impostas decisões que as consultas a comunidade (escolar, pais, alunos) são insuficientes, o que acarreta que por meio de decretos e normativas federais são determinadas com o objetivo de orientar o que deve ser realizado nas práticas educativas, mas não como tudo isto deve ser feito e nem quem está habilitado para realizar tal missão. E com isso surge a pergunta: O que deve ser feito? Já que mais uma vez a justiça é espezinhada pelo medo da perda do emprego ou pela covardia dos que detém o poder em implantar um sistema de educação que não leva em consideração as características particulares de cada indivíduo e, nem se importam com a qualidade do ensino, assumindo assim uma mercadoria para os governantes.

Assim, a qualidade da educação assume a lógica do mercado, a educação e a escola tornam-se mercadoria e, como tal, precisam ser geridas para alcançar os patamares de qualidade exigidos pelo modo societário vigente. A manutenção do status quo e o aprofundamento do distanciamento entre as classes sociais fundamenta a defesa da qualidade meritocrática e confunde os trabalhadores da educação conformando-os a um trabalho alienante e alienado (Flach, 2023, p. 12-13).

A discussão atual sobre a prática educativa “bancária” predominante é preocupante, pois muitos educadores ainda acreditam que ensinar se resume a repassar conteúdo para os alunos, enquanto estes apenas observam e seguem as instruções fornecidas pelo professor. No entanto, conforme nos orienta Freire (1996) em sua obra “**Pedagogia da Autonomia**”, ensinar não se trata simplesmente de transferir conhecimento, mas sim:

Saber que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção. Quando entro em uma sala de aula devo estar sendo um ser aberto a indagações, à curiosidade, às perguntas dos alunos, a suas inibições; um ser crítico e inquiridor, inquieto em face da tarefa que tenho – a de ensinar e não a de transferir conhecimento (Freire, 1996, p. 52).

A tarefa de ensinar é uma via de mão-dupla, onde quem ensina, também aprende e quem aprende ensina da mesma forma ou até mais, já que, por exemplo, os professores estão trabalhando com os “nativos digitais”, crianças e adolescentes para quem as TDICs fazem parte intrinsecamente das suas vidas. Precisamos nos adaptar a esta realidade, já que o dar aula como no passado não funciona, é ultrapassado e não desperta a curiosidade, motivação para ocorrer os processos de ensino e de aprendizagem:

² Substantivo masculino que se refere a uma decisão ou determinação imposta por meio da força.

Segundo Prensky (2006; 2001), os nativos digitais são aqueles que cresceram inseridos e cercados pelas TICs, em especial as digitais. Desse modo, a tecnologia analógica típica do século XX – como câmeras de vídeo, telefones com fio, informação não conectada (livro, por exemplo), disquete, dentre outras – é ultrapassada na percepção dos nativos digitais, que desde a mais tenra idade têm acesso às tecnologias digitais – como smartphone, pen drive, televisão digital, internet sem fio, dentre outros aparatos (Coelho *et al.*, 2018, p. 1081).

No que concerne à Física, há recursos, tais como experimentos e simulações em *softwares*, que podem, desde que bem empregados, despertar nos alunos a sede da descoberta e da aprendizagem. Um recurso adicional, este não dependente necessariamente de “novas tecnologias”, consiste em trabalhar com os alunos conceitos de Eletricidade e Eletrodinâmica, ligando-os à vida deles, como afirma Halliday *et al.* (2016):

Não é fácil estimar o valor econômico atual da Engenharia Elétrica e seus produtos, mas podemos ter certeza de que este valor aumenta de ano para ano, à medida que mais tarefas são executadas eletricamente. Hoje em dia, os aparelhos de rádio e televisão são sintonizados eletricamente; as mensagens são enviadas por e-mail, os artigos científicos são copiados na forma de arquivos digitais e lidos nas telas dos computadores (Halliday, *et al.*, 2016, p. 372).

O processo mecânico na educação, como muito bem representado por Charles Chaplin no curta-metragem *Tempos Modernos*, aquele que era realizado por longas listas de aplicações de fórmulas, que não passavam de atividades memorísticas³ que decorávamos para “ir bem nas provas” e não ser castigado pelos nossos pais ou professores, não tem mais lugar nas instituições escolares, por isso devemos pensar em outras estratégias e métodos para que a aprendizagem se torne eficaz e significativa.

Nesse sentido, é preciso retomar um conceito que foi esquecido das discussões escolares, mas que nos últimos tempos vem ganhando notoriedade pela sua importância no mundo educacional, que é a Transposição Didática (TD). Trata-se de uma teoria criada pelo professor francês, da Didática da Matemática, Yves Chevallard (1991) que consiste no conjunto de transformações adaptativas dos saberes acadêmicos de modo a transformá-los, de tal forma que possam se tornar “saberes a ensinar”, no âmbito do ensino escolar.

³ Moreira (2011) em seu livro “Aprendizagem significativa: a teoria e outros textos complementares” no seu primeiro capítulo em que retoma a teoria de David Ausubel sobre a *aprendizagem significativa* faz uma reflexão sobre a aprendizagem mecânica e o uso dela nas instituições de ensino que se opõem a uma aprendizagem significativa e se dão a partir de atividades de memorização, descontextualizadas e sem significado. (Moreira, 2011, p. 31-32).

Nessa perspectiva de combater o *diktat* e o ensino tradicional é que esta dissertação de mestrado vem apresentar, à luz da TD uma proposta de transformação na forma de ensinar e de aprender Física na etapa do Ensino Médio (EM) com o intuito de promover a aprendizagem potencialmente significativa de Eletrodinâmica. Para a consecução de tal empreitada, pretende-se empregar estratégias de aprendizagem ativas, experimentações e simulações em *softwares* de Física, utilizando-as como potencializadoras de uma aprendizagem significativa, já que segundo Pais (2019, p. 19) “A TD é um caso especial da transposição dos saberes, sendo esta entendida no sentido da evolução das ideias, no plano histórico intelectual da humanidade.”

Sobre os saberes de Eletrodinâmica, convém, inicialmente, levar em consideração que a grande maioria dos lares brasileiros possui, em quantidades que podem variar bastante, dado o grande número de dispositivos elétricos aí presente: lâmpadas, aquecedores de água, chuveiro elétricos, secadores de cabelo, máquinas de lavar roupa, máquinas de lavar louça, entre outros. Adicionalmente, cada vez mais nas habitações não somente brasileiras, mas no mundo, o crescimento de dispositivos eletrônicos tem aumentado, dos quais, o mais disseminado, é sem dúvidas, o telefone celular, encontrando também computadores, televisores, rádios e diferentes produtos.

Dessa forma, ao abordar os conceitos de Eletrodinâmica é, quase, obrigatório atrelar a prática pedagógica ao uso das TDICs, já que assim o professor recontextualiza o conteúdo, “[...] tentando relacioná-lo a uma situação que seja significativa para o aluno” (Machado, 2010, p.30 *apud* Pais, 2019, p. 68). Já Almeida (2007, p. 39 *apud* Pais 2019, p. 68) ao citar Chevallard afirma que assim a contextualização dos saberes se torna, portanto, “[...] a arma mais poderosa da transposição didática”.

Inspirado por essas modificações na transposição de conteúdos, Perrenoud (1998) afirma que a TD não se aplica somente à Matemática, mas a todas as áreas do conhecimento, tendo em vista que todas promovem transformações em determinados conceitos técnicos, de modo que eles cheguem à sala de aula numa forma que possa ser assimilada pelos estudantes. Além disso, com base em Moreira (2011), pode-se preconizar que a aprendizagem mecânica, recorrente nos espaços escolares, pode ser substituída, na sua maior parte, por uma aprendizagem significativa, que leve em consideração, previamente, os saberes dos alunos, e que, a partir de práticas educativas o transforme para a linguagem científica.

Moreira (2011), quando trata da aprendizagem, defende que há duas condições para que ocorra uma aprendizagem significativa. A primeira prescreve que o material didático a ser utilizado seja potencialmente significativo, e adicionalmente, “o material de aprendizagem (livro, aulas, aplicativos...) tenha significado lógico”. Já a segunda condição é, segundo Moreira (2011), a mais difícil de ser realizada, já que nela “o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender” (Moreira, 2011, p. 24).

Assim, quando os conhecimentos prévios dos alunos são vinculados a novas descobertas e a novos conhecimentos, a sua cognição se aprimora e ele terá bons resultados escolares, diferentemente da aprendizagem memorística (ou usualmente, mecânica), na qual o aluno não cria novos conhecimentos, novas descobertas, e assim, a linguagem científica não se transforma (Moreira, 2011, p. 26).

Na linha de material potencialmente significativo, Pieroni (1998) na sua tese de doutorado, chama a atenção ao fato de que o processo da Transposição Didática está sendo utilizado de forma incoerente no contexto do sistema das apostilas e preparação para os exames de seleção de vestibulares, o que faz com que a TD aconteça minimamente. Em alguns casos, a sua simplificação leva a obstáculos didáticos, que podem ser conceituados, resumidamente, como erros que aparecem nos materiais didáticos, mas mais que isso, podem resultar em um uso defeituoso em sala de aula. Estes assim chamados obstáculos didáticos afetam potencialmente a postura do educador ao construir determinado objeto do conhecimento (Bachelard, 1996).

São inúmeros os trabalhos, dissertações e teses publicados nos sites de busca (SciELO, Google Acadêmico, repositórios de universidades, entre outros), todos propondo uma nova aprendizagem. Há em praticamente todos estes textos uma variabilidade no embasamento teórico e a sua proposta pedagógica, mas pode-se dizer que, a partir de uma generalização um tanto quanto livre, que esta variabilidade oscila entre três eixos, incluindo os três, dois deles ou apenas um. Estes eixos são a Transposição Didática, o ensino por experimentação e a reflexão sobre o livro ou sistema apostilar.

Com a intenção de enriquecer esta dissertação, foi incluída uma reflexão com base em três textos: Vazata (2019), Neto (2018) e Chaba (2019); neles estão referidos os três vieses apontados acima: a TD, o ensino de Física por experimentação e uma análise dos cadernos apostilares.

Por isso, ao pensar na atualidade, a escola tem enfrentado, nos últimos anos, um conflito entre o mundo contemporâneo e o antigo modelo educacional, arraigado em práticas pedagógicas

predominantemente baseadas na repetição e fixação, conhecido como o modelo “tradicional”. Entretanto, com o avanço das tecnologias, a ascensão da IA e um mercado de trabalho cada vez mais exigente, as escolas se veem compelidas a adotar novas estratégias pedagógicas, a fim de se adaptarem a um novo paradigma educacional (Alves, 2022).

A partir desse contexto, nós educadores precisamos (re)pensar nossas práticas pedagógicas e ter a percepção de novas estratégias e teorias educacionais que sustentem nosso trabalho pedagógico e possam ir ao encontro aos anseios e perspectivas dos nossos alunos. É nesse sentido, que a Transposição Didática de Yves Chevallard, idealizada na década de 90 no campo da Didática da Matemática, poderia ressurgir nas discussões escolares, de modo a trazer novamente à tona a discussão sobre a necessidade de incluir, juntamente com a cultura científica, os saberes construídos pelos alunos em suas comunidades. O leitor perceberá: não se trata de dar a estes saberes uma conotação que não é a deles, mas sim, integrá-los e aproximá-los da linguagem e da visão científica (Bachelard, 1996).

Sendo assim, o professor nessa incumbência de transformar os objetos de conhecimento para ensinar em objetos de ensino, pode partir de práticas que levem em consideração as potencialidades dos indivíduos, tornando assim a tarefa de aprender mais atrativa, proporcionando aos discentes a ocasião de aumentar o interesse por aprender, pela via, por exemplo, da experimentação, como corrobora Neto (2018, p. 21):

Assim entendemos que as aulas devem ser trabalhadas como instrumentos metodológicos para construir conhecimento, de forma a contribuir para a compreensão dos conteúdos considerados abstratos e técnicos, e muitas vezes chatos e difíceis. Estas aulas têm que partir da relação professor-aluno e experimento, em que ambos devem estar em constante interação, realizando aulas experimentais que permitem a abordagem do conteúdo a partir do experimento em questão [...]

No que diz respeito à Eletrodinâmica, tema escolhido para esta dissertação, o conteúdo é apresentado aos estudantes, via de regra, de forma quase que integralmente abstrata, e nesta apresentação há uma ausência quase completa de um esforço no sentido da criação de relações entre os diferentes conceitos, inerentes a este tema. Defenderemos, como o leitor poderá constatar a seguir, um ensino baseado na exploração ativa de experimentos, “reais” ou virtuais, de modo a tornar o estudante um participante ativo de seu aprendizado. Esta ação dos estudantes sobre o conhecimento que está para ser apreendido fará deles, por certo, cidadãos no sentido pleno da palavra. Voltaremos a este ponto, o do aluno cidadão, mais adiante nesta dissertação.

Segundo Bonjorno *et al.* (2001), a Eletrodinâmica é o estudo físico que fundamenta a eletricidade. O nome dessa ciência faz menção à junção de cargas elétricas (eletro) e sua movimentação (dinâmica). O conhecimento eletrodinâmico favoreceu a criação de dispositivos essenciais no dia a dia, como as lâmpadas, chuveiros e até mesmo os carros elétricos.

A experimentação pode ter aqui um papel muito importante: ela desmistifica o pensamento de que aprender Física é decorar fórmulas e resolver listas de exercícios, mas é, isto sim, uma oportunidade ímpar de iniciar os estudantes na arte de perguntar, duvidar, explorar, argumentar, conjecturar, enfim, na arte de construir o próprio conhecimento, com base em parâmetros que a ciência fornece a quem quiser deles se apropriar.

O ato de experimentar no ensino de Física é de fundamental importância nos processos de ensino e de aprendizagem e tem sido enfatizado por muitos autores. Esta ênfase por um ensino experimental adiciona importantes contribuições da teoria da aprendizagem em busca da construção do conhecimento (Alves e Stachak, 2005, p.1 *apud* Neto, 2018, p. 18). Quais contribuições? Partindo desses pressupostos, buscou-se desenvolver uma pesquisa que responda, mesmo que de forma parcial, à questão: **Como os princípios da Transposição Didática no ensino da Eletrodinâmica podem mediar a aprendizagem dos estudantes no Ensino Médio?**

Para responder a esse questionamento, foi definido o seguinte objetivo geral: Promover a aprendizagem de Eletrodinâmica no Ensino Médio a partir da Transposição Didática com o uso de aprendizagens ativas, experimentações e simulações em *softwares* de Física, em uma escola privada em um município da serra gaúcha.

Além das referências apresentadas acima (que constituem nada mais do que uma pequena amostra da grande quantidade de textos disponíveis na literatura da área de ensino de Física), há outras motivações, e a principal diz respeito às marcas pedagógicas deixadas no Ensino Médio Normal pelo professor regente da turma da qual este mestrando, autor da dissertação, foi aluno em passado relativamente recente. Trata-se do Professor Antonio Carlos Forest, o qual, através da proposição de atividades nada triviais possibilitou aos seus alunos, e ao autor desta dissertação em especial, uma aprendizagem duradoura de Física.

E essa abordagem didática do professor Antonio, é fruto de sua formação em nível superior, pois este foi aluno do orientador do mestrando, Prof. Dr. Francisco Catelli, que baseia suas práticas pedagógicas de acordo com a experimentação e simulações, bem como, busca ensinar os conceitos

físicos levando em consideração as potencialidades e fragilidades de cada turma, sempre tendo como pano de fundo uma permanente vigilância epistemológica.

Outra motivação, esta de outra ordem, precisa ser apontada aqui. Essa dissertação também é fruto de um trabalho colaborativo: durante o período de estudos, escolha de temas e elaboração de sequências didáticas, o autor desta dissertação teve a ocasião de, ao longo das disciplinas do mestrado, compartilhar experiências com a colega professora Liliane Eitelven Luvisa, que se dedicava a um tema transversal da Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018) em Matemática, a Educação Financeira, aliada a um trabalho de conscientização ambiental. As discussões e trocas de ideias levaram à possibilidade de um trabalho em conjunto: o conteúdo de Eletrodinâmica e os conceitos de energia elétrica e consumo consciente, poderiam ser trabalhados lado a lado com a questão ambiental. Esta, por sua vez, dificilmente pode ser abordada de forma crítica sem a inclusão de aspectos da Educação Financeira. Estes aspectos, em conjunto, levaram o autor desta dissertação e sua colega, Professora Liliane, a proporem uma prática pedagógica compartilhada, a qual foi pensada também levando em conta, de forma progressiva, aspectos e práticas voltadas à interdisciplinaridade.

Com tudo isto em mente, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

1. Planejar uma abordagem didática experimental-conceitual da Eletrodinâmica.
2. Potencializar a aprendizagem dos conceitos de Eletrodinâmica a partir de elementos do cotidiano, oferecidos pelos alunos participantes.
3. Avaliar a efetividade do uso de estratégias de aprendizagem ativa como elementos potencializadores das diferentes transposições didáticas almejadas.
4. Identificar, no transcorrer das concretizações das estratégias propostas, elementos relevantes do ponto de vista da promoção da aprendizagem de Eletrodinâmica.
5. Criar um guia didático para os professores sobre os conceitos abordados de Eletrodinâmica.

Após a realização da prática didática e as adaptações realizadas em cada objetivo específico, como fruto desta aplicação, elaborou-se um produto educacional, destinado a professores de Física. Este produto é apresentado na forma de ‘Cartas de Ensino’, as quais, a partir de uma reflexão sobre o ato pedagógico, levam à proposição de um plano de ação didático, contendo indicações de etapas, sugestões e atividades que podem ser realizadas no ambiente de aprendizagem.

Este plano de ação foi estruturado de modo a constituir uma unidade autocontida. Esta busca por uma unidade do conjunto de propostas apresentado tem como motivador um dos grandes objetivos deste trabalho, que é o de prover, significativamente, a aprendizagem. Para Neto (2018):

É imprescindível a utilização de uma unidade didática para que se possa organizar o conhecimento que se deseja ser construído. O uso da unidade didática torna-se importante para organizar as sequências didáticas que se almejam utilizar fazendo com que essa organização seja mais eficiente e promova a aprendizagem (Neto, 2018, p. 30).

Uma vez concluída a coleta de dados, e a partir das etapas da análise de conteúdos propostas por Bardin (1977), refletiremos sobre a organização didática do local de aplicação e as aprendizagens construídas ao longo da condução das aulas.

A dissertação está organizada em oito capítulos:

No Capítulo 2 fazemos a revisão de literatura de três trabalhos que possibilitaram o planejamento e as reflexões acerca da prática metodológica sobre Eletrodinâmica.

No Capítulo 3 há o referencial teórico, cujo cerne é a Transposição Didática no ensino de Física.

No Capítulo 4 são descritos os procedimentos metodológicos utilizados, como (a) caracterização da pesquisa; (b) contexto da pesquisa; (c) etapas da pesquisa; (d) sequência didática; (e) o papel do professor/pesquisador; (f) produção de dados pelos sujeitos; (g) técnicas de análises de dados; (e) desenvolvimento da pesquisa; e, (f) descrição dos encontros.

No Capítulo 5 são apresentadas a análise e a interpretação da sequência didática, fruto da aplicação e da coleta dos registros (orais e escritos).

No Capítulo 6, à luz do referencial teórico e das discussões emergentes, apresentem-se os resultados a partir de categorizações de observações prévias e a partir da aplicação da sequência didática.

No Capítulo 7 há a descrição do produto educacional.

No Capítulo 8 há as considerações finais, onde se expõem as principais conclusões da aplicação pedagógica, potencialidades, fragilidades e reflexões sobre o ato de ser professor junto com algumas potencialidades de continuidade para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo há a revisão de literatura de três trabalhos que se aproximam da proposta desta dissertação:

O primeiro na seção 2.1 - Uma unidade didática sobre Eletrodinâmica à luz da perspectiva de ensino Freiriana, 2019, Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Física de Pedro Antônio Vazata aborda o ensino de Eletrodinâmica na perspectiva de Paulo Freire.

O segundo, na seção 2.2 - Uma proposta experimental e lúdica para o ensino de conceitos de eletrodinâmica em circuitos elétricos, 2018, Dissertação de Mestrado em Ensino de Física do Instituto Federal do Rio Grande do Norte do Mestre em Ensino de Física José Augusto Pereira Neto, mostra o trabalho pedagógico realizado em turmas da terceira série do Ensino Médio utilizando a experimentação e ludicidade para o ensino de circuitos elétricos.

O terceiro, na seção 2.3 - O conteúdo de física no livro didático para Educação de Jovens e Adultos: uma análise da Transposição Didática, 2019, Dissertação de Mestrado em Educação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE da Mestra em Educação Priscila Chaba, que tem como plano de pesquisa a análise da Transposição Didática presente nos livros didáticos de Física voltado para o Ensino Médio na modalidade da Educação de Jovens e Adultos.

Nosso trabalho apresenta uma proposta experimental e lúdica para conceitos de Eletrodinâmica, com o uso de experimentos e *softwares* como Laboratórios Digitais de Física. Além disso, contamos com princípios de Paulo Freire, como autonomia e diálogo, em conjunção com a Transposição Didática de Yves Chevallard, e uma análise do sistema apostilar.

2.1. Uma unidade didática sobre eletrodinâmica à luz da perspectiva freiriana

O trabalho desenvolvido pelo professor de Física Pedro Antônio Viana Vazata em uma turma da terceira série do Ensino Médio tem como premissas dos processos de ensino e de aprendizagem os vieses de Paulo Freire e a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Vazata organiza o seu trabalho em duas partes importantes, sendo a primeira a exploração da construção do conhecimento em um ambiente de diálogo e escuta e de uma educação problematizadora como proposta por Freire. Vale ainda acrescentar que a todo momento foi acentuado nessa perspectiva que as propostas devem acontecer em um ambiente que promova o

debate, a investigação e a reflexão sobre o que aconteceu nas práticas elaboradas e conduzidas ao longo da aplicação.

Ao analisar o texto em que há a exploração da “educação bancária”, o autor explica que

O termo educação bancária, vem da analogia ao processo de depósito bancário, ou seja, o aluno é a conta de banco zerada e o professor atua depositando dinheiro nesta conta. Segundo Freire, essa forma de educação é autoritária e antidialógica (Vazata, 2019, p. 8).

Por isso, sua prática foi baseada em estratégias que os alunos foram agentes no seu processo de construção do conhecimento, distanciando-se assim da educação bancária.

A segunda parte consiste de uma reflexão sobre a perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), em que se destaca que o mundo globalizado é inundado pela ciência e tecnologia. Como destaca:

Devido ao crescimento do cientificismo na sociedade moderna, em que a relação ciência-sociedade se assemelha à relação divindade-sociedade, faz-se necessária a criação de currículos escolares, na área das ciências, que desmistifiquem tais concepções (Vazata, 2019, p. 10).

Logo, o ensino baseado na CTS ultrapassa os saberes científicos, mas promove a formação da cidadania crítica, de forma que os educandos estejam prontos para debater e tomar decisões que envolvam ciência, tecnologia e sociedade. Por isso, ao relacioná-la com outros textos, Vazata pontua que auxilia “o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões C&T na sociedade e atuar na solução de tais questões” (Lima Junior *et al.*, 2014, p. 177 *apud* Vazata, 2019, p. 11).

Por isso, ao utilizar esta proposta, o autor tem como objetivo problematizar o ensino científico, propiciando que os estudantes visualizem, explorem e se apropriem da ideia pela qual a ciência e a tecnologia estão presentes na sociedade e estão modificando os seres humanos na forma de pensar, agir e construir o mundo que os rodeia.

Assim, a experimentação é um pilar fundamental da ciência moderna, servindo como método de investigação e validação de conhecimentos. Para Bruno Latour, sociólogo e filósofo francês, a experimentação vai além de um mero procedimento técnico, assumindo um papel central na construção da ciência como um todo.

Em sua obra seminal “Ciência em Ação”, Latour (2010) propõe uma visão da ciência como uma prática social, onde a produção de conhecimento é resultado de um processo complexo que

envolve diversos elementos, incluindo humanos, instrumentos, materiais e teorias. A experimentação, nesse contexto, não é um momento isolado e objetivo, mas sim uma atividade interativa e contextualizada, onde diferentes atores e fatores se interconectam para gerar resultados.

Latour (2010) critica a visão tradicional da ciência como um processo linear e objetivo, onde o conhecimento científico é descoberto de forma imparcial e universal. Em seu lugar, ele propõe uma visão mais dinâmica e relacional, onde a experimentação é vista como um processo de tradução e negociação entre diferentes elementos.

Para Latour (2012), os resultados da experimentação não são simplesmente “dados” que representam a realidade de forma transparente, mas sim “construções sociais” que emergem de um processo complexo de interação entre humanos e não-humanos. Essa visão desafia a ideia de uma ciência pura e objetiva, e coloca em destaque o papel da sociedade na produção de conhecimento científico.

Assim, com este embasamento e trazendo o ensino de ciências na perspectiva de Bruno Latour (2010), foi elaborada uma sequência didática baseada na problematização, na conscientização científica e social sobre Eletrodinâmica em um olhar experimental, a partir do qual os alunos construíram atividades com LEDs e pilhas e exploraram elementos importantes da Eletrodinâmica.

É imprescindível dizer também que utilizamos atividades exploratórias físicas e digitais para desmistificar a ideia pela qual o ensino de ciências é puramente teórico, além de propiciar aos alunos a oportunidade de visualizarem, produzirem e explorarem fenômenos, tais como o efeito joule, a associação de resistores, as Leis de Kirchhoff e o consumo de aparelhos elétricos e eletrônicos, bem como seu impacto ambiental.

Em síntese, a proposta, tal como apresentada até aqui, objetiva colocar em foco a educação problematizadora de Freire e as suas premissas de diálogo e, em especial, o educando como agente da aprendizagem. Além disso, em algumas atividades refletimos sobre a evolução da ciência e seus impactos nos âmbitos culturais, políticos e econômicos.

2.2. Uma proposta experimental e lúdica para o ensino de conceitos de eletrodinâmica em circuitos elétricos

A dissertação do Mestre em Ensino de Física José Augusto Pereira Neto trata do ensino de Física, especificamente, circuitos elétricos de forma lúdica e fundamentada em manipulações exploratórias de circuitos, desenhados especificamente para finalidades didáticas. Neto lança mão de autores como Delizoicov (1991), com seus assim chamados momentos pedagógicos, que incluem uma problematização inicial, depois a organização do conhecimento e por fim, sua aplicação, defendem a atuação exploratória e crítica dos alunos em aula.

Com base nessas ideias, Neto organizou dez aulas voltadas, primeiramente, a desmistificar o sistema científico, pontuando a ideia de Feyerabend (2007) de que nas Ciências não há um método único. Se a Ciência é produzida desta forma, sem um método único e prescritivo, porque esta “ditadura do método” deveria imperar nas aulas? Parece a este autor que o uso de estratégias do tipo “receita de bolo” está fora de questão, por nada acrescentar à formação cidadã dos estudantes, pelo contrário.

Retomando os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM, 1999) vale destacar os processos de ensino e de aprendizagem de Física na atualidade, que indica a necessidade de resgatar “o conteúdo do cotidiano dos alunos incentivando-os às práticas experimentais, a fim de despertar o interesse pela disciplina” (Neto, 2018, p. 15). Desse modo, o autor propõe uma ação didática, que nas suas palavras possa seduzir e fazer com que os alunos compreendam os conceitos transpostos.

Aliado à reflexão sobre um novo olhar para o ensino de Física, Neto faz uma retomada histórica do debate sobre a experimentação no ensino de Física no Brasil, salientando que as universidades e centros de formação de professores começaram a se preocupar com o meio científico, inspirados em um embasamento construtivista piagetiano:

Essa proposta de ensino de física encontra suas raízes em diversos pensadores, como Piaget (1982), dentre outros, evidencia a pertinência do conhecimento empírico trazido pelos alunos de seus cotidianos, aspecto que associa o conhecimento à realidade contextual dos alunos e dá pertinência à aprendizagem, tornando-a significativa (Neto, 2018, p. 20).

Logo, podemos ver que se queremos um ensino pautado na experimentação e na construção do conhecimento, precisamos pensar em estratégias que contemplem a realidade dos alunos

propiciando uma aprendizagem duradoura, já que – idealmente – o indivíduo visualiza, interage com aparelhos e instrumentos, teoriza sobre as observações que faz, discute com os colegas e com o professor, toma ciência de forma gradual de aspectos econômicos e legais da distribuição, uso e tarifação da energia, e assim por diante.

Outro ponto abordado neste texto é o uso do jogo como ferramenta de ensino, pois uma das estratégias metodológicas exploradas nesta dissertação foi a confecção e construção de um jogo sobre circuitos elétricos.

Entretanto, apesar de o jogo configurar um momento lúdico, ele não se restringe à diversão, que é lícita e desejável. É preciso que exista uma conexão entre o jogo, o ensino e a aprendizagem. Neto destaca: “Para estabelecermos uma relação entre o jogo e o ensino, precisamos primeiro entender e descrever a natureza do jogo a fim de que se possa entender seu uso quanto recurso metodológico na sala de aula e como suporte para o processo” (Neto, 2018, p. 24). Sendo assim, embasados em teóricos do século XIX (Montessori (1936) e Decroly e Monchamp (1914, 1983)) o jogo foi assumido como objeto de investigação científica e estratégias foram elaboradas, de modo que o jogo contribuísse para os processos de ensino e de aprendizagem que estavam sendo desenvolvidos nos encontros.

Sobre a prática, o autor descreve como explorou em aula, de forma interativa, um painel de ligação de circuitos elétricos (associação em série e associação em paralelo) e apresenta como os alunos interagiram com esse recurso, além de descrever as percepções, aprendizagens, dificuldades e resultados encontrados ao longo de toda a sua aplicação.

A dissertação em questão corrobora nosso texto ao destacar a importância da experimentação na criação de um ambiente de aprendizagem eficaz. Essa perspectiva se alinha com a Transposição Didática, que reconhece o cuidado necessário ao transpor conceitos científicos para o contexto escolar.

Ao contrário de uma mera simplificação, a Transposição Didática visa garantir que os conceitos sejam transmitidos de forma precisa e adequada ao nível de desenvolvimento dos alunos. Isso significa evitar simplificações errôneas que possam levar à construção de conhecimentos distorcidos.

O papel da escola, nesse contexto, não se dedica a lapidar o senso comum, mas sim a promover o desenvolvimento de um pensamento crítico e reflexivo. Através da experimentação,

os alunos são desafiados a questionar suas concepções prévias, a formular hipóteses e a testá-las de forma empírica.

Nesse processo, o professor atua como um mediador, orientando os alunos na construção de seus conhecimentos e auxiliando-os na superação de obstáculos. A experimentação, portanto, se torna uma ferramenta essencial para o desenvolvimento da autonomia e da criticidade dos alunos.

No caso específico da Eletrodinâmica, a experimentação é fundamental para a compreensão de conceitos abstratos como campo elétrico, campo magnético e força eletromagnética. Através de atividades práticas, os alunos podem visualizar esses conceitos e entender suas relações de forma mais concreta. Somando-se à carga de abstração a qual, como acabamos de afirmar, não é pequena, vale mencionar aqui os efeitos das variações no tempo de algumas grandezas físicas da Eletrodinâmica, como o campo magnético. Os estudantes não estão habituados a relacionar a variação destas grandezas aos efeitos que decorrem desta mudança.

A experimentação também contribui para o desenvolvimento da capacidade de abstração, pois permite que os alunos identifiquem padrões e relações entre diferentes fenômenos. Ao observar o comportamento de diferentes materiais em um circuito elétrico, por exemplo, os alunos podem abstrair o conceito de resistência elétrica e sua relação com a corrente e a voltagem.

Ao combinar a experimentação com a Transposição Didática, podemos alimentar a expectativa que os alunos atinjam um nível de abstração adequado para a compreensão dos conceitos de Eletrodinâmica. Isso significa que eles não apenas memorizarão definições e fórmulas, mas serão capazes de explicar os fundamentos físicos dos fenômenos elétricos e magnéticos com os quais acabaram de interagir.

Em suma, a dissertação em questão complementa nosso texto ao destacar a importância da experimentação na construção de um ambiente de aprendizagem eficaz. Através da experimentação, os alunos podem desenvolver seu senso crítico e reflexivo, além de construir conhecimentos abstratos de forma mais significativa.

2.3. O conteúdo de física no livro didático para Educação de Jovens e Adultos: uma análise da transposição didática

A dissertação da Mestre em Educação Priscila Chaba procurou responder à questão de pesquisa: Como se apresentam os elementos da transposição didática nos conteúdos de Física voltados para a Educação de Jovens e Adultos (EJA) no livro aprovado pelo PNLD-EJA/2014? Assim, partindo das concepções teóricas de Chevallard (1991) e Astolfi (1997), a autora embasou seu trabalho nas modificações dos conhecimentos científicos sofrem ao serem transformados em saberes ensináveis na EJA.

Nessa perspectiva, Chaba faz um panorama em torno do livro didático (LD) de Física e suas peculiaridades a partir da proposta do ensino de Ciências na EJA, já que é “uma modalidade destinada a discentes jovens e adultos que descontinuaram o processo de ensino ou não tiveram acesso ao ensino básico na idade apropriada” (Chaba, 2019, p. 18). Assim, o papel da escola que oferta esta categoria da educação é o de prover aportes filosóficos e sociais, adaptar e inserir aspectos sociais, históricos e culturais de modo eficiente e significativo, já que ao ingressar na sala de aula, cada aluno carrega consigo uma bagagem valiosa: seus conhecimentos e experiências acumuladas ao longo da vida em sociedade.

Essa bagagem, conhecida como senso comum, é composta por um conjunto de crenças, valores e ideias que moldam a maneira como os alunos interpretam o mundo ao seu redor. No entanto, para que esses conhecimentos do senso comum se tornem ferramentas eficazes para o aprendizado, é necessário que passem por um processo de transformação. Essa transformação implica em ir além das concepções pré-existentes e construir um novo nível de compreensão, baseado em conhecimentos elaborados.

Por isso, resgatando os documentos educacionais como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, nº. 9.394/96 e o parecer nº. 11/2000 que discute as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação de Jovens e Adultos, a autora afirma que a finalidade do ensino de Física na EJA deve ter um cunho de alfabetização científica e tecnológica nos educandos, com o intuito de construir conhecimentos científicos que permitam compreender o mundo tecnológico que os rodeia e dê liberdade e autonomia para fazer as suas escolhas de acordo com as produções científicas (Fourez, 2003 *apud* Chaba, 2019).

Sendo assim, ao longo do fazer pedagógico docente na EJA é primordial

[...] entender e colocar, na prática cotidiana, questões e problematizações dos conteúdos das áreas específicas como matemática, linguagem, ciências sociais e naturais criando e desenvolvendo, junto com os alunos, numa perspectiva de mediação, processos metodológicos inovadores que possibilitem aos sujeitos a apropriação das habilidades básicas e essenciais de leitura, escrita e conhecimentos gerais (Moura, 2009, p. 47).

Logo, Chaba (2019), ao abordar o ensino de Física, pondera que é crucial considerar o impacto da memorização na experiência dos alunos. Baseando-se em Pietrocola (2001) adverte que uma abordagem desconectada da realidade pode tornar a Física uma disciplina passageira e descartável na vida dos estudantes. Quando a Física se resume à repetição mecânica de conceitos, sem espaço para reflexão e crítica, o processo de aprendizagem se torna deficiente. Os alunos não desenvolvem uma compreensão profunda dos conceitos, limitando-se a reproduzi-los sem significado real.

A autora declara que essa abordagem tradicional ignora a importância da construção crítica e reflexiva do conhecimento. De modo que o ensino de Física deve buscar ir além da memorização, conectando os conceitos à realidade dos alunos e incentivando-os a questionar, analisar e interpretar o mundo ao seu redor.

Krummenauer (2009, p. 15 *apud* Chaba, 2019, p. 21) faz uma crítica contundente ao ensino de Física desconectado da realidade do aluno: “Ensinar física de maneira desconectada com a realidade em que o aluno está inserido não faz sentido”. Essa afirmação encontra eco nos PCNEM (1999), que defendem um ensino de Física contextualizado, voltado para a compreensão de fenômenos naturais e tecnológicos.

Analisando o livro didático (LD) sob as concepções da EJA, percebe-se que se trata de um recurso que transcende sua função tradicional de mero suporte do ato educacional, porque ele assume um papel central como recurso didático e pedagógico, atuando na produção e circulação de saberes. Sua linguagem engajadora e rica em concepções sobre o conhecimento, organização social e práticas culturais o torna uma ferramenta crucial para os processos de ensino e de aprendizagem nessa modalidade educacional.

Assim, o LD se configura como um mecanismo de tradução do currículo, condensando os conteúdos selecionados como essenciais dos componentes curriculares (Alves, 2017). Essa tradução, no entanto, não se limita a uma mera simplificação de saberes. O LD, quando utilizado de forma crítica e reflexiva, pode se tornar um mediador do conhecimento, conectando os conteúdos à realidade dos educandos e promovendo a construção de aprendizagens significativas.

No entanto, ao fazer um mapa de pesquisas sobre o Livro Didático de Física (LDF), para a autora, ao lançar as ideias de Moraes (2011), declara:

Para Moraes (2011), os estudos fragmentados voltados a análises do LDF, em sua maioria, refletem as dificuldades do Ensino de Física, o que de acordo com o autor é “[...] um ensino que em muitos casos baseia-se basicamente em externar de forma equivocada somente o que é encontrado no livro didático. Transformando o livro, apenas num receituário de assuntos” (2011, p. 4-5)

Portanto, o LDF não deve ser um mero repositório de informações descontextualizadas. Ele tem o potencial de se tornar um recurso mediador na construção de um novo ensino de Física, contextualizado, atualizado e significativo para os alunos, valorizando propostas interdisciplinares e significativas.

Segundo a autora, a Transposição Didática é um processo dinâmico que envolve a promoção dos conhecimentos científicos para o contexto escolar. Retomando as concepções de Chevallard (1991) e Astolfi (1997), ela enfatiza que o conhecimento não é estático, e sim ativo. Nesse sentido, o processo educativo deve ser criativo, reflexivo, interdisciplinar e, acima de tudo, contextualizado.

Ao analisar o livro didático, ele é visto como um Sistema Didático, conforme descrito pela autora, que amplia o Sistema de Ensino. Esse sistema abrange todos os sistemas didáticos e conta com diversos dispositivos estruturais que possibilitam seu funcionamento e intervenção em diferentes níveis. Portanto, o Sistema de Ensino é responsável por orientar os Sistemas Didáticos por meio de programas e regras.

No processo de Transposição Didática, os livros didáticos desempenham um papel fundamental na adaptação e transposição dos conhecimentos científicos para o contexto escolar. Esses materiais são estruturados de forma a fornecer um referencial sólido para os alunos, ajudando a situar suas representações e orientando a aprendizagem de maneira eficiente, conforme destacado por Astolfi e Develay (1990). Além disso, segundo Matos Filho *et al.* (2008), os livros didáticos participam ativamente tanto na reescrita dos conhecimentos científicos a serem ensinados quanto nos processos de ensino e de aprendizagem.

Chevallard (1991) aborda a preparação didática dos conhecimentos científicos, destacando que, ao passarem pelo processo de transposição didática, esses conhecimentos são considerados específicos dentro de um contexto conceitual. Esse fenômeno, denominado dessincretização, resulta na delimitação do conhecimento em unidades autônomas, fragmentando-o em discursos

separados. Essa dessincretização é essencial para compor o Saber a Ensinar, mas também leva à descontextualização do conhecimento científico. A descontextualização ocorre devido ao distanciamento do contexto original do conhecimento, como observado na transposição didática externa, em que há um afastamento do contexto de origem para um contexto idealizado nos materiais didáticos.

A despersonalização é outra característica da transposição didática, na qual o sujeito ou cientista é apresentado de maneira impessoal e dissociada da produção científica. Isso contribui para uma visão do conhecimento como algo que não pertence a um indivíduo específico, conforme apontado por Cordeiro e Peduzzi (2013). Além disso, Chevallard (1991) destaca a necessidade de uma programação lógica e sequencial do conhecimento, visando sua organização progressiva e racional. Por fim, a publicidade do saber refere-se à divulgação e apresentação do conhecimento de maneira a direcionar e controlar as aprendizagens por meio de instrumentos de avaliação e certificação, o que implica um controle social da aprendizagem.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

No capítulo 2 foi efetuada uma revisão de literatura de três trabalhos, que contribuíram significativamente para a elaboração do resultado que apresento aqui. Nestes três textos foram pontuados tópicos que se relacionavam com a temática. No primeiro, os aspectos de diálogo, escuta, amorosidade e construção de um ambiente de aprendizagem acolhedor que contribui para o ensino não somente de Eletrodinâmica, mas de quaisquer saberes; no segundo foi abordada a proposta experimental e lúdica utilizada para o ensino de Física, o qual foi realizado no trabalho pedagógico desta dissertação e, por fim, no terceiro, foram acentuadas as potencialidades e fragilidades do sistema apostilar.

Sendo assim, esta seção dedica-se a apresentar os vieses teóricos sobre as principais discussões sobre a Transposição Didática e as mudanças no ensino de Física, onde o tema central da dissertação é “Como a Transposição Didática no ensino da Eletrodinâmica pode potencializar a aprendizagem dos estudantes no Ensino Médio?”

O referencial teórico desta pesquisa compreende as seguintes seções:

- I. **O ensino de Física e a Transposição Didática:** retoma o conceito de Transposição Didática e seus comentadores, e reflete sobre o ensino de Física, destacando o que poderia ser um potencial de facilitar a aprendizagem, com o intuito de produzir uma aprendizagem significativa.
- II. **Apresentação literal dos saberes e suas implicações:** nesse momento é feita uma reflexão sobre a postura do professor frente ao que ele supõe que seja “aprender”.
- III. **Obstáculos Epistemológicos:** nesta seção, à luz de Gaston Bachelard, é desenvolvida uma argumentação sobre pontos/obstáculos que estão presentes na prática educativa e nos materiais que podem ser associados a diferentes dificuldades de aprendizagem.
- IV. **Trabalho Colaborativo e Cooperativo:** nesta parte, é abordado o trabalho colaborativo e cooperativo nas escolas, com foco em práticas didáticas que envolvem situações de aprendizagem colaborativa; e,
- V. **Consumo Consciente:** por fim, esta seção explora a relação entre a Transposição Didática e o consumo consciente, considerando a visão sociológica de Durkheim (2011) e Bourdieu (1983), além das esferas legislativas e educacionais.

3.1. O ensino de Física e a Transposição Didática

Urge lançar um novo olhar sobre a educação, construindo-a de forma mais significativa, estimulante e alinhada com as necessidades e potencialidades dos alunos, preparando-os para enfrentar os desafios de um mundo em constante transformação. Nesse sentido, utilizar-se da Transposição Didática é ver essa prática como uma via de mão-dupla. Por um lado, o conhecimento científico é transformado para se adequar ao contexto do ensino. Por outro lado, o cenário educacional é ampliado pela riqueza e diversidade do conhecimento científico.

Na sequência, para compreendermos melhor a significância da TD, analisaremos um extrato de um LD que trata da Equação Diferencial da Lei de Gauss retirado do material de estudo “Classical Electrodynamics” de John David Jackson (1962), veja na Figura 1:

Figura 1 - Equação Diferencial da Lei de Gauss

1.4 Differential Form of Gauss's Law

Gauss's law can be thought of as being an integral formulation of the law of electrostatics. We can obtain a differential form (i.e., a differential equation) by using the divergence theorem. The divergence theorem states that for any vector field $\mathbf{A}(\mathbf{x})$ defined within a volume V surrounded by the closed surface S the relation

$$\oint_S \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} \, da = \int_V \nabla \cdot \mathbf{A} \, d^3x$$

holds between the volume integral of the divergence of \mathbf{A} and the surface integral of the outwardly directed normal component of \mathbf{A} . The equation in fact can be used as the definition of the divergence (see Stratton, p. 4).

To apply the divergence theorem we consider the integral relation expressed in Gauss's theorem:

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot \mathbf{n} \, da = 4\pi \int_V \rho(\mathbf{x}) \, d^3x$$

Fonte: Jackson, 1962

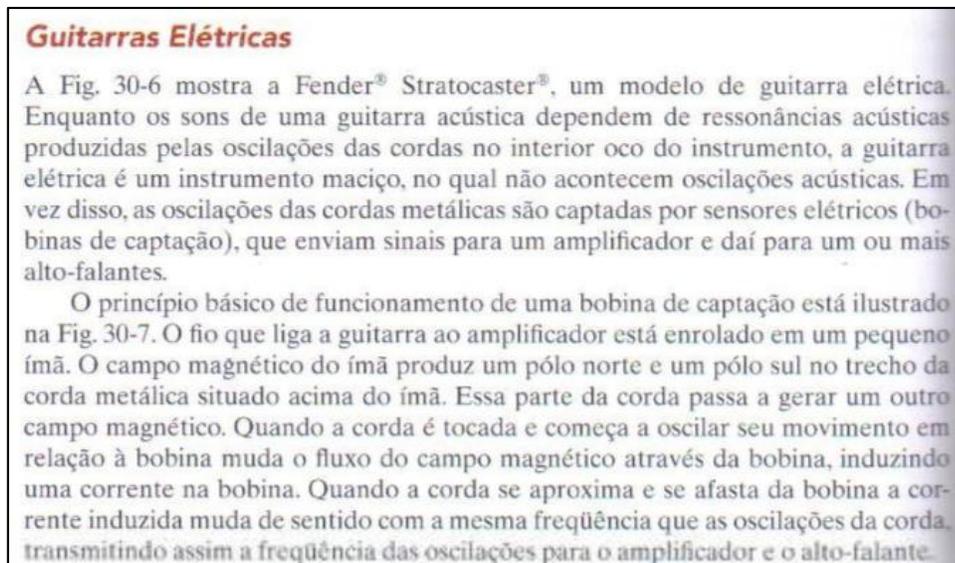
Do campo de vista da TD este conceito foi pouco ou quase nada transposto didaticamente, isto é, ele se encontra em essência tal como foi criado e, por isso, é utilizado, principalmente, em instituições de nível superior (em programas de pós-graduação de Física ou Matemática Pura ou Aplicada) dado ao fato de que a compreensão destes conceitos nesta forma requer um estudo mais

amplo e as concepções necessárias para o entendimento requerem mais habilidades e competências do aprendiz.

Pensando no ensino de Eletrodinâmica na etapa do Ensino Médio emergem alguns questionamentos. Podemos citar: Como podemos ensinar este conteúdo aos alunos do Ensino Médio? Como isso se tornará um objeto de conhecimento que promova habilidades e competências para um desenvolvimento pleno, capacitando-os a exercer a cidadania? Onde o contexto e a diversidade dos educandos são levados em consideração? Que modificações são necessárias para ensinar aos estudantes?

Dessa forma, analisaremos um segundo recorte de um livro didático amplamente utilizado no Ensino Superior, do livro Fundamentos de Física Halliday e Resnick (volume 3, 8ª edição, 2016) ao abordar a Lei de Lenz, Figura 2:

Figura 2 - Lei de Lenz



Fonte: Halliday e Resnick, 2016

Diferentemente da Figura 1, em que como discutido, o conhecimento aparece na sua forma “pura”, neste excerto (Figura 2) ocorre uma transposição dos saberes maior, já que ao abordar a Lei de Lenz, é discutido o funcionamento de um modelo de guitarra (Fender Stratocaster) para explicar o efeito das oscilações das cordas metálicas, e assim, uma compreensão do conceito apresentado mais próxima de elementos que compõem o cotidiano dos estudantes. No entanto, ainda é um livro que parte do pressuposto que uma parcela relevante da transposição didática necessária já está de posse dos estudantes; assim, apresentamos um trecho de Beatriz Alvarenga

Álves (volume 1, 2006) quando trabalha com os conceitos de Movimento Retilíneo Uniforme (Figura 3).

Figura 3 - Movimento Retilíneo Uniforme

2.2. Movimento retilíneo uniforme

DISTÂNCIA, VELOCIDADE E TEMPO

Quando um corpo se desloca com velocidade constante, ao longo de uma trajetória retilínea, dizemos que o seu movimento é *retilíneo uniforme* (a palavra “uniforme” indica que o valor da velocidade permanece constante).

Como exemplo, suponhamos um automóvel movendo-se em uma estrada plana e reta, com seu velocímetro indicando sempre uma velocidade de 60 km/h. Como você sabe, isto significa que

em 1,0 h o carro percorrerá 60 km
em 2,0 h o carro percorrerá 120 km
em 3,0 h o carro percorrerá 180 km etc.

Observe que, para obter os resultados mencionados, você intuitivamente foi acrescentando 60 km a cada acréscimo de 1,0 h no tempo de percurso. Você poderia, então, chegar aos mesmos valores da distância percorrida multiplicando a velocidade pelo tempo gasto no percurso. Portanto, representando por

d a distância percorrida
v a velocidade (constante)
t o tempo gasto para percorrer a distância *d*

podemos escrever

$$d = vt$$

Evidentemente, esta equação se aplica mesmo no caso de a trajetória não ser retilínea, como na fig. 2-4, mas não se esqueça de que ela é válida somente quando o valor da velocidade permanecer constante.



Joe Towers/The Stock Market/Contrasto

Esse avião se desloca ao longo de uma trajetória retilínea.

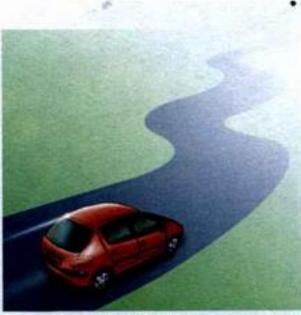


Fig.2-4: Para o movimento uniforme, temos $d = vt$ mesmo quando a trajetória é curva.

Fonte: Álves, 2006

Este livro “Fundamentos de Física”, bastante utilizado no ensino de Física no Ensino Médio (EM) pode ser considerado um texto no qual a TD é expressa em seu estado, digamos, mais primitivo, já que o saber sábio passou a ser um saber a ser ensinado, de modo que o professor, por meio das suas criações didáticas, pode facilmente construir habilidades e competências nos educandos, que se encontram em níveis introdutórios, sendo possivelmente o primeiro contato que muitos deles têm com este tipo de conhecimento.

Se desejarmos de fato realizar um trabalho significativo, promovendo uma aprendizagem duradoura, necessitaremos de profundas reflexões acerca da metodologia utilizada, dos recursos

disponibilizados e da postura que precisaremos assumir como educadores. No entanto, para que o conhecimento científico se torne uma via de mão-dupla, é preciso que cada docente tenha a capacidade e a sensibilidade de transformar os saberes por ele aprendidos na academia em conteúdos escolares. Um dos objetivos do Ensino Médio não é criar cientistas, mas sim despertar neles a sede pelo conhecimento.

Todavia, para fomentar a curiosidade pelo aprender, é essencial que haja pessoas preparadas para essa função. No entanto, no que concerne à Física, segundo estudos (Machado *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2019; Santos e Curi, 2012), uma parcela dos professores que ministram esse componente curricular nas instituições escolares não possui habilitação de Licenciatura em Física. Isso ocasiona, como aponta Machado *et al.* (2020, p. 1290), problemas de ensino e de aprendizagem aos educandos.

A falta de preparo pedagógico e as dificuldades para despertar o gosto pela pesquisa e a experimentação, que são um dos encantos da Física, são alguns dos motivos pelos quais ela é considerada obsoleta e descontextualizada da realidade. O gostar de Física está diretamente ligado à maneira como o “professor ensina, considerando que o professor ensina como lhe foi ensinado e não como lhe dizem para ensinar” (Machado *et al.* 2020, p. 1290).

Como consequência, surgem duas problemáticas: a primeira está relacionada ao incentivo e à formação de professores habilitados em Física; a segunda diz respeito às práticas pedagógicas desenvolvidas nos espaços de aprendizagem. Nos debruçaremos sobre o segundo ponto de atenção, pois é dele que decorre, em algum grau, o motivo de os jovens manifestarem claramente seu desinteresse pela matéria. Como menciona Ribeiro (2005, *apud* Pereira, 2019, p. 4), “os conceitos fundamentais em Física são vistos de maneira muito rápida, sendo que a maior parte da carga horária do professor é utilizada para a resolução de exercícios, os quais, em geral, são repetitivos e usam aplicações diretas de fórmulas envolvendo operações matemáticas”.

Logo, torna-se imperativa uma mudança radical no processo educacional, uma vez que ainda prevalece o modelo do século XIX, no qual os alunos enfileirados ouvem o professor, que se limita a repassar o saber científico que considera necessário e adequado, enquanto os indivíduos decoram fórmulas e são submetidos a um sistema de avaliação que não leva em conta aspectos emocionais, sociais e reais, mas apenas uma avaliação quantitativa (Nóvoa, 2022).

Contudo, é necessário levar em consideração aspectos relevantes do ambiente social no qual os indivíduos vivem, adicionados às características peculiares que são próprias do local (Almeida,

2007, p. 11, *apud* Santana, 2016, p. 69). Muitos modelos educacionais implantados são uma mera cópia do que outros países realizam em seus atos pedagógicos, e os responsáveis pela educação querem inserir e fazer com que tenham êxito nesses novos sistemas de ensino, como é o caso do Ensino Médio Gaúcho.

Desse fato, nos últimos anos, surgiram discussões significativas sobre a elaboração do Referencial Curricular Gaúcho do Ensino Médio, especialmente no que diz respeito ao processo de sua concepção. Apesar das afirmações veementes da Secretaria de Educação do Estado do Rio Grande do Sul de que educadores e especialistas participaram ativamente dessa construção, evidências apresentadas por uma diretora durante uma sessão na Assembleia Legislativa sugerem o contrário: “Em 2020, durante a pandemia, com os professores sobrecarregados tentando lidar com as tecnologias e participando de vários cursos, recebemos um e-mail com um prazo muito curto para os professores se cadastrarem. Acredito que a maioria nem tenha visto” (Saraiva, *et al.*, 2022, p. 430).

Se desejamos elaborar um planejamento que priorize a autonomia na construção de um projeto político-pedagógico, devemos considerar não apenas as políticas educacionais anteriores que ainda influenciam a gestão escolar, mas também a importância de avaliar se as propostas são consistentes com a realidade em que foram desenvolvidas, o que não necessariamente se aplica ao contexto brasileiro. Adaptar essas propostas à realidade brasileira é crucial, mas muitas vezes essa adaptação é insuficiente ou até mesmo inexistente.

Outra consequência dessa mudança abrupta está relacionada à preparação do corpo docente para compreender, explorar e aplicar essas novas ideias, algo que não é devidamente previsto. Não há tempo suficiente para que os professores se familiarizem minimamente com essas novas ideias. Essa preparação exigiria que os professores se envolvessem com os princípios pedagógicos subjacentes às novas ideias, interagissem entre si e com a coordenação pedagógica, além de tempo para aplicação e avaliação dos resultados, coleta e análise de feedback para possíveis modificações, entre outros aspectos. Sem isso, os professores que tentam implementar essas novas ideias geralmente o fazem de forma incompleta ou inadequada, devido às limitações mencionadas.

Por isso, tratar de modificar os saberes à luz dos novos horizontes, como a ascensão da Inteligência Artificial, o uso das TDICs, e os empregos com uma maior exigência de formação e capacitação, entre outros, requer uma abordagem semelhante àquela adotada na França na década de 90. Nesse período, um estudioso da Didática da Matemática foi levado a refletir, retomar e

propor aprimoramentos no sistema educacional, dando origem ao que conhecemos por Transposição Didática. O trabalho de Yves Chevallard ao longo do tempo possibilitou uma abertura de pensamento para novas concepções e transformações no ensino. Portanto, não se trata de uma teoria que faz com que o professor perca sua essência de educar ou que tenha que se adaptar rapidamente a novas aprendizagens, sob o risco de ser considerado antiquado. Pelo contrário, trata-se de um método de ensino que reflete tanto o saber científico, com seu rigor e linguagem próprios, quanto o saber ensinado, aquele que o aluno precisa adquirir para exercer sua cidadania, conforme previsto na Constituição Federal (Brasil, 1988).

Assim, a Transposição Didática, segundo seu idealizador, o professor Yves Chevallard é definida assim:

Um conteúdo de conhecimento que foi designado como saber a ensinar, passa a partir de então por um conjunto de transformações adaptativas que o tornarão apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O “trabalho” que transforma de objeto de conhecimento para ensinar em objeto de ensino, é chamado de Transposição Didática⁴ (Chevallard, 1991, p. 45).

Portanto, se o conhecimento “puro” precisa de adaptações para se tornar um objeto de ensino, podemos considerar a TD como uma ferramenta que auxilia o professor na construção de seu trabalho pedagógico. Essa ferramenta permite que o saber desenvolvido pelos pesquisadores seja apresentado aos alunos de forma mais acessível, minimizando o distanciamento entre eles. Conforme observado por Chevallard (1991, p. 19), ao propor atividades didáticas, o educador está, de certa forma, trabalhando com a TD, mesmo que de maneira inconsciente. No entanto, não se pode afirmar que está realizando a Transposição Didática em si (Chevallard, 1991, p. 20).

Astolfi e Develay (2014) já discutem essa mudança nos processos de ensino e de aprendizagem que deve ocorrer, já que para os autores:

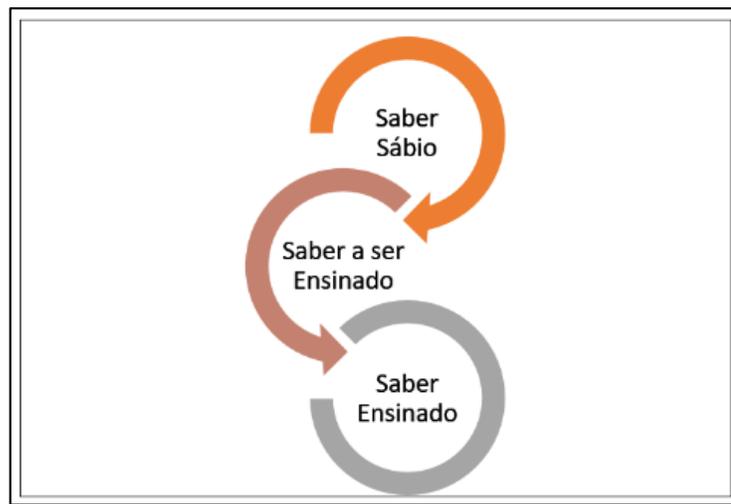
[...] a escola nunca ensinou saberes (“em estado puro”, é o que desejaria dizer), mas sim conteúdos de ensino que são resultados de cruzamentos complexos entre uma lógica conceitual, um projeto de ficção e exigências didáticas. Deste ponto de vista, as transformações sofridas na escola pelo saber sábio [...] deve [a escola] abrir um campo de exercícios para produzir ou permitir sessões de trabalhos práticos (Astolfi e Develay, 2014, p. 47).

Dessa forma, ao examinarmos a Figura 1, que tampouco foi modificada do local no qual foi criada, e a Figura 3, onde é apresentada a explicação teórica de um conteúdo físico presente nas

⁴ Tradução livre do autor - Original em espanhol.

instituições do EM, ao analisarmos do ponto de vista teórico, as deduções apresentadas na Figura 1 não podem ser trabalhadas com alunos cuja cognição não possua as condições de compreender o que está sendo exposto. Assim, com o uso de exemplos e imagens do cotidiano (Figura 3) intencionou-se uma nova “transformação do saber científico”, tornando a apresentação do conceito de Movimento Uniforme Retilíneo de fácil compreensão e adequada ao público-alvo. Isso nos permite analisar o que Chevallard propôs ao aprimorar os estudos de Michel Verret (1975) e colocar a Transposição Didática em três dimensões, como mostra a Figura 4:

Figura 4 - Dimensões da Transposição Didática



Fonte: O autor, 2024.

O Saber Sábio, segundo Chevallard, não pode ser transposto tal e qual para a escola, por diferentes razões. Num de seus trabalhos originais, Chevallard alerta o leitor para o fato de que o conceito de reta, tal como definido (e aceito) pelos matemáticos, é simplesmente “intransponível” na sua forma original, para o ambiente escolar. Este saber deve ser “metamorfoseado”, com a menor perda possível de rigor científico, de tal modo que seja acessível aos estudantes iniciantes de Matemática, já que depende de “certas exigências que intervêm da preparação didática do saber a partir da formulação discursiva desse saber” (Chevallard, 1991, p. 24). Ou seja, quando se analisa um conceito teórico, como algum dos de Eletrodinâmica no âmbito formal, e se propõe a ensinar, é preciso vê-lo *in statu nascendi* e reformulá-lo para o ato pedagógico sem perder o seu caráter científico e, além disso, sem cometer erros na hora dessa transformação (Chevallard, 1991).

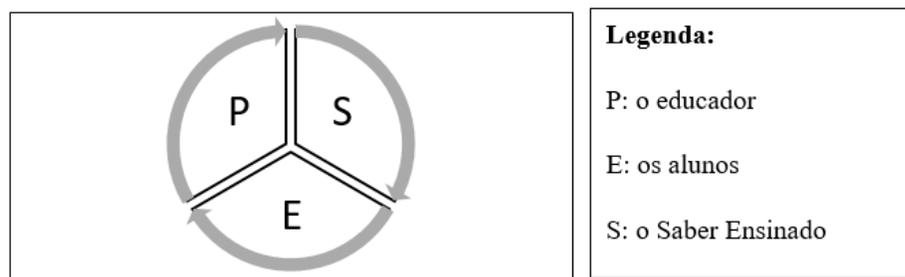
No segundo momento, a **noosfera**, na voz de seus integrantes (pesquisadores em educação e em ensino, gestores públicos, políticos, gestores de escolas, autores de livros didáticos, diferentes grupos sociais, etc.), passa a responder à pergunta: por que tenho que ensinar esse conteúdo aos

meus alunos? E é nesse questionamento que o Saber a Ser Ensinado ganha força, porque é a partir dele que surgem o que o autor denomina de “criações didáticas” (Chevallard, 1991, p.26). Isso consiste em sair da clausura da universidade para a sala de aula regular, o que suscita inúmeros questionamentos sobre a prática docente. Tratando mais especificamente do ensino de Física, quando Faraday, por exemplo, fazia suas investigações, o que o motivava era, entre outras coisas, a sede da descoberta, a busca do ainda não conhecido. Ele não buscava a “transmissão” do que ele produzia, pelo menos não para finalidades escolares. Então, qual o sentido de propor aos alunos o conhecimento em questão na forma exata na qual ele foi concebido? Dificilmente o conhecimento, nesta forma “nascente”, seria compreendido pelos estudantes, pelas mais diversas razões. Claro, cabe aqui um reparo: sim, partes deste conhecimento nascente, imagens originais de linhas de campo elétrico, por exemplo, podem ser apresentadas aos alunos, dando conta do contexto histórico no qual elas foram produzidas. Mas, este “dar conta do contexto histórico” já não configuraria um ato de “transposição”?

A motivação dos estudantes de hoje, ao estudarem as mesmas coisas que Faraday investigou, certamente é diferente, visto que o nosso mundo moderno está definitivamente impregnado pelas descobertas que ele fez. Nossas perguntas são do tipo: “Por que eu preciso utilizar a associação em paralelo na minha casa? Por quais razões os pássaros não morrem quando pousam nas fiações dos postes e o ser humano, quando as toca, pode vir a morrer? Por que investimos em energias renováveis: eletromotriz, eólica e, mais recentemente, o uso de células a combustível, entre (muitas!) outras questões?”

Para responder a essas e a tantas outras perguntas, surge um esquema da TD que não se limita apenas a explicar, mas também serve para mostrar quem são os múltiplos envolvidos no sistema de aprendizagem. Em seguida, ele explicita os responsáveis na sociedade pelo ensino, conforme mostra a Figura 5:

Figura 5 - Representação das relações da Transposição Didática



Fonte: O autor, 2024.

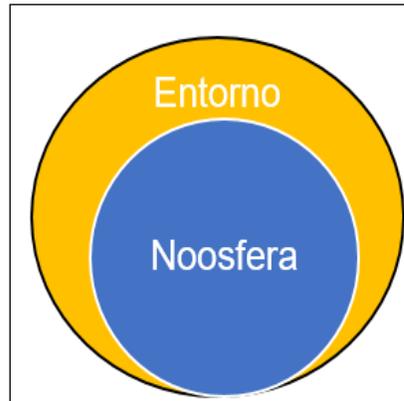
No esquema da Figura 5, pode-se notar que tudo se inter-relaciona: o educador, os alunos e os saberes construídos por meio dos sistemas didáticos que acontecem na sala de aula, os quais repercutem na sociedade. Como exposto acima, em Eletrodinâmica, são conhecimentos que estão presentes na vivência das famílias, embora não haja uma teorização formal, mas se trata muito mais de conhecimento de senso comum (sem que esta afirmação represente nenhum demérito, ao contrário). Todavia, para haver uma aprendizagem significativa desses conhecimentos que estão presentes cotidianamente na vida dos indivíduos, é necessário que o professor, ao realizar a seleção e organização dos conteúdos, leve em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e busque conectá-los a novos conceitos, sejam eles autenticamente novos, sejam eles verdadeiras rupturas de conhecimentos que, mesmo tendo o mesmo “nome”, são elaborações que guardam pouco (ou mesmo nenhuma) relação com a fonte original.

A este respeito, o leitor poderá, por exemplo, refletir sobre o conceito de trabalho. Numa acepção “de senso comum”, a alusão refere-se a atividades que impliquem – digamos – em esforço mental, ou resultam em uma remuneração, ou tarefas a serem feitas, ou mesmo produções que resultem de formas diversas de esforço, tais como o trabalho artístico. Numa perspectiva da física, este termo – trabalho – consiste em “uma ação contínua e progressiva de uma força natural, e o resultado dessa ação”. Ou então a “transferência de energia para um corpo por meio de uma força exercida” (Knight, 2009, p. 304). E aqui cabe um alerta muito importante: este exemplo não pretende, de nenhuma forma, hierarquizar conceitos, designando o trabalho, tal como concebido na Física, como uma ideia “mais elaborada”. Esta elaboração pode ser mesmo, no limite, dotada de uma grande sofisticação. Mas, o que dizer do conceito de trabalho, tal como concebido na Economia, ou na Sociologia? Seria um conceito mais simples, de mais fácil compreensão? Seria um conceito “menos importante” para os estudantes? Não, talvez seja mesmo o contrário!

Através de uma reestruturação que privilegie a significação lógica e utilize estratégias didáticas motivadoras, é possível promover uma aprendizagem mais profunda e duradoura.

Destarte, Chevallard esquematiza um diagrama que *prima facie* representa o processo educativo, como apresentado na Figura 6:

Figura 6 - Representação das relações da Transposição Didática



Fonte: O autor, 2024.

Na noosfera ocorrem as relações que Chevallard evoca, pois é lá que se pensa, é lá que os agentes sociais discutem o sistema educacional e delineiam o correto distanciamento entre teoria e prática. Perrenoud, inspirado em Chevallard, escreve: “Ela [a transposição didática] torna-se pertinente para pensar todas as disciplinas e todas as formações⁵” (Perrenoud, 1991, p. 511). Isso significa que, por meio das articulações e discussões sociais e educativas, adaptando-se aos alunos envolvidos e aos espaços educativos, às relações dos saberes e até mesmo às crises políticas, os atores que constituem a assim denominada noosfera determinarão os documentos normativos educacionais e a prática pedagógica, reformando ou remodelando o ensino.

No entanto, essa reformulação da educação precisa ser feita com cuidado, de modo a identificar possíveis simplificações de transposições “malfeitas”. Para isso, é necessário observar possíveis dificuldades com bastante atenção, para que os discentes não apliquem os conhecimentos de forma errônea e não tenham maiores problemas na compreensão dos conhecimentos construídos com eles (Chevallard, 1991, p. 38). No entanto, o maior problema não é o “ensinar conteúdos de forma errada, por parte dos professores”, mas sim ensinar teorizações tais que garantam um aprendizado aplicável no cotidiano e nos estudos posteriores dos indivíduos, criando possibilidades para o mundo do conhecimento e crescimento intelectual.

Nessa direção, John Dewey em “Mi Credo Pedagógico” (2013) aponta que “a escola deve oferecer ao aluno atividades e reproduzi-las de modo que ele aprenda gradualmente o seu sentido e seja capaz de desempenhar o seu papel em relação a elas” (Dewey, 2013, p. 9). Por isso, o

⁵ No original: Elle devient alors pertinente pour penser toutes les disciplines et toutes les formations. Tradução livre do autor.

professor “de fato suscita atividades, tarefas, situações por meio das quais – no melhor dos casos – os alunos constroem os conhecimentos⁶” (Perrenoud, 1998, p. 510); devemos nos servir dos saberes e competências na mesma proporção, a fim de possibilitar uma construção do conhecimento em todas as esferas da sociedade e permitir um espaço de escuta, diálogo e, principalmente, aprendizagem.

Não podemos esquecer que os professores e as instituições escolares não desempenham seus papéis pedagógicos de forma isolada e sem diretrizes a serem seguidas. Um exemplo disso é o Ministério da Educação, que em 2018 promulgou a BNCC (BRASIL, 2018), e todos os ambientes de ensino se adaptaram a essa normativa federal. Essa configuração é denominada como Saber a Ensinar, pois são os objetos do conhecimento e as habilidades que devem ser construídos ao longo de cada etapa escolar.

Estas ideias, de fato, não são “novas”: Comênio, em sua *Didática Magna* já afirma que “[...] por mais imperfeitas que sejam essas nossas coisas e ainda que não alcancem o fim proposto, mesmo assim esse estudo servirá para ensinar que há um degrau mais alto e mais próximo da meta do que até agora se acreditou. [...]”⁷ (2006, p. 15), isto é, mesmo que o trilho dos saberes seja longo e até demorado, sempre teremos mais um degrau do conhecimento e subir.

Comênio compara nossa prática didática a um navio, no qual

[...] a proa e a popa da nossa didática sejam buscar e encontrar um método para que os docentes ensinem menos e os discentes aprendam mais; que nas escolas haja menos conversa, menos enfado e trabalhos inúteis, mais tempo livre, mais alegria e mais proveito; que na república cristã haja menos trevas, menos confusão, menos dissensões, mais luz, mais ordem, mais paz e tranquilidade⁸ (Ibid. p. 12).

A partir da afirmação do considerado “pai da prática educativa” podemos retirar o fato de que todas e quaisquer práticas educativas têm como meta aprender cada vez mais, porém, este aprender deve ser voltado a uma aprendizagem significativa, tal como propõe Moreira (1982, p. 7)

⁶ No original: De fait, il suscite des activités, des tâches, des situations à travers lesquelles – dans le meilleur des cas – les élèves construisent des savoirs. Tradução livre do autor.

⁷ No original: Quamvis haec nostra imperfecta sint, et etiam si ad propositum finem non perveniant, sic etiam hoc studium ad docendum gradum altioem et propius ad metam esse, quam id quod hactenus creditum est. Tradução livre do autor

⁸ No original: Sit prora et puppis didacticorum nostrorum: quaere et invenias rationem magistrorum ad docendum minus, et discipulos ad discendum plus; in scholis minus sermonis, minus taedii ac inutilis opus, liberius tempus, plus gaudii ac plus lucri; minus esse in Christiana republica tenebras, minus confusionem, minus dissensiones, plus lucis, plus ordinis, plus quietis et tranquillitatis. Tradução livre do autor.

[A] aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceitos subsunçores* ou, simplesmente, subsunçores (subsumers), existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em *conceitos relevantes* preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende (Grifos do autor).

Assim, a Transposição Didática terá um papel exitoso nos processos de ensino e de aprendizagem quando transformar os conhecimentos teóricos em saberes que sejam conhecimentos do indivíduo, ou seja, se aproximem do aluno, mas que mantenham, como Chevallard a todo momento destaca, uma vigilância epistemológica constante, para que assim não se façam aproximações e nem simplificações errôneas, para que no ato de ensinar não haja uma descontextualização dos significados (Chevallard, 1991, p. 23). Nesse sentido, Chevallard destaca ainda que os conhecimentos ensinados podem ser compreendidos como uma caricatura, pois ocorre uma substituição didática do objetivo de ensino (1991, p. 48), e retoma a ideia de Michel Verret:

Quanto mais distante a forma escolar estiver do conteúdo cujo ensino busca, mais provável será essa conversão de objeto. A história nos fornece pelo menos dois grandes exemplos disso: a transformação da literatura e da magia divinatória em suas figuras escolares na escola confucionista, a transformação da metafísica cristã em filosofia escolar na Universidade Escolástica, cujas transposições encontramos equivalente no ensino secundário francês do século XVII, com a substituição do ensino do latim escolar pelo ensino do latim clássico, no século XIX, com a substituição do ensino do espiritismo universitário pelo ensino da filosofia pura (Verret, 1975, pp. 177-178 *apud* Chevallard, 1991, p. 48).

Como aconteceu com a Literatura e o ensino de latim que foram substituídos para se adequarem ao ensino e as necessidades do século XVII e XIX, apresenta-se a necessidade de uma transformação no ensino de Eletrodinâmica em nossos espaços escolares, já que se impregnou a cultura de que aprender Física é desgastante e difícil. Mas que para isso ocorra, precisamos contar com as criações didáticas dos professores e cada vez mais com um ensino pautado na aprendizagem significativa e na experimentação.

3.2. Apresentação literal dos saberes e suas implicações

O propósito fundamental da Transposição Didática e da aprendizagem significativa é evitar a apresentação de conceitos na forma exata na qual foram originalmente concebidos. Nessa mesma linha de pensamento, enfatiza-se a importância de proporcionar atividades pedagógicas que

estimulem o desenvolvimento de alunos autônomos e ávidos pelo conhecimento. No entanto, nos últimos vinte e cinco anos, com a introdução dos vestibulares para o ingresso nas universidades, a aprendizagem enfrenta um novo desafio: o sistema franqueado de ensino, destacado já na tese de doutorado de Pieroni em 1998.

Essa denominação surge devido ao uso frequente de apostilas e cadernos didáticos nas instituições de ensino, impulsionado pela ideia propagada pelas franquias de ensino de que seu uso proporciona aos candidatos melhores chances de sucesso nos exames classificatórios. No entanto, conforme evidenciado na dissertação de Chaba (2019), esse método frequentemente simplifica o contexto científico, desvinculando-o de sua origem e da forma como deveria ser abordado.

Com o mundo globalizado e cada vez mais competitivo, os indivíduos buscam uma preparação mais específica para seus objetivos. Nesse contexto, o sistema apostilar ganhou espaço nas instituições escolares públicas e privadas, por meio da concessão de franquias. Consequentemente, o foco dos espaços escolares passou a ser a preparação para os exames vestibulares, conforme os materiais apostilares adotados, deixando um tanto de lado as etapas de transformação dos saberes, como observado por Pieroni (1998).

Esse uso exclusivo dos materiais didáticos “prontos” traz consigo uma carga negativa que consiste basicamente de dois pontos: o primeiro diz respeito à aprendizagem mecânica (Moreira, 2011) e o segundo refere-se ao que Popper (1975) chama de A teoria do balde mental. Exploraremos cada um desses pontos a seguir.

Observemos a Figura 7 para ilustrar a primeira defasagem:

Figura 7 - Exemplo de aprendizagem mecânica

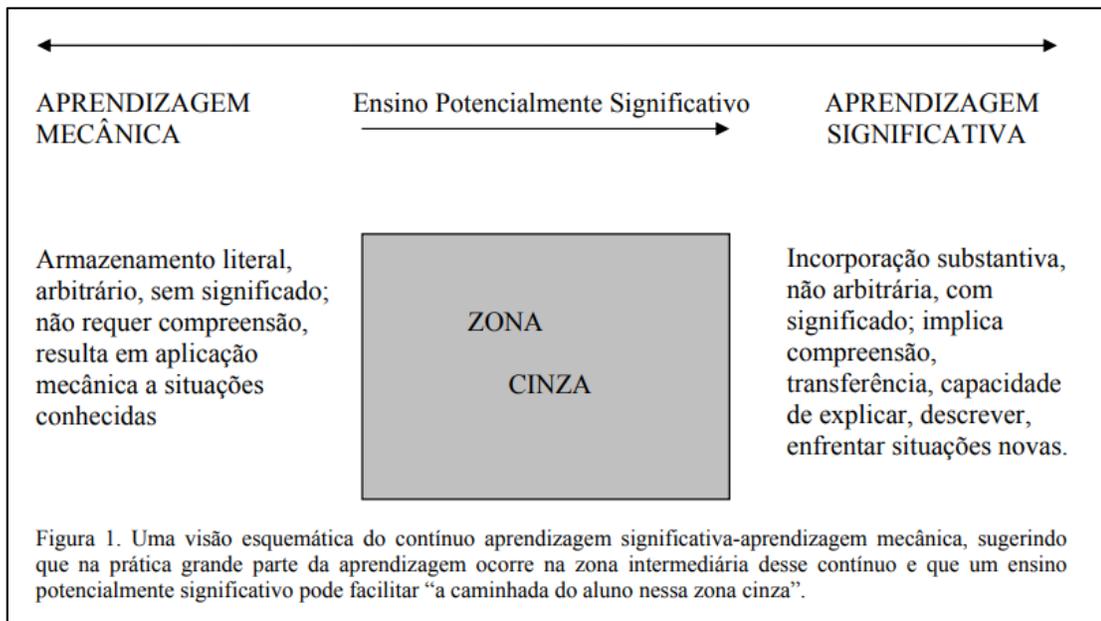


Fonte: Piovesan *et al.*, 2018.

Na charge acima (Figura 7) a professora pede ao aluno que recite a música da fotossíntese, sendo obviamente claro que se trata de um exercício no qual predomina o acesso à memória, memória esta que será novamente requisitada na hora de responder às questões de uma prova, para ser logo após, num curto espaço de tempo, substituída, esquecida. Referimo-nos “aquela [atividade] praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida, apagada, logo após. Em linguagem coloquial, a aprendizagem mecânica é a conhecida decoreba, tão utilizada pelos alunos e tão incentivada na escola” (Moreira, 2011, p. 12).

Moreira (2011) ao falar sobre a aprendizagem memorística lembra-nos que esta e a significativa não são nitidamente separadas, mas fazem parte de um continuum (Moreira, 2011, p. 9) como sugere a Figura 8, que há uma “zona cinza” entre elas.

Figura 8 - Representação da Aprendizagem Mecânica e a Aprendizagem Significativa



Fonte: Moreira, 2011.

A extensão desse *continuum* entre a aprendizagem mecânica e a significativa sugere alguns apontamentos que devem ser esclarecidos e retomados à luz da Transposição Didática:

- (a) **a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática;** (Moreira, 2011, p. 12) Assim como os saberes não se modificam de forma espontânea, é necessária uma intervenção, o mesmo acontece com a aprendizagem; logo, o professor, utilizando-se de diferentes estratégias metodológicas, levando em consideração os conhecimentos prévios e fazendo adaptações curriculares que aproximem o aluno do conhecimento científico, possibilita que a aprendizagem mecânica venha a ser uma aprendizagem significativa;
- (b) **a aprendizagem significativa é progressiva;** (Moreira, 2011, p. 13 – Grifo do autor) Logo, podemos tomar como analogia de que os saberes são elencados de maneira gradual, sendo a transposição **externa** a elaboração dos livros didáticos e materiais de estudos e a transposição **interna** o momento da intervenção pedagógica ocorrida em sala de aula. Da mesma forma ocorre a construção da aprendizagem: o aprendiz obtém a informação, a internaliza, reorganiza seus conhecimentos e após os aplica em novas situações, tal como preconizado por Vergnaud (1990), com seus assim chamados “Campos Conceituais”.
- (c) **a aprendizagem significativa depende da captação de significados;** (Gowin, 1981 *apud* Moreira, 2011, p. 13) Assim como Vergnaud (1990) estabelece como base as situações-problema, que são a essência dos processos de ensino e de aprendizagem, se analisarmos um problema de

circuitos elétricos sob a concepção apenas teórica não emergirá desta análise o mesmo significado que emergiria se o processo de ensinar incluísse o emprego de diferentes situações-problemas.

Vejamos um exemplo, a Primeira Lei de Ohm, que prescreve que a “[...] tensão e a intensidade de corrente elétrica são diretamente proporcionais para determinados condutores” [Válio, Adriana B. M. (2016)]. Se este conceito for trabalhado com a finalidade precípua de tornar-se significativo, por meio de – digamos – materiais diversificados, experimentações e simulações (digitais ou físicas), é possível que “depois de sair da escola, ou da faculdade, passasse muito tempo sem envolver-se com temas de Física provavelmente continuaria sabendo que essa é uma ideia central em Física” (Moreira, 2011, p. 4)

A respeito do segundo ponto de discussão (A teoria do balde mental) Popper (1975) destaca que “[...] antes de podermos conhecer ou dizer qualquer coisa acerca do mundo, devemos primeiro ter tido percepções – experiências de sentidos (Popper, 1975, p. 313)”. Assim, cabe destacar que esse sistema de organização no qual o programa pedagógico já vem predefinido (com o número mínimo de encontros para cada tópico, de modo que o conteúdo seja visto integralmente, permitindo ao aluno ser capaz de realizar os seus exames), o trabalho do professor passa a ser um mero reprodutor do sistema apostilar.

Observemos a Figura 9 da Prefeitura de Ibityúra de Minas:

Figura 9 - Slogan da formação de professores



Fonte: Google imagens, 2024.

Fica nítido, ao ler o slogan, de que a partir do momento em que os professores recebem treinamento para o uso do sistema apostilado de ensino, melhorará conseqüentemente a qualidade da educação municipal. Apesar disso, segundo Ceribeli *et al.* (2010), uma das missões das franquias é a de “[...] buscar cada vez mais identificar e atender as expectativas dos clientes de maneira a

gerar maior satisfação, evitando, deste modo, que a concorrência cresça e que seus clientes procurem outras empresas para atender a suas demandas” (Ceribeli *et al.*, 2010, p.30).

No mesmo texto, Ceribeli *et al.* (2010) chama a atenção para o fato que os indivíduos que utilizam este sistema apostilar, quererem ser considerados como alunos e não como clientes, porque devem ser vistos como agentes do seu conhecimento, do seu aprendizado, corroborando assim as ideias propostas por Popper (1975) de que os ambientes escolares devem fornecer um ambiente de experimentação (física ou digital) para que o conhecimento seja internalizado:

Nossa mente se assemelha a uma vasilha – uma espécie de balde – em que percepções e conhecimentos se acumulam. (Bacon fala de percepções com “uvas maduras e da estação”, que têm de ser juntadas, paciente e diligentemente e das quais, se comprimidas, fluirá o vinho puro do conhecimento) (Popper, 1975, p. 313).

Sem embargo, o conhecimento que queremos ensinar, vulgo “conteúdo”, não é algo a ser vertido para dentro da cabeça do estudante, se os leitores perdoarem ao autor por esta redação um tanto radical. Esta afirmação teria o dom de “proibir” a simples menção à quantidade de conhecimento que pretendemos tornar acessível aos alunos? Não, por certo. É a metáfora que precisa de ajustes. Talvez, algo na seguinte linha: tal como o alimento que ingerimos, o conhecimento só adquire significado na medida que é processado, “quebrado” em diferentes constituintes, processado e transformado. Seu verdadeiro sentido se manifesta na forma da energia que ele, alimento, oferece, energia esta que nos move, que nos transforma. É também perfeitamente natural (e necessário) que uma parte não desprezível do “conhecimento que ingerimos” seja eliminada, falando metaforicamente, é claro. E isto não é um problema, pelo contrário. Poderíamos, se estendêssemos a metáfora, incluir o que um tanto arbitrariamente, chamamos de erro, adotando para tanto a acepção de Bachelard (1996). Os educandos não erram, eles acrescentam experiência ao seu viver escolar, transformando-a, assimilando-a e transmutando-a em saberes.

Logo, cabe acrescentar também os aspectos éticos ao espaço escolar: devido à mudança abrupta na prática educativa dessas instituições, que passam a focar exclusivamente nos resultados de exames nacionais e vestibulares prestigiados, os educadores não têm o objetivo de formar cidadãos conscientes de sua responsabilidade social, mas são vistos como colaboradores das instituições educacionais, cujo foco principal é garantir a aprovação de seus alunos em instituições de ensino superior consideradas de prestígio.

O uso das apostilas, conforme destacado por Chaba (2019), Bego (2017) e Silva e Leite (2017), apresenta alguns aspectos positivos para os estudantes. Chaba (2019) ressalta que as apostilas proporcionam uma adaptação mais adequada do conteúdo aos alunos. No entanto, é necessário estabelecer uma parceria entre franqueados e franqueadora para que os processos de ensino e de aprendizagem ocorram de maneira contínua e progressiva, não se limitando apenas à preparação para os exames vestibulares. É fundamental que esses materiais também preparem os alunos para a vida e os capacitem a adquirir autonomia.

Além disso, o livro didático e o sistema apostilar deveriam ser uma ferramenta para o professor utilizar da maneira que julgar adequada, fazendo as mudanças que achar necessárias e pertinentes para que os saberes sejam de fato saberes a ensinar. Desta forma, a forma pela qual se dá o processo de Transposição Didática torna-se, pelo menos em potência, mais natural.

Bego (2017) aponta que a utilização desses materiais tem um aspecto positivo, associado à formação inicial dos professores. Segundo este autor, os gestores das instituições de ensino manifestam uma grande preocupação com os novos professores, que chegam às escolas sem ter recebido uma formação inicial adequada, que lhes permita lidar com os desafios e responsabilidades do magistério.

Bego afirma:

A formação inicial dos professores estaria muito distante da realidade cotidiana das escolas públicas e, assim, muitos docentes não chegariam preparados adequadamente para lidar com a complexidade de uma sala de aula. Além da má formação inicial, muitos gestores relataram o enfrentamento de grandes problemas referentes à falta de comprometimento de professores em relação ao desenvolvimento do trabalho escolar, percebido pela falta de motivação para estudos de formação continuada e pela falta de envolvimento com os resultados de aprendizagem dos alunos. Aliada a esse fato, a situação do contrato de trabalho, que concebia, reduzidamente, o trabalho do professor como o trabalho estritamente didático em sala de aula, inviabilizava ações de planejamento mais sistemáticas e consistentes ao longo do ano, ações de formação continuada e preparação didático-pedagógica, já que eram poucos os momentos que os docentes possuíam para se reunirem e refletirem coletivamente (Bego, 2017, p. 775).

Da mesma forma, ele acrescenta:

Os problemas enfrentados com os materiais didáticos associados à falta de contingente de profissionais qualificados, segundo os gestores, faziam com que as escolas ficassem “meio perdidas” e não houvesse unidade de proposta pedagógica. Somando essa falta de contingente de profissionais qualificados à questão da má formação inicial de muitos docentes que atuavam nas UE e ao problema da falta de professores efetivos da rede, percebemos o grande problema enfrentado pelos gestores da SME quanto à perspectiva de melhoria da qualidade do trabalho escolar (Ibid., p. 775).

Assim, para Bego (2017) o uso das apostilas nas instituições escolares, além do fato de os professores terem tido acesso a uma má formação inicial, e serem pouco incentivados para uma formação continuada, soma-se à falta de profissionais habilitados, ocasionando problemas de ensino e de aprendizagem dos indivíduos. Em suma, a falta de comprometimento, planejamento, e a baixa procura por diferentes métodos de ensino contribuem para a inviabilidade de ações que promovam uma aprendizagem significativa e duradoura.

Da mesma forma, Silva e Leite (2017) trazem um recorte da Rede Paulista de Educação, na qual o processo de adesão ao sistema apostila na rede municipal de Álvares Machado-SP, a partir de uma pesquisa com professores, está relacionado, em sua maioria, à melhoria da qualidade da educação do município, com 53,8% das respostas (28 respostas). Também foram registradas 11 respostas (21,1%) referentes à qualidade do Sistema Apostilado fornecido pela empresa, 7 respostas (13,4%) vinculadas a fatores facilitadores da aprendizagem dos alunos e 1 resposta (1,9%) associadas a fatores que facilitam o trabalho do professor, conforme dados apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Motivos apresentados pelos professores para a adesão de SAE em Álvares Machado-SP

Categories	Frequência	%
Por motivos relacionados a melhoria da qualidade da educação no município	28	53,8
Por motivos relacionados a qualidade do Sistema Apostilado de Ensino oferecido pela empresa.	11	21,1
Por motivos facilitadores de aprendizagem dos alunos.	7	13,4
Por motivos facilitadores no trabalho do professor.	1	1,9
Não respondeu satisfatoriamente a questão	5	9,6
TOTAL	52	100

Fonte: Silva e Leite, 2017.

A busca incessante pela qualidade na educação permeia o debate educacional contemporâneo, revelando-se um tema complexo e multifacetado. Definir com precisão o que se configura como um ensino de qualidade é um desafio árduo, reconhecido por especialistas como Oliveira e Araújo (2005). A polissemia do termo “qualidade” contribui para essa dificuldade, conforme explicitam Dourado e Oliveira (2009).

Diante da multiplicidade de perspectivas, emerge a dicotomia entre duas concepções: a civil democrática e a produtivista. A primeira, defendida por Paul Singer (1996), concebe a educação como um processo de formação cidadã, visando o exercício pleno da democracia. Já a segunda visão prioriza a preparação para o mercado de trabalho, relegando a formação crítica a um segundo plano.

Neste contexto, alinhamo-nos à visão civil democrática, que reconhece na educação um instrumento de emancipação para as classes historicamente excluídas. A escola, sob essa ótica, assume um papel fundamental na garantia da permanência dos alunos e na promoção de mudanças sociais.

A partir da análise das respostas das professoras pesquisadas, podemos inferir que a disponibilidade de materiais didáticos é um dos elementos considerados essenciais para a qualidade do ensino. Essa percepção evidencia a importância de investimentos em infraestrutura e recursos pedagógicos para a construção de um sistema educacional mais justo e equitativo.

3.2.1. Estratégias de aprendizagem ativa

A aprendizagem ativa vai na contramão da aprendizagem literal dos saberes; nela, o trabalho com o uso das estratégias de aprendizagem ativa desempenha um papel fundamental na promoção efetiva dos processos de ensino e de aprendizagem. Ao envolver os alunos de forma ativa em sua própria aprendizagem, essas estratégias estimulam a participação ativa, a reflexão crítica e a construção do conhecimento de forma significativa. Em contraste com abordagens passivas de ensino, como a mera transmissão de informações, as estratégias de aprendizagem ativa incentivam os alunos a explorar, questionar, colaborar e aplicar o que aprenderam em contextos reais, preparando-os para os desafios do mundo contemporâneo.

Além disso, o uso de estratégias de aprendizagem ativa promove o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais essenciais, como pensamento crítico, resolução de problemas, comunicação eficaz e trabalho em equipe. Ao se envolverem ativamente no processo de aprendizagem, os alunos não apenas adquirem conhecimento, mas também desenvolvem competências transferíveis que são essenciais para o sucesso acadêmico e profissional. Portanto, investir no uso de estratégias de aprendizagem ativa não apenas melhora a qualidade da educação,

mas também prepara os alunos para se tornarem aprendizes ao longo da vida e cidadãos engajados em uma sociedade em constante mudança.

Para tanto, com base no livro: “Uma nova sala de aula é possível – Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia”, de autoria de Elmôr-Filho *et al.* (2019), foram implementados três procedimentos (dentre muitos outros possíveis), o Think-pair-share, Just-in-time-teaching e One minute paper, explicados abaixo. Reitera-se aqui: a ideia é ir na contramão do ensino tradicional e promover habilidades atitudinais e escolares inseridas no espírito do tempo (“l’air du temps”), o século XXI. É importante salientar que em uma nova sala de aula, como incita o título da obra literária, não se prescreve apenas a utilização de métodos do aluno em ação, mas propugna-se que o professor tenha a sensibilidade de mesclar teoria e prática e, principalmente, propiciar atividades nas quais o aluno possa assumir o papel de construtor do seu próprio conhecimento.

A *Just-in-time-teaching* (JiTT) é uma estratégia de aprendizagem ativa na qual a “ideia central são os chamados “exercícios de aquecimento”, que devem ser realizados utilizando a Internet antes da aula presencial”. O anexo D apresenta o processo do uso da estratégia JiTT. Esta compreende três etapas, de acordo com Elmôr-Filho *et al.* 2019, p. 72-73, a saber:

Etapa 1: tarefas de leitura e “exercícios de aquecimento”, a serem realizados antes da aula: nessa etapa, o professor solicita aos estudantes que façam algum tipo de leitura do material a ser estudado. Na sequência, os estudantes devem resolver uma série de exercícios denominados “exercícios de aquecimento”. Esses exercícios são questões conceituais relacionadas com a tarefa realizada previamente para a apropriação do conteúdo e devem estar em um ambiente virtual.

Etapa 2: tarefas em sala de aula considerando as tarefas de leitura e os “exercícios de aquecimento”: nesta etapa, usando as respostas dadas pelos estudantes, o professor prepara um ambiente de aprendizagem, com atividades, exercícios ou problemas para a turma, visando preencher as lacunas de aprendizagem as concepções prévias identificadas nas respostas dos “exercícios de aquecimento”. [...] Na JiTT, o professor vai utilizar na preparação do ambiente de aprendizagem o princípio da aprendizagem pelo erro: “Buscar sistematicamente o erro é pensar criticamente, é aprender a aprender, é aprender subversivamente rejeitando certezas, encarando o erro como natural e aprendendo pela superação” (Moreira, 2020 *apud* Elmôr-Filho *et al.*, 2019, p. 73).

Etapa 3: tarefas em grupo envolvendo os conceitos trabalhados nas duas etapas anteriores. Nesta etapa, a forma como o restante da aula será conduzida dependerá de uma série de fatores.

O segundo método ativo utilizado na sequência didática foi a *Think-pair-share* (Pense - discuta com um colega - compartilhe com o grande grupo), sendo usualmente referida como TPS. É uma estratégia de aprendizagem ativa com ênfase no que os alunos realizam pensando, discutindo com um colega e compartilhando com o grande grupo. O uso desta estratégia tem como principal

objetivo preparar os estudantes para participar de forma mais efetiva nas discussões em sala de aula.

Assim, como a JiTT, segundo Elmôr-Filho *et al.*, 2019, p. 83, a TPS possui três fases, a saber:

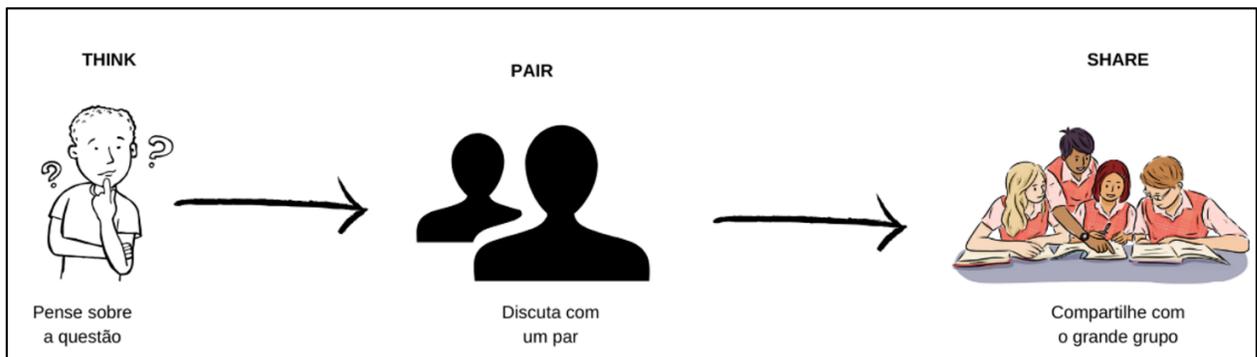
Etapa 1: “Pense”: o professor faz uma com que os estudantes se coloquem a pensar por meio de uma pergunta, um aviso ou uma observação. Os estudantes devem ter alguns momentos (preferencialmente, um tempo menor do que um minuto) apenas para pensar sobre a questão.

Etapa 2: “Discuta com um par”: usando parceiros designados, os estudantes formam duplas para discutir sobre a resposta de cada um. Eles comparam as suas notas mentais ou escritas e identificam as respostas que acham melhores, mais convincentes, ou mais originais.

Etapa 3: “Compartilhe com o grande grupo”: depois que os estudantes conversarem em pares por alguns momentos (novamente, um tempo não muito maior que um minuto), o professor pede que os pares compartilhem suas ideias cm o restante da turma.

Na Figura 10 está apresentando um esquema com as etapas da TPS.

Figura 10 - Etapas da TPS



Fonte: Adaptado de Elmôr-Filho *et al.*, 2019.

O último método ativo utilizado foi o *One minute paper* (relatório do último minuto), que consiste em uma estratégia de avaliação na qual o professor solicita aos estudantes que, individualmente, escrevam sobre o tema abordado na aula. É um recurso ao professor para utilizar as dificuldades ou facilidades na aprendizagem apresentadas pelos estudantes (Elmôr-Filho *et al.*, 2019, p. 146).

3.3. Os obstáculos epistemológicos

A relação entre a Transposição Didática, conforme proposta por Yves Chevallard, e os Obstáculos Epistemológicos, delineados por Gaston Bachelard (1996), constitui-se num campo fértil de investigação no âmbito educacional. A Transposição Didática, ao abordar a transformação do saber científico em conteúdo ensinável, destaca a importância de adaptar o conhecimento de forma a torná-lo acessível e compreensível para os estudantes.

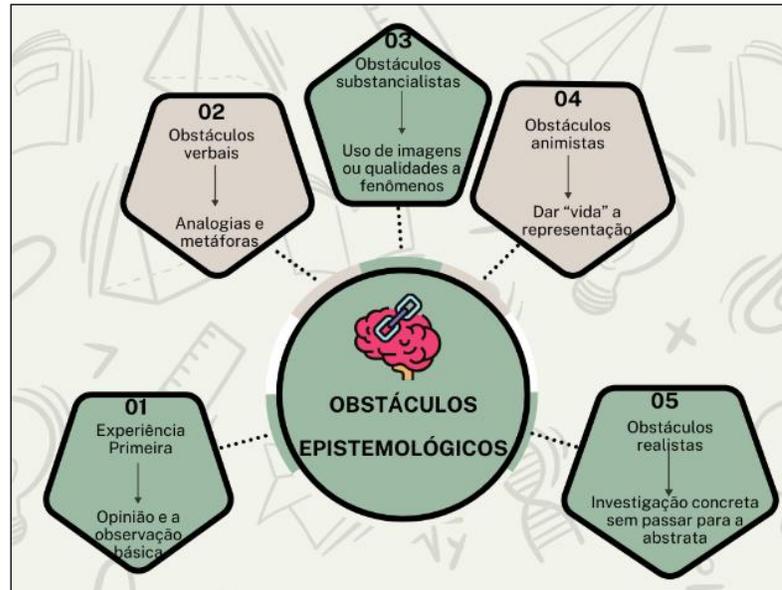
Nesse processo, entretanto, emergem os Obstáculos Epistemológicos, obstáculos cognitivos que podem obstruir a aprendizagem, manifestando-se como resistências e concepções prévias que desafiam a assimilação de novos conceitos. A compreensão integrada dessas duas abordagens revela-se essencial para uma prática pedagógica mais eficaz, proporcionando percepções valiosas sobre como superar as barreiras que os alunos podem enfrentar ao internalizar conhecimentos científicos.

Para Bachelard (1996), a concepção de obstáculo epistemológico ainda é restrita no campo da educação, tendo em vista que muitos professores não entendem porque seus estudantes não vão bem na escola e nas suas propostas didáticas.

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto a ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (Bachelard, 1996, p. 23)

A TD é uma metodologia de ensino em que é possível visualizar os obstáculos epistemológicos destacados por Bachelard (1996) como a Figura 11 representa de forma resumida, tendo em vista que Chevallard (1991) já orienta sobre as adaptações curriculares e o que um trabalho simplificado de maneira errada pode acarretar aos processos de ensino e de aprendizagem.

Figura 11 - Esquema dos obstáculos epistemológicos



Fonte: O autor, 2024.

Destacando cada um dos obstáculos epistemológicos, temos:

1. Experiência Primeira

Para (Präss, 2008 *apud* Trindade, 2019) ao citar Bachelard (1996) define que um dos primeiros obstáculos a serem superados para o progresso do conhecimento científico é a superação da opinião e a observação básica, os quais, segundo ele, devem ser substituídos pelo empirismo e sua validação.

Logo, a experiência primeira é senão a prática colorida, repleta de imagens que tem como cunho exclusivo o de chamar a atenção dos educandos. Porém, restringe-se a uma forma de entreter os alunos. Apesar disso, a experiência primeira “acaba causando uma ruptura e não uma continuidade entre observação e experimentação” (Bachelard, 1996 *apud* Trindade, 2019, p. 17832).

Para Bachelard (1996) esse material pitoresco prejudica a formação do pensamento científico, logo, é necessário que se abandonem essas práticas.

Por isso:

O pensamento empírico assume, portanto, um sistema. Mas o primeiro sistema é falso. É falso, mas, ao menos, tem a utilidade de desprender o pensamento, afastando-o do conhecimento sensível; o primeiro sistema mobiliza o pensamento. O espírito constituído em sistema pode então voltar à experiência com ideias barrocas, mas agressivas, questionadoras, com uma espécie de ironia metafísica bem perceptível nos jovens pesquisadores, tão seguros de si, tão prontos a observar o real em função de suas teorias.

Da observação ao sistema, passa-se assim de olhos deslumbrados a olhos fechados” (Bachelard, 1996, p. 25, 26).

Assim, o professor, ao pensar nas aulas experimentais, deve conduzi-las de forma adequada, de tal modo que gere, ao final da experimentação, um rompimento com um certo “empirismo imediato” e leve a uma sistematização que promova uma generalização, propiciando uma organização do pensamento e, conseqüentemente, uma construção do conhecimento científico.

2. Obstáculos verbais

O obstáculo verbal, segundo Trindade (2019), é difícil de ser superado, já que está ancorado em práticas pedagógicas arraigadas na sociedade. Esse obstáculo decorre em grande parte do uso, por parte dos professores, de metáforas, analogias, expressões ou imagens associadas a um conceito abstrato. Para Bachelard (1996), não se pode – entretanto – dizer que é um recurso inútil para o ensino, desde que seja utilizado de alguma maneira efetiva para se chegar ao conhecimento científico.

Gomes e Oliveira (2007), ao analisar os obstáculos verbais, afirmam: “O grande problema encontrado no uso de analogias e metáforas é que muitas vezes é utilizada como um primeiro “conceito” sobre a teoria a ser desenvolvida [...] (Gomes; Oliveira, 2007 *apud* Trindade, 2019, p.17835).

Bachelard (1996) ao dizer que “O perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo”, leva à conclusão pela qual o conhecimento conclui-se no reino da imagem, não causando nenhuma dúvida a mais nos estudantes, sendo assim finalizado.

3. Obstáculos substancialista

Bachelard (1996) chama a atenção para outro obstáculo, presente na prática didática, o obstáculo substancialista: o uso de imagens ou atributos de qualidades a fenômenos. Para Freitas (2006 *apud* Trindade, 2019, p. 17835) isso decorre da “polissemia da substância em seu poder de ancorar qualidades, a sedução e o maravilhamento exercido pela matéria”.

Por isso, Bachelard (1996) alerta que esse obstáculo pode atrapalhar o avanço do conhecimento e, conseqüentemente do pensamento na ciência, tendo em vista que induz os estudantes a explicações temporárias. Isto é, o espírito científico deve estar relacionado a uma variedade de objetos e não a uns poucos fenômenos ligados a uma substância, sem quaisquer elos.

Bachelard (1996) declara:

Pensa-se como se vê, pensa-se o que se vê: a poeira gruda na parede eletrizada, logo, a eletricidade é uma cola, um visco. É assim adotada uma falsa pista em que os falsos problemas vão suscitar experiências sem valor, cujo resultado negativo nem servirá como advertência, a tal ponto a imagem primeira, a imagem ingênua, chega a cegar, a tal ponto é decisiva sua atribuição a uma substância (Bachelard, 1996, p. 129).

Assim, um dos múltiplos fatores encontrados no substancialismo é o acúmulo de características a uma experimentação, por isso, para se construir um pensamento científico é primordial diminuir os adjetivos: “os atributos são pensados de forma hierárquica e não forma justaposta” (Bachelard, 1996, p. 140).

4. Obstáculos animistas

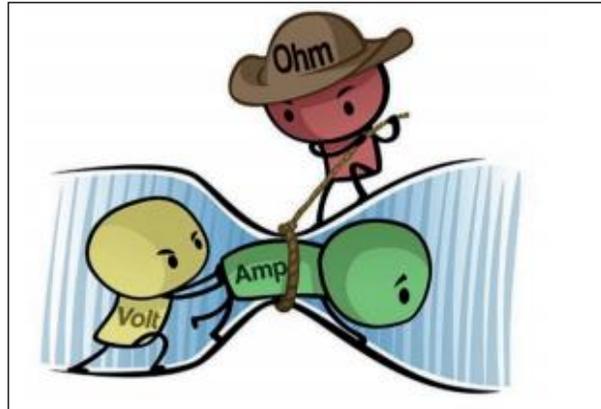
O obstáculo animista é o mais encontrado nas aulas de Ciências e, principalmente na Física, já que os professores “dão vida” a muitas representações curriculares para transpor o objeto do conhecimento, prejudicando o pensamento científico. Bachelard (1996) enfatiza “vida é uma palavra mágica. É uma palavra valorizada. Qualquer outro princípio esmaece quando se pode invocar um princípio vital” (Bachelard, 1996, p. 191).

Logo, quando o educador utiliza características humanas a conceitos, proporciona que estes sejam animados com um valor de “vida e morte”, os quais são características de organismos vivos e biologicamente ativos (Melzer *et al. apud* Trindade, 2019, p. 17837).

No campo da Física, assuntos como eletricidade, magnetismo e calor são aderidos a algo mágico, distorcendo o conhecimento científico empregado; em não poucos textos, encontramos características de seres vivos associadas a fenômenos físicos, prejudicando assim a formação do espírito científico.

O animismo é representado por figuras muito presentes na prática docente, tais como a da Figura 12:

Figura 12 - Representação animista de eletricidade



Fonte: UEMA PAES, 2020.

A charge acima representa três grandezas elétricas: diferença de potencial elétrico (volt), intensidade da corrente elétrica (ampère) e resistência elétrica (ohm). Podemos visualizar as grandezas elétricas com características humanas como mãos, pés e olhos. Eles também exercem uma atividade humana em que um está “empurrando” o outro e neste (“Amp”) percebe-se características humanas, que podem esboçar sentimentos, vontades e emoções. (Leite *et al.*, 2006 *apud* Trindade, 2019, p. 17837).

5. Obstáculos realistas

O obstáculo realista representa o conhecimento como um bem pessoal. Bachelard (1996) define que o realista é um avaro e todo o avaro é um realista. Este obstáculo acontece quando se propõe uma investigação científica apenas no concreto, sem fazer uma sistematização, uma generalização e, conseqüentemente a abstração.

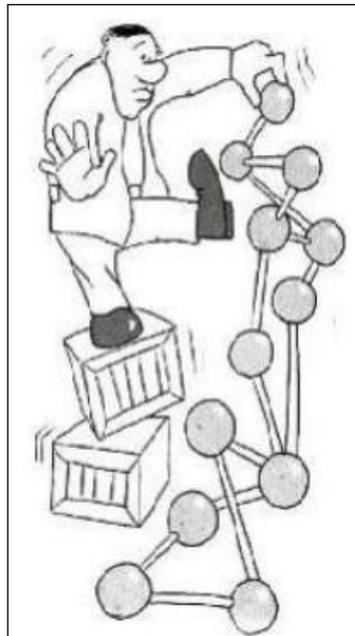
A Figura 13 representa um obstáculo realista, no qual o homem e a molécula são de mais ou menos o mesmo tamanho, de tal sorte que este pode segurar com as mãos a extremidade da molécula. O elo com o “mundo macroscópico leva o aprendiz a construir um pensamento científico, no nível da abstração, mais próximo do estabelecida pelo meio científico” (Trindade, 2019, p. 17839).

Logo, para Bachelard (1996) o realismo é inato, orientando a reflexão do senso comum, construindo assim a ciência do geral e superficial. Assim, para De Jesus (2010, p 66) “O realismo supervaloriza suas impressões tácteis e visuais, lidando com o objeto com a voracidade do homem

faminto frente ao alimento. Seus olhos e suas mãos digerem o objeto, fazendo dele a razão de ser do conhecimento.”

Portanto, o realismo tende a obstruir as correções necessárias para a construção científica. Sob a ótica do realismo, entender um objeto é simplesmente descrevê-lo e apresentar suas propriedades, consideradas como essencialmente intrínsecas a ele. Essa abordagem sofre com a generalização apressada e inadequada, buscando formular leis gerais para uma variedade de fenômenos baseando-se apenas em observações superficiais. Isso acaba por obscurecer e dificultar a compreensão dos aspectos matemáticos dos fenômenos.

Figura 13 - Representação realista da molécula



Fonte: Hatwing *et al.* (Cap. 5, p. 171) *apud* Leite; Silveira; Dias, 2006 *apud* Trindade, 2019.

Após ter tido contato com os principais obstáculos epistemológicos, se pode pensar sobre a aprendizagem, logo, ela torna-se significativa quando o conhecimento, transformado pela Transposição Didática, interage com os subsunçores do indivíduo, resultando em um novo conhecimento. De acordo com Moreira (2012, p. 22), “Nesse processo, que é não-literal e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio torna-se mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em relação aos significados que já estavam presentes antes da interação”. Portanto, o processo de ensinar não consiste, como afirmou Bachelard (1966), em utilizar o conhecimento criado por meio das relações sociais - o senso comum

- como base para o ensino, mas sim em substituí-lo pelo conhecimento científico, ou seja, aquele produzido no contexto acadêmico.

Para formar as suas convicções, o filósofo tem muitas vezes o hábito de procurar apoios numa ciência particular, ou no pensamento pré-científico do senso comum. Ele pensa então que uma noção é o substituto de uma coisa, em vez de pensar que uma noção é sempre um momento da evolução de um pensamento (Bachelard, 1966, p. 30).

Logo, é necessário que os educadores não tenham o entendimento frequente (de maneira irrefletida) que o conhecimento científico encontra sua base no senso comum, pois o conhecimento científico não eclode do ato de partir do senso comum. Ele nasce no momento em que o senso comum é rompido, contestado, “visto ao avesso”.

Assim, Moreira (2012, p. 22) ao parafrasear Postman e Weingartner define que “a aprendizagem significativa como *atividade subversiva*” (Grifos do autor). Embora a palavra “subversão” possa carregar conotações políticas, neste contexto, o termo assume um significado distinto. Afastando-se do viés político, a subversão aqui mencionada se refere, primordialmente, a uma postura crítica frente à aprendizagem. Essa postura se configura como uma estratégia fundamental para a sobrevivência na complexa sociedade contemporânea, além disso, diante do cenário desafiador que se apresenta, a aprendizagem significativa crítica (subversiva) surge como uma possível solução, já que a partir dela é preciso:

- (a) **Aprender com os erros:** Sendo uma jornada de crescimento e aperfeiçoamento, já que ao longo da vida, traçamos uma jornada de aprendizado constante, marcada por erros e acertos. O princípio da aprendizagem pelo erro nos convida a reconhecer que os erros não representam fracassos, mas sim oportunidades valiosas de crescimento e aperfeiçoamento;
- (b) **Desaprender:** Libertar-se do passado para construir o futuro, pois em um mundo em constante mutação, a desaprendizagem emerge como uma habilidade essencial para a sobrevivência. Ela consiste na capacidade de abandonar conceitos, crenças e estratégias que se tornaram irrelevantes, abrindo espaço para a assimilação de novos conhecimentos e a adaptação às mudanças;
- (c) **O poder das perguntas, definições e metáforas:** Navegar na incerteza do conhecimento, porque em um mar de incertezas, o conhecimento se torna bússola e farol. Mas como navegar nesse mar tempestuoso? A resposta reside em três instrumentos poderosos: perguntas, definições e metáforas, desde que utilizadas de forma correta, coerente e sem prejudicar a aprendizagem; e,

(d) **Abandonar o quadro de giz:** Abraçar a diversidade de estratégias de ensino, pois o princípio do abandono do quadro de giz transcende a mera substituição de uma ferramenta por outra. Ele representa uma mudança de paradigma no ensino, abrindo caminho para uma aprendizagem mais rica e significativa.

3.4. Trabalho colaborativo e cooperativo

O trabalho colaborativo vem sendo proposto há muitos anos e, nos últimos 20 anos, teve o apoio das TDICs e dos sistemas colaborativos na sua operacionalização. Porém, as instituições de ensino ainda precisam adaptar paradigmas para adoção desta forma de trabalho, visto que, um processo nestes moldes, baseado na coletividade, diferem-se dos tradicionais pelo fato de apresentarem ausência de hierarquia formal, possuírem um objetivo em comum, respeitarem às diferenças individuais e possibilitarem a liberdade de expressão na exposição de ideias e questionamentos.

Esse é um dentre muitos motivos que o trabalho em conjunto ainda não seja adotado extensivamente nas disciplinas exatas (Matemática e Física) por conta de uma concepção simplista a partir da qual os professores deveriam restringir-se a ministrarem suas aulas. A troca de experiências e o trabalho colaborativo não seriam opções para disciplinas exatas, estas seriam estratégias didáticas exclusivas para “disciplinas das Humanas”. Não parece ser exagero afirmar que esta visão simplista compartimentaliza o conhecimento, provocando nos alunos uma visão desconexa, descontextualizada e desvinculada da realidade na qual eles estão imersos.

Por isso, Nóvoa escreve que “Precisamos de outros humanos, dos nossos professores e dos nossos colegas [...] Dos nossos colegas, esperamos que se juntem conosco numa aprendizagem cooperativa” (Nóvoa, 2022, p. 19). Isto é, ninguém aprende se não há outro ser humano, embora certas novas tendências utilizando as TDICS apontem, na visão de alguns, um caminho sem docente. É certo que há um impasse com o qual teremos que lidar: não há a possibilidade de excluirmos o elemento humano na aprendizagem, já que na interação entre alunos, professores, alunos-professores, há uma espécie de algo em comum, mas “[...] o comum que vem de “comunicação”, pois é nele que residem as possibilidades de diálogo e de partilha com os outros” (Nóvoa, 2022, p. 19).

É nesse sentido de dialogocidade (Freire, 1974) e partilha com os outros que a Transposição Didática propicia uma oportunidade ímpar para que ferramentas, para e entre educadores, sejam desenvolvidas, ferramentas estas que permitam que os conhecimentos sejam compartilhados nas suas áreas do conhecimento, havendo uma troca mútua entre outros saberes que agregarão um potencial nos nossos educandos, como Nóvoa afirma ao pensar em um Trabalho Colaborativo: “[...] é necessário que nos tornemos conscientes daquilo que sabemos e que sejamos capazes de um trabalho de sistematização, de escrita e de partilha. Para isso, a colaboração é imprescindível. Encontra-se aqui a chave da nova profissionalidade docente [...]” (Nóvoa, 2022, p. 45).

Chevallard propõe uma nova maneira de ver o ensino sem perder de vista o seu caráter científico. Por meio da *noosfera*, todos estão intimamente interligados como a intersecção de um diagrama de Venn⁹ - professores, estudantes, pais, comunidade – fazem parte uma atividade colaborativa que deve ser desenvolvida e que é imprescindível para os estudantes (Chevallard, 1991, p.28).

Corroborando Chevallard, Japiassu (1994) afirma que não se pode mais pensar em um sistema escolar no qual é veiculado um saber fragmentado, criando uma espécie de cegueira intelectual, que decorre de os educandários serem considerados “silos de saber”, preocupadas que estão em apenas dar fatias de conteúdo a indivíduos que não têm fome. Precisa-se ter um trabalho interdisciplinar, que vise superar o estudo fragmentado e a falta de relação com outros saberes, pois esta é a mola motriz da aprendizagem. Isto é, quando duas ou mais disciplinas dialogam, relacionam seus conteúdos, e proporcionam uma maior comunicação e significação dos conteúdos disciplinares.

3.4.1. Pensamento colaborativo e educação financeira

Nesse sentido, a ideia então é a de ir ao encontro do pensamento colaborativo no qual que uma parte desse projeto em Física e a sua teoria desempenharam um papel de troca de experiências com um projeto de Educação Financeira, tendo um papel não apenas interdisciplinar, que incluiu a de troca de experiência e de aprendizagem. Como afirma a teórica Pombo (2005, p. 13):

[...] a pensar, não apenas na sua faceta cognitiva - sensibilidade à complexidade, capacidade para interdisciplinaridade se deixa procurar mecanismos comuns, atenção a estruturas profundas que possam articular o que aparentemente não é articulável - mas

⁹ Segundo Chevallard os Diagramas de Venn foram criações didáticas com o objetivo de facilitar a aprendizagem matemática, sem desconsiderar o caráter científico do conteúdo estudado (Pais, 2019, p. 23).

também em termos de atitude - curiosidade, abertura de espírito, gosto pela colaboração, pela cooperação, pelo trabalho em comum (Pombo, 2005, p. 13).

Dessa forma, com dois projetos, mas com práticas de trabalho em comum e um gosto pela colaboração uma das etapas foi feito “a quatro mãos”, para que o conceito de interdisciplinaridade saia do papel e se torne um papel de Trabalho Colaborativo ao som do poema de Guimarães Rosa “As margens da alegria¹⁰” quando o pequeno descobre que há pequenas doses de alegria encontradas não somente no peru, mas em vagalumes que também habitavam o seu quintal (Nóvoa, 2022, p. 46).

Vale destacar que a escola, como dito anteriormente, é um lugar a proporcionar escuta, diálogo, cooperação e, principalmente, a colaboração entre todos os envolvidos (alunos, professores, família, comunidade), no entanto, esses aspectos importantes são desconsiderados e engavetados, já que os espaços escolares estão sobrecarregados de funções que não são responsáveis e além disso, há um conteúdo a ser ensinado, sendo este, ainda utilizado de uma espécie de armário, em que os estudantes abrem e fecham as gavetas dos saberes na medida em que vão tendo as aulas, sem troca de saberes e nem de experiências.

É agindo na direção oposta a este “arquivamento” de conhecimentos que esta dissertação de mestrado evolui, numa perspectiva colaborativa freiriana na qual todas as atividades foram pensadas no aluno experimentando, descobrindo e construindo os saberes, tomando gradualmente consciência que há uma Transposição Didática que age sobre o saber sábio, transmutando-o (idealmente) em saber a ser aprendido. Entretanto, a Transposição Didática nada garante por ela mesma, por sua mera presença no cenário educacional. É necessária uma troca de experiências, materiais e ideias, no interior de um ambiente de liberdade, que proporcione condições de escuta, diálogo e amorosidade entre alunos e professores. São condições necessárias para que os estudantes transformem o saber ensinado em um saber, de fato, aprendido.

Torres *et al.* (2004) destacam que, embora haja vertentes dicotômicas para os termos “colaboração” e “cooperação”, pode-se “generalizar a ideia de que qualquer atividade, desenvolvida em conjunto e animada de um objetivo final que leve a aquisições determinadas é uma situação de aprendizagem colaborativa” (Torres *et al.*, 2004, p.6). Logo, ao pensar em uma proposta envolvendo dois campos de um mestrado em ensino de Ciências e Matemática,

¹⁰ Poema do escritor Guimarães Rosa em que um menino se alegra ao ver um peru no quintal, mas se entristece ao não mais encontrá-lo, mas, percebe que durante a noite aparecem pequenos e lindos vagalumes dando uma alegria ao pequenino.

que tinha o objetivo final de refletir sobre a conscientização ambiental é senão uma aprendizagem colaborativa.

Pensando nisso, é que esta dissertação teve um trabalho conjunto e interdisciplinar, pois durante a prática houve a associação da educação financeira, tema transversal da BNCC (2018) para o Ensino Médio com o conceito de Eletrodinâmica associado à energia e seus usos.

Assim, a opção pela aprendizagem colaborativa tornou-se de fato quase que uma imposição, porque embora fosse utilizada para resolver situações, levou, ao longo do tempo, a um diálogo entre as questões associadas à energia e as associadas à Educação Financeira. Os professores podem e devem trabalhar juntos na construção deste saber, pelo fato de que esta “co-laboração” propicia uma aprendizagem na qual o estudante se faz protagonista; a construção do conhecimento, assim, ocorre de forma interdisciplinar e espontânea.

O uso indiscriminado dos recursos naturais e da tecnologia, sem critérios adequados de preservação ambiental, conduziu o planeta a um caminho de degradação e a sobrevivência da humanidade a um sério risco. Como uma reação em sentido contrário, diferentes áreas da ciência começaram a trabalhar juntas para resolver os problemas relacionados à preservação do planeta e dos seus ocupantes. Torna-se fundamental educar os cidadãos não apenas para a aquisição de conhecimento, mas para o seu uso ético e responsável desses recursos (Hartmann & Zimmermann, 2007, p. 3).

Foi com base nessa conexão entre a realidade e o conhecimento que, a partir da imersão na realidade, construímos saberes; por meio de experimentações foi possível visualizar e compreender conceitos que, muitas vezes, estão contidos na essência de exercícios e fórmulas, mas nem por isso são percebidos – via de regra – pelos estudantes. Enquanto isso, com essa colaboração, os alunos envolvidos não apenas encontram a oportunidade de se apropriar de teorias, mas levam seus saberes para a vida cotidiana e para o entorno familiar. Fica claro aqui um papel primordial da educação, qual seja, o de propiciar a evolução do pensamento dos alunos, abrindo a possibilidade de que ele seja integrado a seus cotidianos.

As tiras cômicas da personagem Armandinho sempre deixam uma mensagem, que é a de se opor ao pensamento majoritário dos indivíduos, como na Figura 14: ele deixa claro, em um diálogo com a sua amiga, que “nenhum ser humano é uma ilha”, precisamos uns dos outros, mas para isso precisamos mudar nossas atitudes (sem individualidade e competição) e sermos cada dia mais colaborativos e solidários e como no diálogo das crianças substituir o EU pelo NÓS!

Figura 14 - Armandinho e a colaboração



Fonte: Google Imagens, 2024.

Do campo de vista educacional, pensando no trabalho em conjunto, é importante destacar que embora os termos “trabalho cooperativo” e “trabalho colaborativo” frequentemente sejam usados de maneira intercambiável, há distinções sutis entre eles, especialmente no contexto da educação. No Quadro 2 estão algumas diferenças fundamentais:

Quadro 2 - Comparação conceitual entre a aprendizagem cooperativa e a aprendizagem colaborativa

ASPECTOS	APRENDIZAGEM COOPERATIVA	APRENDIZAGEM COLABORATIVA
Propósito	Aumenta as habilidades cognitivas e sociais por meio de um conjunto de técnicas aprendidas.	Promove a “enculturação” dos alunos nas comunidades de conhecimento.
Grau de estruturação	Alto	Variável
Relacionamentos	Os indivíduos são responsáveis pelo grupo e vice-versa; o professor facilita, mas o grupo é primordial.	Os alunos se engajam em atividades com “companheiros mais capazes” (professores, alunos mais avançados, etc.) os quais dão assistência e os guiam.
Prescrição das atividades	Alta	Baixa
Palavras-chave	Interdependência positiva, responsabilização, trabalho em grupos, papéis definidos, estruturas.	Zona de Desenvolvimento Proximal, aprendizagem cognitiva, aculturação, suporte mútuo, cognição situada, indagação reflexiva, epistemologia.

Fonte: Oxford 1997, p.444 *apud* Torres *et al.*, 2004, p. 7.

Ao observar o quadro comparativo, podemos chegar à conclusão de que “cooperação” é um procedimento mais estruturado, e auxilia os alunos a adquirir o conhecimento. Já a “colaboração” envolve conceitos mais profundos; a comunicação mútua, percepção às opiniões, consequentemente, o conhecimento é tratado como uma construção social.

Logo, fica evidenciado que:

Apesar de suas diferenciações teóricas e práticas, ambos os conceitos derivam de dois postulados principais: de um lado, da rejeição ao autoritarismo, à condução pedagógica com motivação hierárquica, unilateral. De outro, trata-se de concretizar uma socialização não só pela aprendizagem, mas principalmente na aprendizagem. Desta forma, estes dois propósitos se organizariam mediante um instrumento que equaciona a comunicação com tais características: trata-se de uma comunicação direta, contínua, construtiva (Torres *et.al.* 2004, p. 6).

Diversos pesquisadores (Joseph Lancaster, Coroles Frances Park, John Dewey, Jean Piaget, Lev Vygotsky, David Johnson, entre outros) ao longo dos tempos demonstraram que a aprendizagem colaborativa é efetiva, porque além de construir o conhecimento científico, desenvolve habilidades atitudinais necessárias para o trabalho em grupo, ao compartilhar seus saberes e aprenderem mutuamente.

Ao pensar no trabalho colaborativo entre professores, pode-se pensar que existe um potencial para “enriquecer sua maneira de pensar, agir e resolver problemas, criando possibilidades de sucesso à difícil tarefa pedagógica” (Damiani *et al.*, 2008, p. 218). Assim, este autor propõe, como alternativa ao trabalho disperso dos professores, que como pontuado por Martins (2002 *apud* Damiani *et al.*, 2008) estão envolvidos em questões burocráticas, e que não possuem tempo para trabalharem conjuntamente e proporcionar ambientes para “reflexão, planejamento e transformação de sua prática educacional em atividades humanizadoras para si mesmo e para seus alunos” (Martins, 2002, p. 233 *apud* Damiani *et al.*, 2008, p. 219). Logo, uma alternativa para essa fragilidade no trabalho dos educadores é organizar momentos de discussões, reflexões, planejamentos com o intuito de transformar o seu ato de educar, criando estratégias e possibilidades para a tarefa de ensinar.

Por isso, acreditamos que uma abordagem de aprendizagem colaborativa que pode ser adotada é a da aula de grupos de consenso, na qual os participantes colaboram em uma tarefa ou atividade, negociando suas crenças e conhecimentos para alcançar consenso ou acordo. Na formação desses grupos, os professores geralmente realizam as seguintes etapas: “(a) dividem a turma em grupos pequenos; (b) fornecem uma tarefa predefinida para os grupos; (c) reúnem novamente a turma em uma sessão plenária para ouvir os relatos dos grupos pequenos e conduzir negociações em toda a classe; e (d) avaliam a qualidade do trabalho dos estudantes” (Torres *et al.* 2004, p.13). Na abordagem colaborativa, os professores são desafiados a criar atividades que permitam aos alunos explorar e tirar proveito da diversidade do grupo, maximizando o potencial

de aprendizagem de cada membro; e é isso mesmo que se pretende aqui ao aliar o ensino de conceitos associados à energia com alguns da educação financeira. Este trabalho colaborativo foi desenvolvido pelo autor, juntamente com outra professora/pesquisadora, em uma outra instituição de ensino.

3.5. Consumo consciente

Frente ao mundo globalizado em que vivemos surgem a cada dia mais desafios. Os indivíduos se deparam com problemas cada vez maiores relacionados ao ambiente, e que estes problemas exigem uma reflexão, entre outras coisas, referente ao uso dos recursos naturais. Esta reflexão impõe-se a partir de uma perspectiva que considere o bem comum, na perspectiva de lucro, por exemplo, a preocupação primeira é acerca do valor de mercado destes recursos, e de sua disponibilidade futura.

Dessa forma, como a escola é um fato social (Durkheim, 2011), essa discussão emerge como trave-mestra para a construção de um futuro mais sustentável, entrelaçando a Transposição Didática e o consumo consciente como conceitos-chave para a formação de indivíduos críticos e engajados na transformação social.

De antemão precisamos compreender o conceito de fato social, idealizado pelo sociólogo Émile Durkheim (2011) e para isso tomamos como exemplo o aviso da prefeitura do município de Divinolândia-SP, em meio à crise hídrica no ano de 2021 (Figura 15):

Figura 15 - Aviso da prefeitura de Divinolândia - SP



Fonte: Prefeitura de Divinolândia-SP, 2021

Para Durkheim (2011), fatos sociais são modos de agir, de pensar e de sentir que se impõem aos indivíduos vivendo em uma sociedade; basicamente, são padrões sociais que regulam a vida das pessoas. Segundo o autor, para saber se um fenômeno consiste em um fato social, é preciso analisar se o fenômeno em questão apresenta três características básicas: **coercitividade** (i.e., as pessoas são “obrigadas” a seguir o fato social, independentemente de concordância individual); **exterioridade** (os fatos sociais existem de forma independente da consciência ou vontade de cada um) e **generalidade** (eles afetam a toda a sociedade ou uma parte significativa dela). Para De Vares (2016), ao escrever sobre os princípios de Durkheim, afirma:

O primeiro nos situa em um “fora” indeterminado; o segundo refere-se à interiorização do fato social, isto é, à sua conversão em um poder interno, que se impõe à subjetividade humana; o terceiro, por seu turno, diz respeito tanto à pluralidade de sujeitos que surge através do processo de socialização, quanto, novamente, ao caráter autônomo do fato social, porém, desta vez como existência independente do reino ideal das normas que presidem e tornam possível a existência da vida coletiva (De vares, 2016, p. 106).

Nesse sentido, o exemplo acima constitui um fato social: o uso da água. As pessoas precisam da água, para as mais diversas finalidades. Esta é a coerção do fato social. Já o uso abusivo não é – ou não deveria ser – uma imposição social (em princípio, a satisfação das necessidades da população referentes à água poderia ser satisfeita sem abusos). Assim, ao não abusar do uso da água, não sofrerias nenhuma coerção por isso.

Outra perspectiva é a dos desperdiçadores de água. Mas aí, o que caracteriza o grupo é o fato de seus membros instigarem uns aos outros ao gasto abusivo da água. Esta seria a coerção que tipifica o grupo. Este caso, é exterior quando a crise hídrica e o cuidado com o uso desenfreado de água potável independe das vontades externas e geral, já que afeta a todas as pessoas vivendo em sociedade.

Dessa forma, a discussão do consumo consciente no ensino de Física (energia elétrica e consumo consciente) é tido como fundamental, já que, primeiramente, implica, de acordo com Durkheim (2011, p. 28) na “organização social”. Mas no que consiste essa ação *sui generis*?

Se retomamos as sociedades primitivas e as suas *pólis* (Atenas, por exemplo), vemos que é necessário retomar a prática do pensamento voltado à coletividade. Para Durkheim (2011, p. 11-12), esta retomada se dá mediada pela educação, e esse é um “axioma fundamental”: a mente conseguirá enxergar mais longe, e terá atingido o seu objetivo, que é o de elevar o ser humano ao seu mais alto grau de perfeição.

Assim, uma das escolhas desta dissertação é a de analisar os conceitos da Eletrodinâmica pelo viés da sustentabilidade, e isto “implica em pensar um mundo que é complexo e que requer uma abordagem holística e integrativa das relações entre organização e sociedade, de modo que as necessidades atuais e a manutenção de um estoque para as futuras gerações seja intrínseco” (Souza e Silva, 2022, p. 2182).

Mas, no viés durkheimiano, podemos retomar “O Ensino da moral na Escola Primária”, onde pensar no consumo consciente e minimizar a sociedade do consumo desenfreado (Baudrillard, 1972), é ter nos espaços escolares o desenvolvimento da moral, onde fica evidente que “[...] o professor ensine à criança o que são as sociedades onde ela está destinada a viver: família, corporação, nação, comunhão de civilização que tende a incorporar a humanidade inteira; como eles se formaram e se transformaram; que ações elas exercem sobre o indivíduo e que papel este último desempenha nelas” (Durkheim, 2011, p. 29).

Por ser um caso social, impele que haja do ponto de vista legislativo a importância de trabalhar com este tema, embora essas discussões não sejam recentes. Algumas merecem destaque: a primeira delas é a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano ou Conferência de Estocolmo (1972):

A Conferência de Estocolmo aconteceu nos dias 5 a 16 de junho de 1972 e reuniu chefes de Estado de 113 países, além de diversas organizações internacionais governamentais e não governamentais, observadores e jornalistas. Pautou temas como poluição atmosférica e consumo excessivo dos recursos naturais. A partir dela, o dia 5 de junho de cada ano ficou designado como Dia Mundial do Meio Ambiente (Comunicação, A. de, 2022).

Desta reunião, entre os princípios estabelecidos no documento final, destacam-se os seguintes pontos: a preservação dos recursos naturais em benefício das atuais e futuras gerações; o reconhecimento da importância do desenvolvimento econômico e social para garantir um ambiente propício à vida e ao trabalho humano, promovendo a melhoria da qualidade de vida; a necessidade de esforços educacionais em questões ambientais, direcionados tanto às gerações jovens quanto aos adultos, com atenção especial às comunidades menos favorecidas; a cooperação entre os países, em igualdade de condições, para tratar das questões internacionais relacionadas à proteção e ao aprimoramento do meio ambiente, e a urgência de proteger o homem e seu entorno dos efeitos nocivos das armas nucleares e de outros meios de destruição em massa (Passos, 2006).

O segundo marco legal na história do consumo consciente e a sustentabilidade foi a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e o Desenvolvimento (1987):

Em 1987 – Relatório Nosso Futuro Comum. A Comissão sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento promoveu a compreensão sobre a interdependência global e da relação entre economia e meio ambiente. O relatório entrelaçou questões sociais, econômicas, culturais, ambientais, e soluções globais. Afirmando que “o meio ambiente não existe como uma esfera separada das ações, ambições e necessidades humanas, e por isso não deve ser considerado isoladamente aos seus interesses (Pessini e Sganzerla, 2016, p. 4).

E, por fim, a terceira, e mais importante discussão se deu em 1992 com a ECO92 ou Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, que

[...] produziu expressivos documentos, considerados os mais importantes acordos ambientais globais da história da humanidade. Entre eles estão a Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Declaração de princípios para Florestas, a Convenção sobre Biodiversidade Biológica, a Convenção do Clima e a Agenda 21” (Pessini e Sganzerla, 2016, p. 4.)

Logo, embora contando com um número expressivo de países participantes, e com a produção de diversos memorandos sobre o meio ambiente, estas discussões, seguidas da aprovação do documento conhecido como “Protocolo de Quioto” (1997), ainda não resultaram em uma concordância mundial: alguns países, como os Estados Unidos, alegam que estes acordos não tiveram resoluções de caráter jurídico e que também podem prejudicar a economia estatal e promover uma crise econômica.

Devido a isso, recorreremos ao princípio de *habitus*¹¹ proposto, inicialmente, por Tomás de Aquino (Mondo, 2013, p. 8-9) em sua *Summa Theologiae*, onde afirma que preocupou-se em acrescentar no conceito a capacidade para crescer por meio da atividade, ou disposição durável suspensa a meio caminho entre potência e ação propositada.

Retomando o conceito de *habitus*, o sociólogo Pierre Bourdieu (1983) tinha como premissa romper com o “paradigma estruturalista mas pôr em evidência as capacidades criadoras do indivíduo” (Bourdieu, 1983, p. 61). Assim, essa interpretação da teoria social de Bourdieu possibilita identificar os aspectos do capitalismo avançado que dificultam a realização da sustentabilidade nas sociedades, além de destacar como as tendências reprodutivas da educação podem ser direcionadas para desenvolver um “*habitus* de sustentabilidade”, por meio de uma maior valorização do meio ambiente (Borim-de-Souza *et al.*, 2018 *apud* Santos *et al.*, 2021).

¹¹ O *habitus* é essa disposição duradoura e de difícil remoção que se enraíza na natureza de uma potência fazendo com que tudo o que antecede o ato e o próprio ato se torne mais fluido. Ele é adquirido pela repetição constante dos atos de uma disposição. Se essa disposição for boa têm-se *habitus* bons, se for ruim, têm-se *habitus* maus. Aos maus dá-se o nome de vícios, aos bons dá-se o nome de virtudes (Galvão e Portugal, 2005, p. 2).

Por meio de sua teoria do *habitus*, Bourdieu oferece uma abordagem valiosa para compreender a conceituação “discreta” e insustentável da relação entre humanidade e natureza. Embora seu foco principal sejam as ações humanas, Bourdieu distancia-se tanto do existencialismo quanto do estruturalismo. Ele rejeita a ideia existencialista de um agente totalmente autônomo e a visão estruturalista de que o ambiente e as estruturas que cercam as pessoas são inerentes a elas (Borim-de-Souza *et al.*, 2018 *apud* Santos *et al.*, 2018).

Dessa forma, as ações insustentáveis são consideradas tanto resultado da ignorância e da história cultural incorporada quanto do cálculo racional. Para alcançar a sustentabilidade, torna-se essencial modificar o *habitus*. A teoria de Bourdieu permite teorizar sobre maneiras pelas quais a educação pode contribuir para a formação de um “*habitus* sustentável”, introduzindo e acumulando o que é chamado de “capital ambiental” (Lessa, 2019).

Outro autor que explorou o conceito de *habitus* foi Moreira (2002), que trouxe a perspectiva de Dewey, para quem o *habitus* era a formação de disposições para uma ação mais fácil e eficaz em uma determinada direção, ou seja, a transformação da experiência em algo útil em outras ocasiões. Portanto, o *habitus* não se confunde com rotina ou comportamento automatizado, mas sim com plasticidade, com a capacidade de extrair da experiência atual elementos potencialmente orientadores para experiências futuras. A formação do hábito ocorre por meio do pensamento reflexivo, aquele que é aplicado à resolução de situações problemáticas, implicando o envolvimento do indivíduo com o ambiente social.

No âmbito educacional, as práticas de conscientização desenvolvidas em sala de aula, além de aspectos atitudinais, são estabelecidas pela Base Nacional Comum Curricular (2018) com o intuito de

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (Brasil, 2018, p. 540).

Logo, os professores das Ciências da Natureza e suas Tecnologias construirão com os educandos a habilidade de:

(EM13CNT106) Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/ benefício, as

características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais (Ibid. p. 541).

Assim, retomando a Transposição Didática, pode-se presumir que ela assume um caráter de recurso didático que permite aos alunos um salto do senso comum para os conceitos da ciência, no que diz respeito ao consumo energético. As propostas de experimentação e simulação em *softwares* possibilitam aos educandos construir saberes científicos por meio de metamorfoses, sem que esta construção implique em perder o rigor científico.

Outrossim, a Educação Ambiental – EA – como parte do currículo escolar, já vem sendo bastante discutida, mas é nos últimos anos que ela vem sendo impulsionada, especialmente por meio das Diretrizes Nacionais para a Educação Ambiental (Resolução CNE N.02-2012). Destacamos o Art. 8º: “A Educação Ambiental, respeitando a autonomia da dinâmica escolar e acadêmica, deve ser desenvolvida como uma prática educativa integrada e interdisciplinar, contínua e permanente em todas as fases, etapas, níveis e modalidade”.

Sendo assim, a EA assume um papel crítico como perspectiva fundamental na formação de discentes voltados à transformação social, preocupados com a temática ambiental como questão de justiça e igualdade (De Castro Wiziack, 2017). Por estas razões, entre outras, urge que se proponham ações no ambiente educativo para estimular a sustentabilidade, a consciência coletiva dos recursos, e a importância dos recursos naturais. Estas ações, por certo, conduzirão o estudante na direção de uma cidadania responsável.

Retomando as principais ideias de Durkheim (2011) sobre o fato social e o papel da educação e de Bourdieu (1983), com seu conceito de *habitus*, fica evidente que o trabalho com o consumo consciente em Física vai muito além do mero cálculo do quanto pagaremos no boleto das companhias elétricas ao final do mês com um dado consumo. O trabalho interdisciplinar que deve ocorrer com estes conhecimentos ultrapassa largamente as concepções escolares tradicionais, desembocando inclusive no ambiente familiar. Desenvolver um trabalho pedagógico que tenha raízes profundas e implique numa mudança de pensamento e de atitudes pressupõe incorporar o pensamento na humanidade (Durkheim, 2011) como também implica na quebra de um paradigma para o olhar sustentável, como sugere Bourdieu (2013).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa ocorreu com base em ideias estabelecidas a partir da Transposição Didática, embasada na teoria de Yves Chevallard e seus comentadores, objetivando promover a aprendizagem de Eletrodinâmica no Ensino Médio a partir da Transposição Didática com o uso de aprendizagens ativas, experimentações e simulações em *softwares* de Física, em uma escola privada em um município da serra gaúcha.

No decorrer do processo didático foram verificados os seguintes objetivos específicos:

5. Planejar uma abordagem didática experimental - conceitual sobre a Eletrodinâmica;
6. Potencializar a aprendizagem dos conceitos de Eletrodinâmica para a melhor compreensão de elementos do cotidiano associados à Eletrodinâmica; e,
7. Avaliar o uso de métodos ou de estratégias de aprendizagem ativa como estratégias de Transposição Didática, do ponto de vista do potencial de facilitação da aprendizagem de Eletrodinâmica.

4.1. Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa em ensino sobre Transposição Didática e Eletrodinâmica no Ensino Médio se deu, quanto a sua natureza, de forma aplicada: o professor/pesquisador atuou inserido no contexto da sala de aula, realizando práticas sob o viés da Transposição Didática, a fim de averiguar a aprendizagem de Eletrodinâmica na 2ª série do Ensino Médio. No que concerne à abordagem, é qualitativa, pois avaliou se esse método teve êxito no processo de ensino e de aprendizagem.

Conforme Neves (1996, p.1)

A pesquisa qualitativa compreende um conjunto de diferentes técnicas interpretativas que visam a descrever e a decodificar os componentes de um sistema complexo de significados. Tem por objetivo traduzir e expressar o sentido dos fenômenos do mundo social; trata-se de reduzir a distância entre indicador e indicado, entre teoria e dados, entre contexto e ação (Maanen, 1979a, p.520 *apud* Neves, 1996, p. 1).

Os objetivos desta pesquisa foram de cunho descritivo e explicativo/interpretativo, já que tiveram como uma das metas descrever as características da sala de aula e os fenômenos que aconteceram na prática pedagógica, além de explicar e interpretar os fatos, determinando uma relação entre a natureza dos aspectos mensurados e os observados.

Já quanto aos procedimentos, estes se deram de forma empírica com intervenção pedagógica, pois, por ser um assunto que possibilita experiências no campo da Física e Matemática, os estudantes construíram seus saberes a partir da observação coletiva e crítica dos fenômenos e chegando a conclusões importantes para a apropriação desses conhecimentos.

Para Damiani *et al.* (2013) a intervenção pedagógica é uma pesquisa aplicada:

A importância das pesquisas aplicadas é apontada por Robson (1995), que as denomina “pesquisas no mundo real” (p. 2, tradução nossa), por serem realizadas sobre e com pessoas, fora do ambiente protegido de um laboratório. Esse autor alerta para a distância existente entre a produção acadêmica da área da Educação e seus reflexos na prática dos profissionais que trabalham nas instituições de ensino (Damiani *et al.*, 2013, p. 58).

4.2. Contexto da pesquisa

A sequência didática aqui proposta foi experimentada em duas instituições de ensino, a parte principal em uma instituição de ensino privada com um grupo de 15 alunos, com idades variando de 15 e 16 anos, da 2ª série do Ensino Médio em Veranópolis/RS. O educandário conta com vinte salas de aulas, sala de diretoria, sala de professores, laboratório de informática, laboratório de ciências naturais (Biologia, Física e Química), cozinha, biblioteca, sala de secretaria, área verde, banheiros, capela, alimentação escolar para os alunos, água, energia, esgoto, lixo e acesso à internet, além de todas as salas de aula serem equipadas com lousa digitais.

O critério da escolha que levou a esta instituição de ensino foi o acesso, o comprometimento dos alunos com os estudos, além do fato de o pesquisador ter sido estudante desta instituição durante o Curso Normal. Por conta deste último aspecto, há uma relação boa e um fácil acesso à direção, coordenação e aos professores de Física.

Os estudantes desta primeira instituição na análise da pesquisa foram nomeados de E1 a E15 de modo a manter o sigilo; todos os participantes receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (vide Apêndice A), esclarecendo que a proposta é parte integrante de uma dissertação de mestrado, não implicando em ganho financeiro.

A ação didática também aconteceu na Escola Estadual de Ensino Médio Pedro Migliorini, no município de Monte Belo do Sul em uma turma da terceira série do Ensino Médio, tendo 10 alunos, nomeados de M1 a M10. Vale enfatizar que essa prática resultou do trabalho colaborativo e interdisciplinar entre duas propostas de mestrado, conforme será detalhado mais adiante neste texto.

4.3. Etapas da Pesquisa

A presente pesquisa contemplou as seguintes etapas:

E1: Elaboração da sequência didática e exploração do material com o uso de materiais manipuláveis, atividades com estratégias de aprendizagem ativa e situações experimentais apoiadas em *softwares*;

E2: Experimentação da sequência didática pelo pesquisador em unidades temáticas inspirada na teoria de Transposição Didática de Chevallard como forma de verificar a eventual apropriação dos conceitos de Eletrodinâmica numa turma de 2ª série do Ensino Médio de uma escola privada e de uma turma de 3ª série do Ensino Médio de uma instituição pública; e,

E3: Tratamento dos dados coletados e interpretação

- Os dados registrados para análise deste estudo foram provenientes de:
- Diários de bordo dos estudantes;
- Anotações feitas pelo professor-pesquisador; e,
- Gravações realizadas durante os encontros.

4.4. A Sequência Didática

A sequência didática foi aplicada em vinte e dois encontros de cinquenta minutos, conforme exposto na seção 4.9 (Descrição dos encontros).

- **Unidade Temática 1:** Efeito Joule, Resistores, 1ª e 2ª Leis de Ohm
- **Unidade Temática 2:** Nós, ramos e malhas
- **Unidade Temática 3:** Leis de Kirchhoff (Lei dos nós e Lei das malhas)
- **Unidade Temática 4:** Energia elétrica e consumo consciente

No processo de exploração dos conceitos de Eletrodinâmica, foram necessários conhecimentos prévios de Matemática (Operações fundamentais, Função polinomial de 1º grau e Sistemas Lineares), o que implicou numa retomada destes conceitos, mediada por atividades de intervenção cartográfica¹².

Os encontros da sequência didática, planejadas conforme as etapas mencionadas para analisar a apropriação do conhecimento de alguns temas da Eletrodinâmica propondo o uso de

¹² O termo “intervenção cartográfica” aqui utilizado é a expansão do conhecimento da explicação inicial e como os educandos transitam a partir de uma nova explicação do conhecimento de conceitos prévios necessários.

experimentações e simulações, foram descritas detalhadamente junto com a descrição e exploração da sequência didática, buscando explicitar a integração com a teoria da Transposição Didática e seus comentadores, no próximo capítulo.

4.5. O papel do pesquisador

O professor/pesquisador durante o desenvolvimento das atividades propostas atuou como um mediador da prática pedagógica com o intuito de orientar os estudantes nas suas descobertas de fatos específicos, por meio de perguntas, simulações ou desafios que propusessem a participação ativa do aluno na construção do conhecimento.

O pesquisador realizou os seguintes procedimentos durante a coleta de dados:

- Distribuição dos diários de bordo;
- Orientação nas atividades e explicações;
- Supervisão dos trabalhos;
- Mediação das discussões;
- Registros no seu diário de bordo de acordo com as observações; e,
- Recolhimento do material feito pelos alunos que integram a turma.

4.6. Produção dos dados pelos sujeitos

Ao longo da investigação foram respondidos 80 itens distribuídos em 36 questões que totalizaram 1200 dados analisados, segundo a Tabela 1 de questões e itens coletados:

Tabela 1 - Número de questões e itens coletados

Unidades Temáticas	Questões	Total de itens	Quant. de sujeitos	Total de dados
Efeito Joule, Resistores, 1ª e 2ª Leis de Ohm	15	22	15	330
Nós, ramos e malhas	6	16	15	240
Leis de Kirchhoff (Lei dos nós e Lei das malhas)	10	16	15	240
Energia elétrica e consumo consciente	5	26	15	390
Total	36	80	15	1200

Fonte: O autor, 2024

Estas questões foram respondidas nos diários de bordo dos estudantes que foram a mola-motriz dos dados desta pesquisa. Além disso, foram gravadas as discussões dos alunos a fim de

auxiliar na análise dos dados e entender as respostas e argumentos levantados para a solução de situações-problemas.

4.7. Técnicas de análise de dados

Para a avaliação dos dados obtidos ao longo das práticas desenvolvidas, foi utilizada a Técnica de Análise de Conteúdo, por ser mais frequente o seu uso em pesquisas qualitativas, tendo como embasamento o livro de Laurence Bardin: “Análise de Conteúdo”. Segundo a autora:

A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações. Não se trata de um instrumento, mas de um leque de apetrechos; ou, com maior rigor, será um único instrumento, mas marcado por uma grande disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicação muito vasto: as comunicações (Bardin, 1977, p. 31).

Na pesquisa, foram seguidas as três etapas propostas por Bardin (1977) para a análise de conteúdo, a saber:

- **Pré-Análise:** Nesta etapa, ocorreu a organização dos dados obtidos.
- **Exploração do Material:** Durante esta etapa, realizou-se a codificação, recorte das unidades de registro, seleção dos registros, enumeração de acordo com critérios previamente estabelecidos e sua codificação.
- **Tratamento dos Resultados e Interpretação:** Na etapa final, os resultados obtidos foram tratados e interpretados por meio da inferência. Isso se baseou nos elementos constitutivos do mecanismo clássico da comunicação, que incluem a mensagem (significação e código) e o seu suporte ou canal, além do emissor e o receptor.

4.8. Desenvolvimento da pesquisa

Para a aplicação da pesquisa, foi realizada uma sequência didática, com vinte e dois encontros, que ocorreram entre os meses de agosto a outubro de 2023. Para essa sequência didática seguiu-se o Modelo Pedagógico de Libâneo (2006, p. 241).

Corroborando este modelo didático, podemos nos inspirar em Comênio, que prescreve que os alunos deveriam ser incitados,

[...] tanto quanto possível, a tirarem o conhecimento não dos livros, mas do céu, da terra, dos carvalhos e das faias, isto é, é preciso ensiná-los a conhecer e a investigar as coisas em si mesmas e não por intermédio das observações e testemunhas alheios. Isso significará trilhar o caminho percorrido pelos antigos sábios, haurindo o conhecimento das coisas tão somente em seu próprio arquétipo. Seja, pois, determinado que: I. Tudo deve ser deduzido dos princípios imutáveis das coisas. II. Nada deve ser ensinado por autoridade pura e

simples, mas por demonstrações sensíveis e racionais. III. Nada deve ser ensinado apenas pelo método analítico, mas pelo sintético¹³ (Comênio, 2006, p. 192-193).

O Quadro 3 descreve a organização de como os vinte e dois encontros foram realizados, referente a datas, tempos e atividades:

¹³ No original: Quantum fieri potest, ut scientiam non ex libris hauriam, sed caelum, terram, quercus et fagos, id est, necesse est doceat scire et investigare res sibi et non per observationes et testimonia aliorum. Quod calcare viam, qua conculcetur a priscis sapientibus; cognitionem rerum in propriis archetypi. Dicatur ergo quod: I. Omnia deduci debent de immobilibus rerum principiis. II. Nihil doceri debet auctoritate pura et simplici, sed per demonstrationes sensibiles et rationalis. III. Sola ratione doceri nihil debet. Analytica, sed synthetica. Tradução livre do autor.

Quadro 3 – Aplicação da sequência didática

ENCONTRO	DATA	TEMPO	ATIVIDADE
1	10/08	50 min.	Dinâmica de apresentação, apresentação da proposta, entrega dos diários de bordo e explicação e entrega do TCLE.
2	10/08	50 min.	Experimentação do efeito joule e introdução aos estudos dos resistores.
3	10/08	50 min.	Retomada do conceito de Função Polinomial do 1º grau e seu gráfico.
4	17/08	50 min.	Retomada do experimento do efeito joule e explicação acerca das Leis de Ohm e exercícios de retomada.
5	17/08	50 min.	Atividade utilizando o <i>software PhET Colorado</i> sobre a 1ª e 2ª Lei de Ohm.
6	17/08	50 min.	Discussão sobre os resultados encontrados nas atividades utilizando o simulador e sistematização do conteúdo.
7	24/08	50 min.	Desenho e explicação na lousa da diferença entre um circuito elétrico simples e um circuito elétrico em que há mais de uma malha, utilização da <i>Just-in-time-teaching</i> .
8	24/08	50 min.	Atividade gamificada utilizando o <i>kahoot</i> sobre nós, ramos e malhas.
9	24/08	50 min.	<i>One minute paper</i> sobre a atividade realizada no <i>kahoot</i> sobre o conteúdo.
10	31/08	50 min.	Explicação sobre os conceitos de nós, ramos e malhas de um circuito.
11	31/08	50 min.	Diálogo sobre o uso do latim na construção científica e amostras de como era escrito e como é a tradução atual.
12	31/08	50 min.	Atividades de fixação sobre os nós, ramos e malhas.
13	14/09	50 min.	Atividade envolvendo <i>think-pair-share</i> envolvendo uma situação-problema introdutório sobre as Leis de Kirchhoff.
14	14/09	50 min.	Explicação detalhada na lousa sobre as Leis dos Nós e Lei das Malhas.
15	14/09	50 min.	Realização de atividades de assimilação.
16	21/09	50 min.	Realização de atividades de retomada de conteúdo.
17	21/09	50 min.	Revisão de sistemas de equações.

ENCONTRO	DATA	TEMPO	ATIVIDADE
18	21/09	50 min.	Realização de novas atividades sobre as Leis de Kirchhoff.
19*	11/08	50 min.	Aferição da potência de alguns aparelhos elétricos e eletrônicos, através de medições utilizando equipamento especialmente desenhado para garantir a segurança dos estudantes.
20*	11/08	50 min.	Atividades de transformação de unidades (kW e W) e cálculo de potência.
21*	11/08	50 min.	Apresentação da regra formal do cálculo de potência e introdução ao conceito de gasto consciente.
22*	11/08	50 min.	Atividades utilizando dados extraídos da conta de energia elétrica, considerações sobre o consumo consciente, diálogo sobre as diferenças na tarifação urbana e rural, políticas públicas e a otimização do uso da energia elétrica.

Fonte: O autor, 2024.

Nota: As atividades desenvolvidas nos encontros 19 a 22 foram realizados de forma colaborativa no município de Monte Belo do Sul - RS.

4.9. Descrição dos encontros

Utilizando-se da Transposição Didática de Yves Chevallard houve a aplicação de quatro unidades temáticas sobre alguns tópicos de Eletrodinâmica. No Quadro 4 há uma breve descrição dos eventos ocorridos durante a implementação da sequência didática. No próximo capítulo, serão apresentados alguns recortes de atividades, bem como alguns dos resultados esperados.

Quadro 4 - Relato de alguns eventos relevantes na implementação da sequência didática

UNIDADE TEMÁTICA: Ambientação

Número de alunos: 13 alunos

Duração: 1 período

Descrição:

Por já conhecer a turma, por ser a instituição de ensino onde frequentei, já éramos colegas de corredor e já tinha feito uma substituição na turma. A ambientação foi bastante receptiva, expliquei que era uma aplicação de mestrado, entreguei para cada um as duas vias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, expliquei o funcionamento do Diário de Bordo e o que eles deviam colocar, deixando claro, que além das percepções deles, solicitaria em alguns momentos que registrassem algumas respostas a questionamentos e/ou propostas no decorrer do curso. Expus minha situação de saúde, que teria momentos em que precisaria da colaboração da turma para me auxiliarem em algumas atividades e, o ponto central, em alguns momentos eu daria a aula sentado. Os alunos foram compreensivos e nos comprometemos a dar o nosso melhor. Fiz uma rodada típica de apresentações e a sua relação com a Física, houve alunos que falaram que não tinham uma relação muito boa, devido à 1ª. Série do Ensino Médio e método empregado para ensinar do professor, ou não ser bom em disciplinas de áreas exatas e outros que gostavam bastante.

UNIDADE TEMÁTICA I: Resistores e Leis de Ohm**Número de alunos: 15 alunos****Duração: 5 períodos****Descrição:**

No primeiro momento desta unidade temática foi realizado um experimento com filamentos de metal, um interruptor com baterias e uma lâmpada. (Os detalhes deste experimento serão fornecidos mais adiante) Perguntei o que acontecia se diminuía a distância dos jacarés que estavam em ligação, as respostas da maioria dos alunos, foram de que acenderia a lâmpada. No entanto, ficaram curiosos em saber o motivo do filamento de metal “pegar fogo”, conhecido como efeito joule. Partindo desse questionamento, foi proposto que pesquisassem nos sítios eletrônicos para exporem a resposta para a turma, de maneira coletiva. Outro ponto de destaque foi o de que os alunos E1, E2 e E3, ao assistirem o experimento, questionaram o que aconteceria se fossem colocados mais filamentos de metal, tendo como resultado o acendimento da lâmpada. Propuseram que fosse tirada a lâmpada e o interruptor, para visualizarem o que acontecia com um filamento de metal de tamanho considerável ligado diretamente à bateria, o que resultou no fenômeno de “pegar fogo”.

Feito o experimento, foi explicada a 1ª Lei de Ohm, a 2ª Lei de Ohm e as relações gráficas, sendo utilizada concomitantemente uma ficha de exercícios, apoiada no uso do PhET Colorado. Por ser uma atividade corriqueira para eles, pude notar que não chamou a atenção, eles preferiram os materiais manipuláveis e a sistematização no quadro. Na exploração com o gráfico de cada respectiva lei, tive que retomar o conceito de função polinomial do primeiro grau, conhecida como: $f(x) = ax + b$, visto que alguns alunos não mostravam familiaridade com o conceito de coeficiente angular e seu significado. O que chamou a atenção, de forma peculiar, foi o fato de as alunas E14 e E15 declararem que não esperavam utilizar o conceito de função na Física, porque na 1ª. Série do Ensino Médio em nenhum momento foi explorado o conceito de função, mesmo no conteúdo de velocidade e aceleração. Nesse instante, os colegas interviram dando conta que, na percepção deles, o professor da respectiva série focava em questões e fórmulas que mais caíam nos vestibulares e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

UNIDADE TEMÁTICA II: Nós, ramos e malhas**Número de alunos: 15 alunos****Duração: 6 períodos****Descrição:**

Neste encontro, inicialmente, retomei o conceito de circuito elétrico simples na lousa, identificando os elementos. Após, fiz um circuito com várias ligações e expliquei os conceitos de nós, ramos e malhas. A aula transcorreu como o planejado, os alunos forneceram evidências de ter entendido os conceitos de nós, ramos e malhas nos circuitos elétricos a partir da colaboração espontânea e diálogo aberto, entre eles e com o professor. Algumas duplas manifestaram a outras que não tinham entendido totalmente a explicação dada, o que alimentou ainda mais o debate e as tentativas de colaboração.

Os alunos E1, E2 e E3 quiseram saber o que motivou os físicos darem esses nomes para os conceitos utilizados na Física, o que os levou a pesquisarem em sítios da internet, mas não encontraram resultados satisfatórios. Expliquei então a eles que o conhecimento científico, inicialmente, era escrito e falado por cientistas e pesquisadores em latim, e como tenho conhecimento da língua, expliquei que, por não existirem (ainda) palavras nas línguas originais destes cientistas (inglês, italiano, por exemplo) que exprimissem adequadamente o que eles queriam dizer, fizeram uso de palavras semelhantes e tinham sentidos aproximadamente equivalentes.

UNIDADE TEMÁTICA III: Leis de Kirchhoff**Número de alunos: 15 alunos****Duração: 6 períodos****Descrição:**

Inicialmente utilizei a estratégia de aprendizagem ativa **Think-Pair-Share** com uma questão introdutória que, para a solução, eram utilizadas as Leis de Kirchhoff. Surpreendentemente, todos os estudantes resolveram-na corretamente, aplicando as Leis de Ohm, os dados do problema e o enunciado, visualizando e descobrindo a tensão. Após exporem o seu raciocínio e a forma de solucionar a questão, dividi o quadro-branco em duas partes e fiz a representação de circuitos elétricos, colocando como título LEI DOS NÓS e LEI DAS MALHAS, feito isso, expliquei a teoria e como calculava cada uma das leis representadas por Kirchhoff. Nesta unidade temática o professor titular da turma foi observar e a aluna E10 perguntou para ele se esse conteúdo caía no ENEM ou em Vestibulares. O professor R explicou

que era um conteúdo mais cobrado em vestibulares mais exigentes, já no ENEM, pouco se vê questões que requerem essa competência, causando assim, para minha surpresa, um estímulo em não quererem aprender o conteúdo. Com o auxílio de um painel de lâmpadas, que será descrito em detalhe mais adiante, e também um multímetro, um amperímetro de garra e lâmpadas de 25W, 42W e 70W em ligação em série, explorar a validade das Leis de Kirchhoff fizemos as aferições e encontramos um valor insignificante para a voltagem, o que despertou a curiosidade dos estudantes. Mas ao fazer os exercícios, houve a necessidade urgente de explicar sistemas de equações e como resolvê-los, bem como retomar as Leis de Kirchhoff. Feito isso, entreguei novamente uma lista de exercícios para exercitarem, e fiz passo a passo para entenderem o processo.

UNIDADE TEMÁTICA IV: Energia elétrica e consumo consciente

Número de alunos: 10 alunos

Duração: 4 períodos

Descrição:

Essa unidade temática como foi proposto no Projeto de Qualificação, resultou da interação entre os trabalhos dos pesquisadores Eliel e Liliane, e foi realizada na Escola Estadual de Ensino Médio Pedro Migliorini no município de Monte Belo do Sul – RS com uma turma da 3ª série do Ensino Médio, composta por dez alunos. Esta etapa foi a junção de dois trabalhos, envolvendo energia elétrica e o tema transversal da BNCC, a Educação Financeira e o consumo consciente, proposta esta realizada pela professora/pesquisadora Liliane Eitelven Luvisa. Primeiramente, houve a minha apresentação e a razão de eu estar ali ministrando aqueles encontros. Em seguida, preparei todos os materiais que seriam necessários para a aula: tomada para medir potências de aparelhos elétricos previamente escolhidos (carregador de celular, carregador de Chromebook, secador de cabelo, uma lâmpada fluorescente de 6W e uma estufa). Na primeira atividade, foi realizado o experimento com a tomada de aferir as potências dos aparelhos elétricos. Para isso, solicitei a ajuda de uma assistente, uma aluna, que ficou com a tarefa de anotar no quadro as medições, para uso posterior. Os alunos manifestaram surpresa com uma aula de Física não-expositiva, e que fez uso de objetos do cotidiano. A segunda etapa consistiu no cálculo de potência a partir de uma regra intuitiva (potência ser igual ao produto da voltagem do produto e a intensidade de corrente elétrica na escola) foi interessante que, no primeiro momento, pedi para realizarem sem a calculadora, alguns tiveram dificuldades, por isso, permiti que a utilizassem até para agilizar os cálculos em razão do tempo. Após feitos os cálculos, foram entregues situações operacionais¹⁴ de conversão de potências (de W para kW e vice-versa). As atividades foram retomadas no quadro. Para as atividades seguintes, foi realizado um experimento para eles terem contato com o efeito joule, com o uso de um fio de malha de aço, uma fonte com três pilhas AA e um interruptor. Em seguida, foram introduzidas as atividades de consumo consciente, por meio da exploração, pelos alunos, de suas contas de luz, o que incluiu a quantidade de kWh consumidos no mês e o valor a ser pago, respectivamente. Logo após, por meio de tarefas, foi solicitado que calculassem o valor de 1kWh.

Fonte: O autor, 2024.

¹⁴ As situações operacionais utilizadas são as respostas para além de uma resposta única, isto é, na perspectiva de como o sujeito se relaciona as atividades apresentadas e o conhecimento construído.

5. DESCRIÇÃO E EXPLORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo há uma apresentação dos encontros da sequência didática aplicada com o objetivo de refletir sobre as propostas de atividades realizadas e a relação dos estudantes com a proposta.

5.1.Unidade Temática I – Efeito Joule, Resistores, 1ª e 2ª Leis de Ohm

Resultados esperados:

- Utilizar a experimentação para a exploração do Efeito Joule;
- Aplicar a teoria de resistores em situações-problema;
- Compreender as Leis de Ohm e saber aplicá-las em diferentes contextos;
- Relacionar a função afim do tipo $f(x) = ax + b$ a um resistor ôhmico.
- Manipular o *software PhET Colorado* para a simulação das Leis de Ohm.

No primeiro momento, os alunos dispostos em círculo, assistiram à realização de um experimento com resistores, conforme explicitado no Quadro 5. Feito o experimento, os alunos foram convidados a expor suas conclusões, dúvidas e demais observações para o grande grupo.

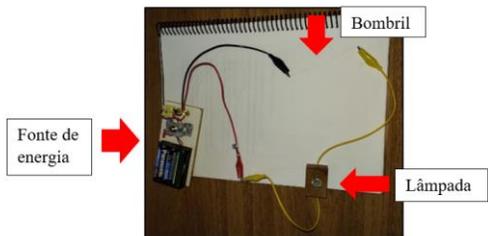
Quadro 5 - Atividade experimental

ATIVIDADE EXPERIMENTAL – RESISTORES

Materiais: palha de aço, uma fonte (três pilhas AA), uma lâmpada que acende com estas três pilhas e um multiteste (opcional).

Procedimento: Separe um fio de palha de aço, de uns 15/20 cm de comprimento, e cole suas extremidades dele em uma folha de papel, mantendo-o ligeiramente esticado. Agora, ligue a lâmpada às pilhas, porém com a conexão passando pelo fio da palha de aço.

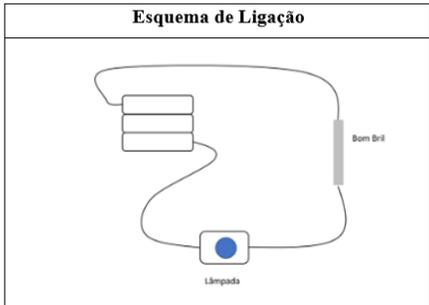
Esquema de ligação:



Fonte de energia

Bombril

Lâmpada



Esquema de Ligação

Bom Bril

Lâmpada

Fonte: O autor, 2024.

Esta primeira questão foi inserida a fim de averiguar a noção de resistores e o efeito joule, bem como propiciar um debate, no qual possíveis erros e acertos nas conclusões do experimento pudessem ser discutidos.

Era esperado nas discussões que os alunos discutissem que a passagem da corrente elétrica pelo filamento de metal resultaria em aquecimento, efeito esse conhecido pela denominação efeito joule. Além disso, a partir do surgimento de dúvidas a respeito do aquecimento do filamento, foi convidada a professora do Laboratório de Ciências, a Doutora em Química Selma Calgaroto, para explicar aos alunos as propriedades físico-químicas do filamento de metal.

Questão 1 - Com base no experimento e nas discussões feitas, responda:

Por que quando a distância entre os jacarés é maior não há efeito joule?

Esta proposta possibilitou a análise do que os alunos conhecem por efeito joule e a implicação de a distância interferir ou não no acontecimento do efeito joule. Ainda se pode verificar estudantes que ainda não compreenderam o que são resistores ôhmicos e não ôhmicos, permitindo a descoberta de fatos específicos ligados à manipulação do material e do experimento, além de conceitos essenciais para a Eletrodinâmica.

a) O que você acha que aconteceu com o Bombril ao ligar o interruptor?

Esta questão buscou que o aluno observasse que, ao ligar o interruptor e permitir que a corrente elétrica circulasse pelos cabos e pelo filamento de metal, a conversão da energia elétrica em calor (em especial no filamento de Bombril) poderia ser observada e explorada.

Escreva sobre o que você pensa que aconteceria se tivesse mais fios de Bombril colocados em paralelo?

Foram analisados se os alunos conseguiram compreender que mais filamentos de metal a energia elétrica da fonte (pilhas AA) passaria pelos fios e pelos filamentos conduzindo energia até dentro da lâmpada, acendendo-a.

Esperava-se que os alunos conseguissem encontrar todas as soluções e escrever corretamente as suas conclusões a partir de discussões do trabalho em equipe, com o professor/pesquisador mediando as dúvidas que surgiam no decorrer da atividade. Os possíveis erros seriam provenientes de não compreender o efeito joule, o que é a corrente elétrica e como ela funciona, bem como o acendimento da lâmpada como consequência da elevação (valores muito altos, mais de um milhão de °C) da temperatura do filamento.

Logo após, foi feita uma explanação acerca da primeira e segunda Leis de Ohm, com base no material didático utilizado pelos alunos (Sistema Ari de Sá (SAS)).

Em seguida, foi entregue aos alunos uma ficha contendo um roteiro de instruções sobre a 1ª e 2ª Leis de Ohm, utilizando o *PhET Colorado*, Figuras 16 e 17.

Figura 16 - Atividade - 1ª Lei de Ohm

ATIVIDADE PRÁTICA – 1ª LEI DE OHM

1. Leia o Qr Code abaixo para acessar o *applet*:



A equação $V=I.R$ que aparece na tela inicial, é a 1ª lei de Ohm. Nessa equação V é a diferença de potencial que o resistor está submetido (ou tensão), I é a corrente que atravessa o resistor e R é a resistência do resistor.

2. Mantendo a resistência em $500\ \Omega$, reduza a tensão para o mínimo possível. Anote o valor da corrente elétrica na tabela 1. Mude os valores da tensão e preencha o restante da tabela 1.

Tabela 1: Dados do experimento virtual usando $R=500\ \Omega$.

Voltagem (V)	Corrente (mA)	Resistência (Ω)
0,1		500
1,5		500
3,0		500
4,5		500
6,0		500
7,5		500
9,0		500

3. Usando os dados da tabela 1, faça um gráfico de $V \times I$. Colocando os dados de V no eixo vertical e de I na horizontal.

4. Após a construção do gráfico, faça as seguintes observações.

-O tipo de gráfico:

-O coeficiente de inclinação (observe que a unidade da corrente elétrica está em $\text{mA}=10^{-3}\text{A}$):

-O que podemos concluir da relação entre V e I ?

5. Mude a resistência para $250\ \Omega$. Mude os valores da tensão e preencha o restante da tabela 2. Anote os resultados da corrente na tabela 2.

Tabela 2: Dados do experimento virtual para $R=250\ \Omega$.

Voltagem (V)	Resistência (Ω)	Corrente (mA)
0,1	250	
1,5	250	
3,0	250	
4,5	250	
6,0	250	
7,5	250	
9,0	250	

6. Faça o gráfico de $V \times I$ com os dados da tabela 2, em cima do gráfico que você construiu no procedimento 3.

7. Após a construção do gráfico, faça as seguintes observações.

-O tipo de gráfico:

-O coeficiente de inclinação:

8. Que relação existe entre estes coeficientes de inclinação e a respectiva resistência?

9. Agora, mantendo a tensão fixa em $3,0\ \text{V}$, faça mudanças na resistência R conforme pede a tabela 3. Anote os valores das correntes na tabela.

Tabela 3: Dados do experimento virtual.

Voltagem (V)	Resistência (Ω)	Corrente (mA)
3,0	100	
3,0	300	
3,0	500	
3,0	600	
3,0	900	

-O que aconteceu com a corrente elétrica enquanto você aumentava a resistência elétrica?

10. Escreva a equação que descreve a primeira lei de Ohm.

Fonte: Prof. Wellington de Queiroz - IFCE

Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/contributions/view/5708, 2020.

Figura 17 - Atividade - 2ª Lei de Ohm

ATIVIDADE PRÁTICA – 2ª LEI DE OHM

1. Aponte a câmera para o código QR.



2. Inicialmente verifique e anote os limites inferiores e superiores que o programa permite para:

- A resistividade, ρ ;
- O comprimento do fio, L;
- A área da seção transversal, A:

3. Qual a resistência mínima fornecida pelo programa e para que valores de ρ , L e A?
4. Qual a resistência máxima fornecida pelo programa e para que valores de ρ , L e A?
5. Considere que para a esse experimento que são fornecidos fios com resistividade de $0,17 \Omega\text{cm}$ com as seguintes dimensões, ver Tabela 1 e 2.
6. Determine, utilizando o programa, a resistência de cada fio das Tabelas 1 e 2.
7. Mude o material do fio (mudando a resistividade do fio) conforme pede a tabela 3. Anote os valores das respectivas resistências na tabela 3.

Tabela 1: Relação de fios de cobre "fornecidos" e "medidas da resistência, para um fio com área de seção transversal fixa.

nº FIO	ρ (Ωcm)	L (cm)	A (cm^2)	1/A ($1/\text{cm}^2$)	R (Ω)
1	0,17	1,0	3		
2	0,17	5	3		
3	0,17	10	3		
4	0,17	20	3		

Tabela 2: Relação de fios de cobre "fornecidos" e "medidas da resistência, para um fio com comprimento fixo.

nº FIO	ρ (Ωcm)	L (cm)	A (cm^2)	1/A ($1/\text{cm}^2$)	R (Ω)
5	0,17	15	3		
6	0,17	15	6		
7	0,17	15	9		
8	0,17	15	12		

Tabela 3: Relação de resistividade dos fios e a "medidas da resistência, para um fio com comprimento e área de seção transversal fixa.

nº FIO	ρ (Ωcm)	L (cm)	A (cm^2)	1/A ($1/\text{cm}^2$)	R (Ω)
9	0,10	15	3		
10	0,30	15	3		
11	0,60	15	3		

8. Faça o gráfico da Resistência em função do comprimento do fio (para fios de mesma área) com os dados da tabela 1. Olhando o gráfico, o que podemos concluir da relação entre R e L?

O que representa o coeficiente angular deste gráfico?

9. Faça o gráfico da Resistência, R em função de $1/A$, inverso da área da seção transversal do fio (para fios de mesmo comprimento) com os dados da tabela 2. Olhando o gráfico, o que podemos concluir da relação entre R e $1/A$?

O que representa o coeficiente angular deste gráfico do procedimento anterior?

10. Faça o gráfico da Resistência em função da resistividade do fio com os dados da tabela 3. Olhando o gráfico, o que podemos concluir da relação entre R e ρ ?

11. Um fio de 2,0 m de comprimento e 0,20 mm de diâmetro tem uma resistência de $7,0 \Omega$. Calcule e resistividade do fio e identifique o material.

12. Qual equação resumiria as suas conclusões para a resistência elétrica de um fio?

13. Considere os dados da tabela 2 para um comprimento de 15 cm e diferentes áreas. Verifique que o valor da resistência do fio nº6 é equivalente à associação em paralelo de 2 fios nº5. Comente.

Fonte: Prof. Wellington de Queiroz - IFCE

Esperava-se que nestas duas atividades guiadas, utilizando o simulador, os alunos conseguissem manipular com desenvoltura o simulador e encontrar as soluções.

- (a) Na Atividade Prática – 1ª Lei de Ohm:
- i. Mantendo a resistência em 500Ω , reduzir a tensão mínima e anotar a corrente elétrica, mudando os valores da tensão;
 - ii. Esboçar um gráfico de, explicitando qual é o tipo de gráfico (Função Polinomial do 1º Grau), o coeficiente de inclinação e o que se poderia concluir a partir do gráfico;
 - iii. Mudar a resistência para 250Ω e alterando os valores da tensão, anotar os novos valores da corrente elétrica obtida;
 - iv. A partir dessa alteração, esboçar o gráfico, definindo o tipo de gráfico e o coeficiente de inclinação;
 - v. A relação existente entre os coeficientes de inclinação e a respectiva resistência;
 - vi. Fixar a tensão em $3,0 \text{ V}$, fazer mudanças na resistência e calcular a nova corrente elétrica;
 - vii. Responder o que aconteceu com a corrente elétrica enquanto se aumentava a resistência elétrica; e,
 - viii. Esboçar uma equação que descrevesse a primeira lei de Ohm.

Na Atividade Prática – 1ª Lei de Ohm esperava-se que os alunos determinassem a variação da corrente elétrica, causada pela mudança da tensão, esboçar o gráfico da simulação, além de enunciar conclusões a respeito das relações de tensão e corrente elétrica. Além disso, criar uma equação que descrevesse a primeira lei de Ohm e o comportamento gráfico. Os possíveis erros sejam provenientes dos resultados da simulação, a função que representa (Função Polinomial do 1º Grau, do tipo $f(x) = ax + b$, a construção do gráfico e o coeficiente de inclinação. Assim, os alunos foram incitados a tentar apontar as possíveis causas das discrepâncias encontradas, caso tenham ocorrido.

- (b) Na Atividade Prática – 2ª Lei de Ohm:
- i. Verificar os limites inferiores e superiores que o programa permitia para a resistividade (ρ), comprimento do fio (L) e área da seção transversal (A);
 - ii. A resistência mínima fornecida pelo programa, assim como os valores para, L e A;
 - iii. A resistência máxima fornecida pelo programa, assim como os valores para, L e A;
 - iv. Determinar, utilizando o programa, a resistência de cada fio (mantendo ou alterando a área da seção transversal);
 - v. Alterar a resistividade e anotar a resistência de cada fio;
 - vi. Esboçar o gráfico da resistência em função do comprimento;
 - vii. Escrever o coeficiente angular deste gráfico;
 - viii. Esboçar o gráfico da resistência R em função de $1/A$;
 - ix. Determinar uma equação que resumiria as conclusões para a resistência elétrica de um fio.

Já na Atividade Prática – 2ª Lei de Ohm aspirava que, os estudantes, por meio do *software*, calculassem e anotassem a resistência (variando o número de fios), a constante de resistividade, a área da seção transversal e o comprimento do fio, e esboçassem o gráfico da simulação, além de calcular o coeficiente angular e deduzissem uma equação que resumisse as conclusões obtidas a partir da exploração de cada fio. As incorreções que poderiam ser encontradas se dão a partir dos resultados da simulação, a função e a construção do gráfico e o coeficiente de inclinação. Da mesma forma, os estudantes foram estimulados a apontar as possíveis causas dos erros encontrados, caso tenham ocorrido.

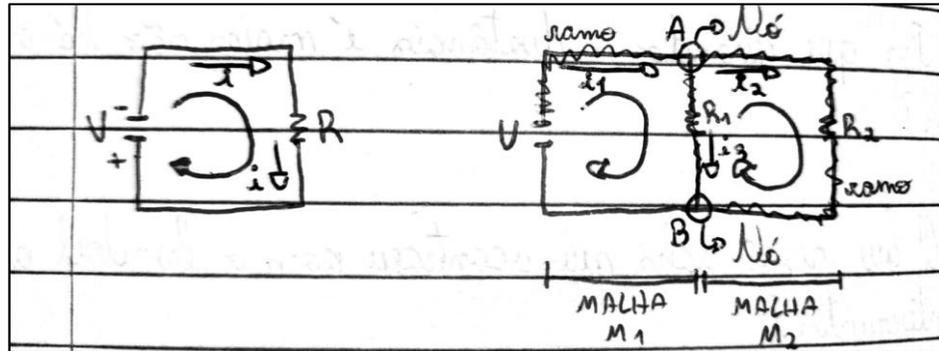
5.2.Unidade Temática II – Nós, ramos e malhas

Resultados esperados:

- Definir o que é um nó numa perspectiva da eletricidade e identificá-lo em um circuito elétrico;
- Diferenciar os ramos das malhas que fazem parte de um circuito elétrico; e,
- Dialogar sobre a nomenclatura dos termos utilizados na Física.

No início da aula foram desenhados no quadro dois circuitos elétricos (um simples e um com duas malhas), conforme a Figura 18:

Figura 18 – Registro de diferença de circuitos elétricos (Diário de Bordo)

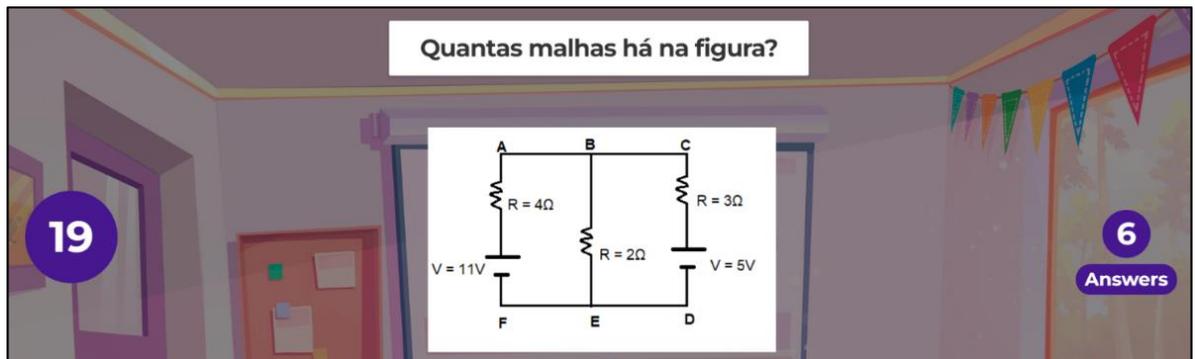


Fonte: O autor, 2024.

O desenho e a explicação na lousa a respeito das diferenças entre um circuito elétrico simples e um circuito elétrico em que há mais de uma malha, serviu como base para os alunos realizarem a atividade na plataforma *kahoot*¹⁵.

Em seguida, com seus dispositivos eletrônicos, os estudantes acessaram o *kahoot* e exploraram os conteúdos de nós, ramos e malhas, como uma atividade “de aquecimento”. A atividade serviu também para que o professor pudesse avaliar as potencialidades e fragilidades dos estudantes. Na Figura 19 há um recorte de atividade gamificada.

Figura 19 - Recorte de jogo sobre nós, ramos e malhas



Fonte: O autor, 2024.

Esta proposta de gamificação permitiria perceber se os alunos conseguiriam realizar as tarefas com a proposta da estratégia ativa *Just-in-time-teaching*. Os possíveis erros estariam associados à não correlação do que estava exposto no quadro com as atividades do jogo.

¹⁵ Kahoot! é uma plataforma de aprendizado baseada em jogos, usada como tecnologia educacional em escolas e outras instituições de ensino. Seus jogos de aprendizado, "Kahoots", são testes de múltipla escolha que permitem a geração de usuários e podem ser acessados por meio de um navegador da Web ou do aplicativo Kahoot. Para maiores informações de como uma conta no Kahoot e como utilizá-lo acesse: <https://canaltech.com.br/internet/o-que-e-kahoot/>

Levante uma questão referente ao que você não entendeu do conteúdo de nós, ramos e malhas. Na próxima aula a sua dúvida será respondida.

Utilizando a estratégia ativa *One minute paper*, os estudantes deveriam fazer questionamentos que ficaram em dúvida durante o jogo, sendo do significado das nomenclaturas e da quantidade de nós, ramos e malhas nos circuitos elétricos dados. As fragilidades que poderiam ser encontradas neste relatório seriam a não formulação de questionamentos, dado ao fato de não terem tido anteriormente contato com a teoria. (O usual é os estudantes terem, de antemão, contato com a teoria. Somente após este contato os estudantes recebem as propostas para a realização de atividades).

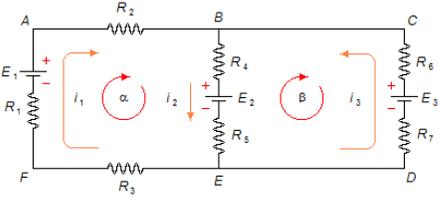
No Quadro 6 é apresentada uma atividade com nós, ramos e malhas, utilizando a técnica JiTT.

Quadro 6 - Atividade com nós, ramos e malhas

NÓS, RAMOS E MALHAS

Quando lemos o título nós, ramos e malhas, intuitivamente nos lembramos de alguma peça de roupa de tricô (“malha”); os ramos nos remetem a uma árvore e nós ao cadarço dos tênis, não é? No entanto, na Física esses são alguns termos utilizados para utilizar na associação de resistores, geradores e capacitores. Engraçado, não?

Considere um circuito elétrico



O diagrama mostra um circuito elétrico com os seguintes componentes e conexões:

- Nó A: conexão entre o resistor R_1 e a fonte de tensão E_1 .
- Nó B: conexão entre o resistor R_2 , o resistor R_4 e a fonte de tensão E_2 .
- Nó C: conexão entre o resistor R_2 , o resistor R_6 e a fonte de tensão E_3 .
- Nó D: conexão entre o resistor R_6 , o resistor R_7 e a fonte de tensão E_3 .
- Nó E: conexão entre o resistor R_5 , o resistor R_7 e a fonte de tensão E_2 .
- Nó F: conexão entre o resistor R_1 , o resistor R_3 e a fonte de tensão E_1 .

As malhas são rotuladas α (malha esquerda) e β (malha direita). As correntes i_1 , i_2 e i_3 são indicadas com setas vermelhas.

Nó: ponto do circuito em que dois ou mais fios de diferentes partes do circuito estejam ligados.

Ramo: é o caminho entre dois nós. A corrente elétrica num ramo é sempre a mesma.

Malha: caminho fechado, constituído por um ou mais ramos.

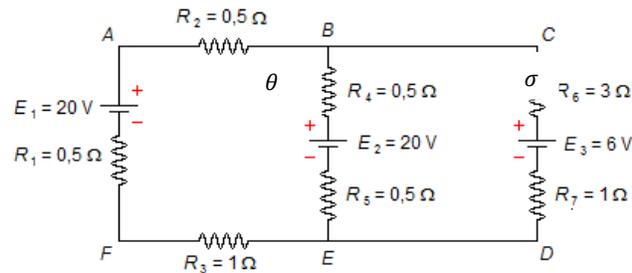
Questão 1 - TAREFA: Identifique no circuito acima quais são os nós, os ramos e as malhas e escreva abaixo:

Nós: _____

Ramo: _____

Malhas: _____

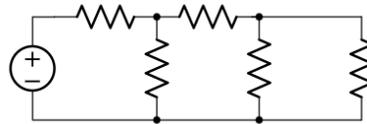
Questão 2 - Identifique no circuito abaixo os nós, ramos e malhas.



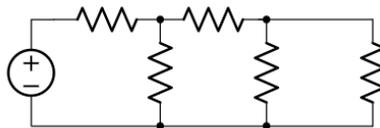
Questão 3 – Os termos “nó”, “ramo” e “malha” possuem um significado único, e por quê?

Questão 4 – Em cada circuito abaixo, identifique:

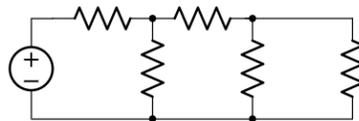
a) Quantos nós existem no diagrama abaixo?



a) Quantos ramos existem no circuito a seguir? Você consegue justificar sua resposta?



b) Quantas malhas há neste circuito? Você consegue justificar sua resposta?



Fonte: O autor, 2024.

Essa atividade didática tinha como objetivo propiciar que os alunos analisassem os circuitos elétricos e (com base nas explicações do conteúdo, e as dúvidas surgidas no *one minute paper*) determinassem os nós, ramos e malhas. Os erros mais prováveis estariam associados à definição de ramo. A permissão para busca nos sítios da *internet* levou os estudantes a diferentes formas (e

nomes) para enunciar a mesma definição, e isso pode ser fonte de confusão. De qualquer modo, a permissão é válida, no sentido que, ao tentar compatibilizar diferentes definições e termos para um mesmo fenômeno, os alunos estarão aprendendo – mais – Física.

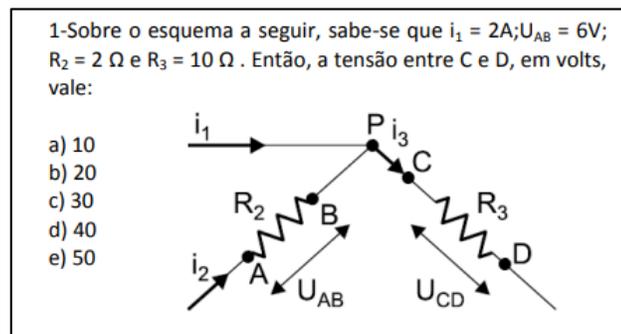
5.3.Unidade Temática III – Leis de Kirchhoff (Lei dos nós e Lei das malhas)

Resultados esperados:

- Identificar os nós que compõem um circuito;
- Diferenciar os ramos das malhas que fazem parte de um circuito;
- Resolver situações que envolvem a Lei dos Nós nos circuitos; e,
- Aplicar os conceitos na solução da Lei das malhas.

No primeiro instante da aula, utilizando a estratégia ativa *think-pair-share*, os estudantes deveriam encontrar a solução para a situação-problema (Figura 20).

Figura 20 - Situação-problema do think-pair-share



Fonte: O autor, 2024.

Essa atividade foi dividida nas etapas do método ativo, que se faz a saber: (i) Pense: foi dado um instante (em torno de 2 a 3 minutos para que pensem sobre o assunto; (ii) Discutindo com um par: a turma dividida em pares e um trio, compararam e identificaram dentre as suas respostas quais achavam mais corretas, melhores, mais convincentes ou mais originais, que respondessem à situação dada; e, (iii) Compartilhe: depois dos alunos terem conversado e escolhido a solução, foi solicitado para que cada grupo expusesse com a turma suas ideias e suas escolhas, expondo os cálculos e soluções feitas. Essa proposta tinha como objetivo por meio de uma discussão cooperativa solucionar e introduzir o conceito das Leis de Kirchhoff, utilizando conhecimentos prévios (Leis de Ohm). Os erros prováveis a serem detectados possivelmente estarão ligados à ausência de significado, ou significado incipiente, acerca das Leis de Ohm. Esta ausência, ou insuficiência, de significado seria uma evidência de aprendizagem mecânica.

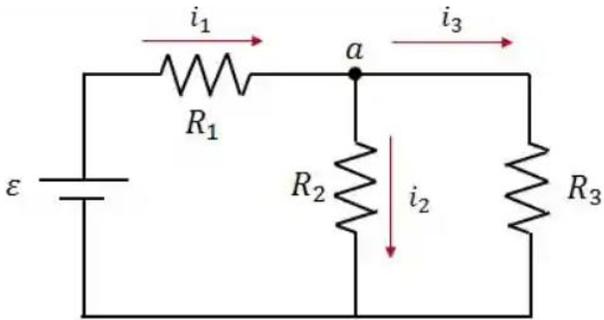
Em seguida, levando em consideração que no material apostilar (Sistema Ari de Sá) não há a abordagem das Leis de Kirchhoff procedeu-se a uma explicação dos conceitos.

Conforme o Quadro 7 há a explicação da Lei dos Nós:

Quadro 7 - Explicação da Lei dos Nós

LEI DOS NÓS

Seja o circuito elétrico abaixo:



Passos:

- (a) Diferenciar os nós dos pontos do circuito;
- (b) Verificar onde as intensidades se somam ou se separam;
- (c) Nó: ponto do circuito em que dois ou mais fios de diferentes partes do circuito estejam ligados.

Em resumo: Nó é o ponto do circuito em que há a junção ou separação de duas ou mais intensidade.

Para o nó α , temos $i_1 = i_2 + i_3$.

Exemplo:

Seja $i_1 = 2A$ e $i_2 = 6A$, calcule o valor de i_3 .

$$i_1 + i_2 = i_3$$

$$i_3 = 2A + 6A$$

$$i_3 = 6A$$

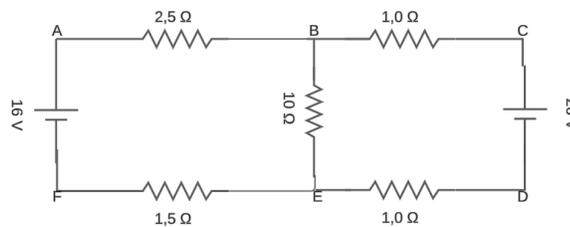
Fonte: O autor, 2024.

As dificuldades esperadas seriam decorrentes de falhas na identificação dos nós e na verificação das intensidades das correntes num mesmo nó.

Já nos Quadros 8 e 9 é apresentada a segunda lei de Kirchhoff, a Lei das Malhas (percorrendo uma malha, num único sentido, é nula a soma algébrica das tensões encontradas em cada elemento do circuito).

Quadro 8 - Explicação da Lei das malhas (Diário de bordo do professor/pesquisador)**LEI DAS MALHAS**

Para o circuito representado no esquema abaixo, determine as intensidades de corrente nos vários ramos.



Passos para a resolução:

- 1) Identificar as malhas do circuito
- 2) Escolher o sentido: horário
- 3) Prestar atenção aos sinais: $\begin{cases} \pm R \cdot i \\ \pm E \end{cases} \rightarrow$ sinais que podem assumir
- 4) Montar as equações do circuito (os sinais dependem das correntes elétricas)
 - Procurar a maior voltagem (V) e começar por ela
 - Colocar o sentido da corrente
 - Atenção aos sinais $R \cdot i$ (resistor) $\begin{cases} \text{sinas opostos} = \text{negativo} \\ \text{sinas iguais} = \text{positivo} \end{cases}$
 - Para o gerador, o que interessa é o sentido escolhido
- 5) Montar a equação da malha α :

$$-2,5i_3 + 10i_2 - 1,5i_3 - 16 = 0$$

$$-4,0i_3 + 10i_2 = 16 \quad (\div 2)$$

$$-2,0i_3 + 5i_2 = 8$$

- 6) Montar a equação da malha β :

$$-1,0i_1 + 26 - 1,0i_1 - 10i_2 = 0$$

$$-2,0i_1 - 10i_2 = -26 \quad (\div 2)$$

$$-1,0i_1 - 5i_2 = -13 \quad (\cdot -1)$$

$$1,0i_1 + 5i_2 = 13$$

Fonte: O autor, 2024.

Quadro 9 - Continuação da explicação da Lei das malhas

Sabendo que $i_1 = i_2 + i_3$

$$\begin{cases} -2i_3 + 5i_2 = 8 \\ i_1 + 5i_2 = 13 \\ i_1 = i_2 + i_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_1 = i_2 + i_3 \\ i_1 + 5i_2 = 13 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_1 = i_2 + i_3 \\ 6i_2 + i_3 = 13 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 6i_2 + i_3 = 13 (\cdot 2) \\ -2i_3 + 5i_2 = 8 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 12i_2 + 2i_3 = 26 \\ -2i_3 + 5i_2 = 8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_1 + 5(2) = 13 \\ i_1 = 13 - 10 \\ i_1 = 3A \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 17i_2 = 24 \\ i_2 = 2A \end{cases} \Rightarrow i_3 = 1A$$

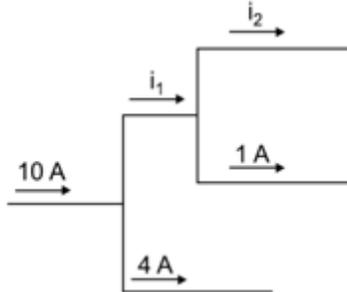
Logo: $i_1 = 3A, i_2 = 2A, i_3 = 1A$

Fonte: O autor, 2024.

As potenciais dificuldades poderiam ser a escolha do sentido da corrente elétrica, a montagem algébrica das equações dos circuitos, levando em consideração que os sinais (positivo e negativo) dependem da corrente elétrica envolvida, colocar o sentido da corrente e os sinais dos resistores (sentidos opostos – negativo e sentidos iguais – positivo) e solucionar analiticamente as equações e determinar as intensidades dos circuitos envolvidos.

HORA DE PRATICAR O QUE ESTUDAMOS!

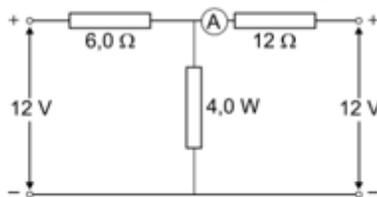
A figura abaixo representa parte de um circuito elétrico e as correntes elétricas que atravessam alguns ramos deste circuito.



Assinale a alternativa que indica os valores das correntes elétricas i_1 e i_2 , respectivamente:

- 6 A e 5 A
- 4 A e 5 A
- 6 A e 1 A
- 5 A e 1 A
- 10 A e 4 A

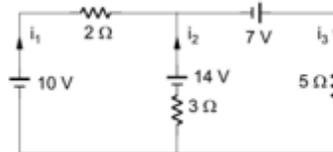
Considere o circuito e os valores representados no esquema a seguir. O amperímetro ideal A deve indicar uma corrente elétrica, em ampères, igual a:



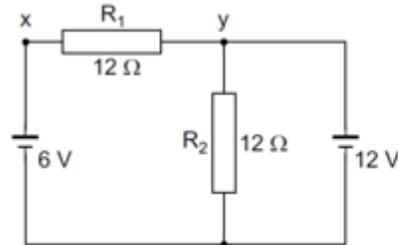
- 1,3
- 1,0
- 0,75
- 0,50
- 0,25

No circuito abaixo, as intensidades das correntes i_1 , i_2 e i_3 , em ampères, valem, respectivamente:

- 1,0; 2,5; 3,0
- 1,0; 1,5; 2,0
- 1,0; 2,0; 2,5
- 1,0; 2,0; 3,0
- 2,0; 3,0; 1,0



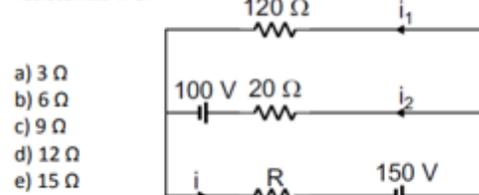
No circuito representado no esquema a seguir, as fontes de tensão de 12 V e de 6 V são ideais; os dois resistores de 12 ohms, R_1 e R_2 , são idênticos; os fios de ligação têm resistência desprezível.



Nesse circuito, a intensidade de corrente elétrica em R_1 é igual a:

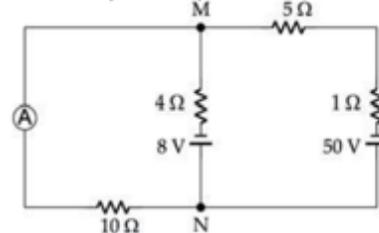
- 0,50 A no sentido de X para Y.
- 0,50 A no sentido de Y para X.
- 0,75 A no sentido de X para Y.
- 1,0 A no sentido de X para Y.
- 1,0 A no sentido de Y para X.

No circuito abaixo, os geradores são ideais, as correntes elétricas têm os sentidos indicados e $i_1 = 1A$. O valor da resistência R é:



- 3 Ω
- 6 Ω
- 9 Ω
- 12 Ω
- 15 Ω

Dado o circuito, determinar a leitura no amperímetro ideal e a ddp entre os pontos N e M.



- 5 A; 10 V
- 5 A; 20 V
- 10 A; 30 V
- 15 A; 30 V

Os estudantes, com o uso das Leis de Kirchhoff, deveriam poder resolvê-las, em grupos, encontrando apenas uma solução verdadeira. A maior dificuldade aqui seria a de resolver

analiticamente cada uma das questões, já que o tempo dispendido para isso seria proporcionalmente grande.

REVISÃO - SISTEMAS DE EQUAÇÕES

Resolva os sistemas abaixo:

$$\begin{cases} x - y - z = 2 \\ 2x - 4y + z = 16 \\ -x + 5y + 3z = -10 \end{cases} \quad \begin{cases} 2x - 3y + z = 1 \\ 3x - 3y - 6z = 7 \\ 7x - 2y - 9z = 2 \end{cases}$$

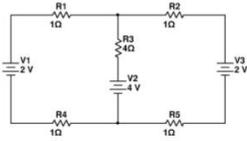
$$\begin{cases} x + y = 1 \\ x + z = 3 \\ y + z = 2 \end{cases} \quad \begin{cases} 3x - y + z = 7 \\ x + y + z = 4 \\ y - z = 7 \end{cases}$$

A persistência em trabalhar com as Leis de Kirchhoff no EM foram acima de tudo para desmitificar a ideia enraizada de que ter bom êxito em Física é só para pessoas com um cognitivo avançado, mesmo sabendo que a resolução destas equações “[...] requer habilidades analíticas bem consolidadas e a capacidade de raciocinar logicamente sobre as relações entre os componentes de um circuito” (Deus, 2023, p. 27). Assim, trabalhando com atividades, os alunos exercitam constantemente as resoluções propostas, em uma variedade de problemas de circuitos elétricos, desenvolvendo assim um raciocínio lógico e aprimorando a habilidade analítica de se trabalhar com as leis de Kirchhoff.

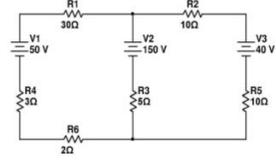
A seguir, foi realizada uma tarefa de revisão, onde os alunos deveriam encontrar as soluções para os sistemas de equações, já que nas atividades anteriores o desempenho não foi favorável pelos motivos que serão discutidos no próximo capítulo.

Tarefa 2:

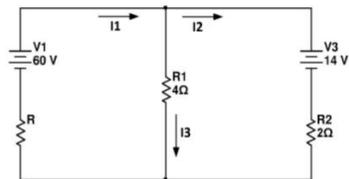
1º) Para o circuito abaixo, calcular todas as correntes.



2º) Determine a tensão em R6 no circuito abaixo.



3º) No circuito abaixo, as correntes têm os sentidos indicados. Se a intensidade da corrente I3 é 5A, então o valor da resistência do resistor R é:



Retomada a solução de cada sistema de equações e de como se deve encontrar as equações em um circuito elétrico, foram sugeridas novamente algumas questões, de modo a averiguar se a aprendizagem tinha sido duradoura, ou se ainda haviam indícios de aprendizagem predominantemente mecânica. A partir destas providências, os alunos conseguiram realizar as tarefas e encontrar as soluções.

5.4. Unidade Temática IV – Energia elétrica e consumo consciente

Resultados esperados:

- Dar sentido à fórmula da potência de diferentes dispositivos com base na exploração de diferentes experimentos e exploração, mediada pelo professor/pesquisador;
- Explorar com os alunos as diferentes interpretações da fórmula associada ao uso da energia elétrica; e,
- Despertar nos alunos a ideia de consumo consciente.

Esta unidade temática foi desenvolvida na Escola Estadual de Ensino Médio Pedro Migliorini, no município de Monte Belo do Sul/RS. Antes de começar os trabalhos em uma ambientação, conversei com os alunos com o intuito de explicar-lhes a proposta das aulas, o motivo de eu estar aplicando as aulas de Física e que juntamente com a professora titular, Liliane Eitelven Luvisa, no espírito de cooperação e colaboração gostaríamos de continuar com a proposta deles de consumo consciente aliado aos conceitos de energia elétrica.

Logo após, com o auxílio de um dispositivo experimental que permitia obter, de forma segura, valores experimentais para a tensão e a corrente, foi calculada a potência de aparelhos do cotidiano. Os equipamentos e dispositivos para este fim foram adquiridos e (ou) construídos com verbas do CNPq da chamada MCTIC/CNPq N° 05/2019 – Programa Ciência na Escola. Os próprios alunos (com a ajuda do professor pesquisador) obtiveram os dados necessários para o cálculo da potência elétrica de dispositivos eletrônicos e eletrodomésticos utilizados no cotidiano: carregador de celular, secador de cabelo, lâmpada de filamento, Chromebook e estufa de aquecimento. No Quadro 10 há a descrição do material utilizado.

Quadro 10 - Descrição da tomada para a medição de potência elétrica

Dispositivo para a medição de potência elétrica de dispositivos do cotidiano

O dispositivo apresentado abaixo é similar às tomadas convencionais, exceto pelo fato de um dos fios de conexão, rígido, possuir um pequeno anel, no qual é facilmente acoplado um amperímetro de garra. O outro fio é enrolado de modo a formar uma bobina de 10 voltas. Se o amperímetro de garra for acoplado ao terminal com um anel, a leitura que ele fornecerá é diretamente a corrente que se quer medir, desde que, bem entendido, algum dispositivo (uma lâmpada de bulbo, por exemplo) seja conectado a uma das tomadas. Se o amperímetro de garra for acoplado ao anel com 10 voltas de fio, a corrente medida será 10 vezes maior. Isso é útil quando se quer medir dispositivos de (relativamente) baixo consumo, como carregadores de celular. O aparelho de medição operará mais afastado de seu limite inferior de escala, e fornecerá, conseqüentemente, leituras mais precisas. Bem entendido, nestes casos a leitura obtida no aparelho deverá ser dividida por 10. A potência (em watt) pode então ser calculada facilmente por meio do produto de V (em volt) e i (em ampères), e comparada à que é especificada pelo fabricante.



Fonte: O autor, 2024.

Atividade 1 – Com o experimento e os valores encontrados, calcule a potência elétrica.

Passo 1: Verificar a intensidade (A) de aparelhos elétricos ligados na tomada de voltagem aferida (V).

Passo 2: Calcular a potência em Watts (W) de cada aparelho e anotar no quadro abaixo.

Cálculo de Potência de forma intuitiva:

$$Potência = Voltagem (V) \cdot intensidade (A)$$

<u>Tomada</u>	V
APARELHOS	Watts (W)
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	

Com esta atividade os estudantes deveriam verificar a voltagem aferida ($\cong 220V$) e a intensidade da corrente, em ampère, de cada aparelho e em seguida, realizar o cálculo da potência elétrica que é o produto da voltagem e a intensidade e o resultado dado na unidade watt (W)¹⁶. Os erros que poderiam ser considerados nesta primeira tarefa eram na multiplicação das grandezas, já que algumas intensidades seriam números decimais e a literatura aponta fragilidades na multiplicação (“a lápis”), por isso, foi permitido que os participantes utilizassem a calculadora.

Atividade 2 – Antes, de fazer os exercícios de potência, vamos praticar a transformação de unidades.

Sabendo que $1kW = \underline{\hspace{2cm}}$ W

- 1) Determine as conversões, utilizando a regra acima:
 - a) $15kW$ em W
 - b) $170W$ em kW
 - c) $4 kW$ em W
 - d) $3540 W$ em kW

Esta tarefa tinha como objetivo a conversão de unidades utilizadas no cálculo de potência (W e kW) e perceber a noção dos alunos em que quando se aparece o termo “*k*” anterior a unidade

¹⁶ Como as lâmpadas de filamento são dispositivos quase que puramente resistivos, a potência calculada é bastante realista. O mesmo vale para aquecedores em geral, ebulidores de imersão, chaleiras elétricas, fogareiros elétricos, torneiras e chuveiros elétricos, por exemplo. Caso os dispositivos envolvam circuitos mais sofisticados (como um computador, ou uma lâmpada de LED), este cálculo é uma aproximação inicial razoável, mas não é precisa, por desconsiderar o caráter capacitivo e indutivo do que está sendo medido.

padrão é necessário fazer a multiplicação por mil (1.000) e, assim, fazer as tarefas. Os erros possíveis de serem encontrados era a dificuldade da conversão dado ao fato de que estariam multiplicando ou dividindo por mil (1.000) e implicaria no uso de números decimais.

Atividade 3 - Leia os problemas e resolva:

- Um aquecedor elétrico ligado a uma tomada de 220V tem a intensidade de 1,57A. Determine a sua potência elétrica.
- Qual a potência elétrica em um circuito que possui um resistor de 120V que é atravessado por uma corrente de 2A?
- Uma pessoa comprou um notebook e na embalagem há a descrição de que a potência é de 65W em uma corrente elétrica de 110V. Determine a intensidade da corrente (ver a nota de rodapé 17).
- A potência de um chuveiro elétrico é de 4400 W, e a tensão de operação, 220 V. Qual a corrente do chuveiro, quando em funcionamento?

Com a proposta acima, os alunos deveriam ler as situações-problema e realizar o cálculo de potência, determinar a intensidade ou corrente elétrica envolvida. As fragilidades que poderiam ser identificadas nessa atividade seriam o cálculo de potência (com números decimais), o uso das conversões para determinar a corrente elétrica e a determinação da intensidade de um determinado aparelho eletrônico.

Realizado isso, foi proposto um exercício, acompanhado de uma explicação simples, bastante intuitiva, para determinar o gasto de energia dos aparelhos elétricos.

Regra intuitiva:

$$Potência = \frac{Energia}{tempo} \rightarrow Energia = Potência \cdot tempo$$

Exemplo:

Mariana tem em sua casa um chuveiro, de 7000 W de potência e o seu banho tem uma duração equivalente à de cantar quatro músicas do cantor Gustavo Lima¹⁷, o que equivale ao funcionamento do chuveiro por 15 minutos. Determine a quantidade de energia gasta e o custo de energia elétrica do banho. (Suponha que 1kWh custe R\$ 1,40).

$$E \rightarrow 7000 \cdot 0,25 \rightarrow E = 1750 Wh$$

$$E = 1750Wh \rightarrow E = 1,75 kWh$$

$$R\$ 1,40 \cdot 1,75 = R\$ 2,45$$

¹⁷ Essa referência não tão usual ao tempo de funcionamento de um dispositivo elétrico foi sugerida por uma das alunas.

Com essa explicação, os estudantes poderiam determinar a potência e o tempo envolvidos para os cálculos de consumo consciente, observando o kWh consumido e o valor a ser pago.

Atividade 4 - Leia a situação-problema abaixo.

Josué comprou um ar-condicionado para a sua casa e na caixa do produto dizia que a potência era de 1500W.

Você considera que o custo de operação deste aparelho será (baixo – médio – alto)? Você consegue argumentar sua resposta? Uma pista: em quais condições o custo de operação do aparelho seria alto?

Com esta proposta os alunos deveriam escrever o significado da situação-problema, evidenciando o significado da potência. Com essa tarefa não haveria erros consideráveis, já que ela consistia somente em explicar que a energia é o produto da potência pelo tempo, então este último deve ser levado também em conta (por exemplo, um aparelho de potência alta, ligado por pouco tempo, produzirá um gasto pequeno na conta de luz).

Atividade 5 - Leia os problemas a seguir e resolva.

- Quantos *kWh* são consumidos por um produto que tem 70W de potência em 15 minutos?
- Quantos *kWh* são consumidos por uma estufa de 1500W de potência em 3 horas?
- O chuveiro elétrico de uma residência possui potência elétrica equivalente a 5000 W. Sabendo que nessa casa moram cinco pessoas e que cada uma toma dois banhos diários de 15 min, determine o consumo de energia elétrica mensal em kWh correspondente ao chuveiro.
- Em uma época de intenso calor, um aparelho de ar-condicionado com potência de 1500 W ficou ligado por mais tempo, chegando à marca mensal de consumo igual a 10500Wh. Determine por quanto tempo esse aparelho ficou ligado por dia. Este resultado faz sentido para você? Em outras palavras, o tempo te pareceu muito pequeno, ou razoável, ou muito longo? Podes explicar?

Nesta tarefa, de acordo com cada situação os alunos deveriam calcular utilizando as fórmulas disponíveis o valor do potencial elétrico (tensão da rede, 110 V ou 220 V), o tempo

durante o qual os respectivos aparelhos ficaram ligados e suas potências. Os indícios que, novamente, poderiam aparecer seriam o erro nos cálculos e nas conversões de cada problema. Já as interpretações dos estudantes não estarão, em princípio, “certas” ou “erradas”. Seus argumentos é que serão mais, ou menos, plausíveis.

CONSUMO CONSCIENTE

Observe a conta de luz apresentada e procure fazer o que se pede:

- a) Determine a quantidade de kWh no mês de abril de 2022.
- b) Determine o valor a ser pago nessa conta de luz.
- c) Determine o valor de 1 kWh.
- d) Utilizando o valor de 1kWh calcule o custo de energia em uma casa em que moram 4 pessoas, o chuveiro tem 8000W de potência e cada pessoa demora 15 minutos no banho, tomando 2 banhos ao dia.
- e) Com o valor calculado acima (item c), pergunta-se: Que atitudes da família podem reduzir o gasto, de modo que o consumo se torne mais consciente. Tente argumentar no que as medidas que você sugeriu como resposta aumentarão (ou diminuirão) o conforto, a higiene, a saúde das pessoas. Você acha que as medidas que você sugere deveriam ser impostas a todos os membros da casa, ou “negociadas”? Tente argumentar sua resposta.
- f) Com o valor calculado acima (item c), pergunta-se: Em uma escola há 10 salas de aula com lâmpadas de 70W e ficam ligadas durante 8h. Calcule a quantidade de energia e o consumo.
- g) Com o valor da questão f, responda e justifique: que atitudes a escola poderia tomar para evitar diminuir o consumo de energia? Neste caso, é razoável uma tentativa de diminuir o consumo? Tente justificar os argumentos a favor da tentativa de diminuição do consumo, e os argumentos contra esta tentativa.
- h) Utilize seu smartphone e pesquise e, após compartilhe com os colegas formas de consumo de energia mais eficiente.

Como forma de criar as condições para o estabelecimento de um debate profícuo sobre o uso da energia, foi proposto aos alunos que trouxessem contas de energia elétrica para avaliar a pertinência das atividades propostas acima. É importante ressaltar que além dos aspectos conceituais, foram criadas condições para o estabelecimento de reflexões a respeito de como economizar, quando economizar, e de que forma reivindicar um maior acesso à energia, sempre

dependendo do caso em debate. Algumas políticas públicas também foram objeto de debate, tais como a que prevê tarifas diferenciadas (menores) aos consumidores das zonas rurais, bem como a consciência ecológica e ambiental que cada indivíduo deveria adquirir e (ou) ampliar, de modo a tornar o convívio em sociedade mais efetivo, confortável e feliz.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo são apresentados os resultados da sequência didática aplicada na turma de origem (2ª série do Ensino Médio) e no trabalho colaborativo em Monte Belo do Sul (3ª série do Ensino Médio).

6.1. INTRODUÇÃO, CATEGORIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.

A partir da Análise de Conteúdos, fundamentada em Laurence Bardin (1977) buscou-se responder à pergunta investigativa: **Como os princípios da Transposição Didática no ensino da Eletrodinâmica podem mediar a aprendizagem dos estudantes no Ensino Médio?** Para isso foi efetuada, primeiramente, a categorização dos materiais coletados. Para a autora, “categorização é uma operação de classificação de elementos [...]” (Bardin, 1977, p. 117) e acrescenta “A categorização tem como primeiro objetivo, fornecer, por condensação, uma representação simplificada dos dados brutos” (Bardin, 1977, p.119).

Neste capítulo, é apresentada uma análise e a discussão dos resultados obtidos durante a aplicação da sequência didática; a partir das inferências realizadas após a aplicação, e de posse dos materiais coletados, bem como dos critérios preestabelecidos, se pôde reconstituir com melhor adequação o comportamento dos indivíduos, e em qual medida ocorreu uma aprendizagem duradoura, aprendizagem essa proposta a partir de princípios da Transposição Didática, de estratégias de aprendizagem ativa e de atividades experimentais.

Assim, a Transposição Didática, como mencionado anteriormente, é uma ferramenta na busca de transformar o Saber Sábio, criado pelos acadêmicos, em Saber Ensinado, ou seja, conhecimentos propostos em sala de aula, já devidamente adaptados para estes níveis de ensino. Esta pesquisa se deteve, em especial, na forma como os saberes presentes nos livros e nas diretrizes normativas educacionais promovem a aprendizagem dos objetos de estudo da Eletrodinâmica, a fim de se tornarem saberes ensinados. Especificamente: a forma de apresentar os conteúdos aos estudantes desperta neles algum envolvimento pessoal? O conhecimento veiculado faz sentido para eles? Este conhecimento é ancorado em algo? Esse conhecimento desperta em alguns deles, por exemplo, a consciência do uso dos recursos naturais?

Dessa forma, refletiremos sobre aspectos que vão além do perfil dos alunos, seja na aproximação ou não com a Física, bem como na automatização do ensino e na apresentação literal do conhecimento, mesmo naqueles casos em que a disciplina é proposta visando, predominantemente, o bom desempenho dos alunos em diferentes exames, como o vestibular. A prática pedagógica realizada apontou que, em alguns aspectos, houve aprendizagem por parte dos discentes, mas evidenciaram-se aspectos nos quais a escola não oferece aos estudantes, em quantidade suficiente, ocasiões propícias para que eles avaliem e eventualmente modifiquem suas formas de pensar, no que diz respeito, em especial, à ciência que lhes é oferecida. Os conceitos ensinados, predominantemente, ficam restritos à sua utilidade para o bom desempenho em exames públicos, sem um olhar mais atento à presença destes conceitos no cotidiano dos estudantes.

É importante ressaltar que o objetivo desta pesquisa não é afirmar que o método utilizado pela instituição de ensino tem maior ou menor prestígio. Em vez disso, a pesquisa visa analisar como os alunos aprenderiam a partir de premissas expressas na teoria da Transposição Didática. O foco da pesquisa é o Produto Educacional, ou seja, a sequência didática, na qual estas premissas se fazem presentes em diferentes graus. Através da Análise de Conteúdo dos registros, como diários de bordo, conversações, resultados de exercícios, exploração do material de ensino usado pela escola e o perfil dos alunos, foram identificados alguns pontos de preocupação na forma de ensinar e de aprender.

Antes da execução da sequência didática, eu, como pesquisador, estive presente em seis encontros com o objetivo de analisar e avaliar como era a postura do professor titular, como era apresentado o conteúdo, as atitudes dos alunos e, como a escola se organizava na etapa do Ensino Médio com o material apostilar Sistema Ari de Sá. É importante salientar, que dessa observação das aulas de Física puderam ser estabelecidas três categorias: currículo, prática educativa e reações dos estudantes. No Quadro 11 há categorias que foram extraídas das observações prévias.

Quadro 11 - Categorias extraídas das observações prévias

CURRÍCULO	PRÁTICA EDUCATIVA	REAÇÕES DOS ESTUDANTES
<i>O sistema utilizado é o uso da apostila (SAS) e um livro complementar com exercícios suplementares; os números de encontros e os objetos do conhecimento são determinados pela coordenação pedagógica. Adicionalmente, há a orientação de que a utilização de experimentos e visualização de softwares devem ser complementares ao uso da apostila.</i>	<i>É prescrito o uso do caderno apostilar (SAS), a aplicação de listas de revisão dos conteúdos, o uso de questões de exames para ingresso no ensino superior (ENEM e vestibulares). São previstas avaliações quantitativas e macetes para decorar as fórmulas, bem como o uso do software PhET Colorado para <u>visualização</u> de fenômenos.</i>	<i>Os alunos foram participativos e questionadores; foram notadas dificuldades na Matemática Básica aplicada à Física. As avaliações têm um caráter um tanto “skineriano”, segundo a perspectiva dos alunos e familiares, e houve solicitações constantes para que as fórmulas estivessem disponíveis na lousa.</i>

Fonte: O autor, 2024.

6.2.OBSERVAÇÕES PRÉVIAS SOBRE O CURRÍCULO, A PRÁTICA DOCENTE E AS REAÇÕES DOS ESTUDANTES.

Antes de iniciar a aplicação da sequência didática estive em dois dias (6 encontros) fazendo uma observação preliminar na segunda série do Ensino Médio, turma na qual, o Colégio Regina Coeli e o professor titular atenderam ao meu pedido para fazer, primeiro, a observação, e posteriormente, a aplicação. Estas observações aconteceram nos dias 13/07/2023 e 27/07/2023, sendo que no segundo dia os alunos tinham uma avaliação para fazer de um conteúdo anterior ao de Eletrodinâmica.

Pude observar as ações dos estudantes perante o conteúdo, a ação do professor e as suas reações, além de verificar o caderno de anotações e a apostila Sistema Ari de Sá dos estudantes e do educador. Foram encontros em que pude interagir com a turma, verificar potencialidades e fragilidades e que permitiram, a partir da observação prévia e da categorização feita no Quadro 11, estruturar os resultados obtidos, conjuntamente com as discussões, feitas com base nos teóricos apontados anteriormente.

6.2.1. O currículo.

Retomando a ideia de Pieroni (1998) sobre o sistema de franquias no ensino, uma consequência evidente é a apresentação literal de alguns saberes sem sofrer nenhuma adaptação curricular; as alterações eventualmente realizadas têm, predominantemente, um caráter de repetição e memorização dos conhecimentos para os exames de seleção pré-determinados pelos espaços escolares.

Nesse sentido, alguns conteúdos não são vistos, ou inversamente, são considerados mais importantes em detrimento de outros, usualmente não exigidos nas provas de acesso a instituições de ensino superior. Parece haver um acordo tácito: a escola só ensina o que cai nos diferentes exames de acesso ao ensino superior e o educando só quer aprender o que, segundo lhe parece, é o estritamente necessário para a aprovação na prova de seleção.

No entanto, o acesso à educação superior pública no Brasil, além do tradicional Exame Nacional do Ensino Médio, se amplia por meio de diversas outras formas, democratizando o ingresso e atendendo a diferentes perfis de estudantes. Vale ressaltar que, além das opções públicas, algumas instituições privadas também oferecem vestibulares próprios e programas de bolsas de estudo próprios, ampliando ainda mais as alternativas de ingresso no ensino superior.

Portanto, o acesso à universidade no Brasil vai além do ENEM, abrangendo diversas modalidades que visam democratizar o ensino superior e atender à diversidade de estudantes e suas trajetórias acadêmicas.

Corroborando as afirmativas de Pieroni, Sacristán (2000) se apropria da noosfera e seu significado na Transposição Didática quando declara: “A aspiração a uma educação cada vez mais globalizadora é tida como ideologia dominante pelas leis e regulações administrativas básicas que ordenam todo o sistema educativo (Sacristán, 2000, p. 57)”.

Logo, tem-se que os objetos do conhecimento e as habilidades são determinadas pela instância de poder, a qual vai julgar os saberes necessário, principalmente, no que diz respeito aos valores culturais e acadêmicos, no entanto, em geral não se tem “uma correspondência com a qualidade real da cultura distribuída nas aulas” (Sacristán, 2000, p. 39), isto é, os processos educativos nos espaços escolares são diferentes daqueles determinados pelas instâncias educacionais (secretarias de educação, delegacias de ensino, etc.), porque os minimundos existentes no mesmo ambiente de ensino são amplos e com múltiplas particularidades.

Com esse olhar, ao analisar o material apostilar da instituição de ensino e a organização curricular, nota-se dois aspectos que pressupõem, ambos, uma apresentação literal dos saberes. O primeiro aspecto diz respeito à quantidade de encontros para cada assunto, como pode ser constatado no Quadro 12:

Quadro 12 - Organização curricular

Quantidade de aulas	Assunto
3 aulas	Potencial elétrico – Diferença de potencial (ddp)
2 aulas	Corrente elétrica
2 aulas	Potência elétrica e energia
3 aulas	Resistores elétricos – Primeira e Segunda Leis de Ohm

Fonte: O autor, 2024.

Em conversas informais com a coordenadora do Ensino Médio e com o professor titular da turma, ficou evidenciado que esta quantidade de aulas dadas é para “vencer” as apostilas dos alunos e há uma pressão muito grande por parte dos pais caso isso não ocorra. Isso fica evidenciado que nesses períodos, previamente determinados, não há previsão para aulas experimentais, e para a exploração e sistematização do conteúdo, de forma a minimizar as fragilidades dos estudantes e construir uma aprendizagem duradoura (ou que dure pelo menos até a próxima avaliação).

Chevallard em nenhum momento, quando idealizou a Transposição Didática, queria “vencer os conteúdos” matemáticos, estava, isto sim, preocupado com aqueles conteúdos, que às vezes pareciam intransponíveis, deveriam ser apresentados aos alunos de forma a não perder seu caráter científico. Essa manutenção da cientificidade deveria se dar sem que fosse necessário abrir mão de estratégias para a ocorrência de uma aprendizagem eficaz.

Já, o segundo ponto de destaque e atenção é o formato de organização da instituição, que prescreve que, nas 1^a e 2^a séries do Ensino Médio, os estudantes devem aprender todos os objetos do conhecimento, vencendo os conteúdos apresentados nos volumes dos cadernos de estudos. Na 3^a série, é dada ênfase à revisão e preparação dos alunos para o ENEM e para os principais vestibulares das instituições superiores gaúchas e do país (UFGRS, UFSM, UFSC, Univates, PUC, UFCSPA, etc.).

No entanto, para Pieroni (1998) as instituições que utilizam uma metodologia apostilar, preparatória para os diferentes exames de seleção de ingresso universitário, estão desconsiderando a construção de algumas habilidades que são próprias à etapa da Educação Básica, é comparável

ao fato de uma criança de cinco anos conseguir cantar todos os números, mas não sabe quantificá-los ou seriá-los:

Durante a prática do professor e com a minha presença como espectador pude verificar que vários alunos possuíam material de cursos pré-vestibulares com as fórmulas de Eletrodinâmica. A partir da promessa que fiz a eles, de que teríamos atividades práticas, eles questionaram se eu ia ensinar macetes ou dar dicas de como resolver questões de concursos e vestibulares. Minha resposta foi a de que, *muito*¹⁸ *mais importante que decorar uma fórmula por meio de um macete ou dica para lembrar na hora de fazer a prova do ENEM ou de algum vestibular é primeiro necessário entender o significado dessa fórmula e como utilizá-la, porque, por exemplo, decorar a primeira Lei de Ohm, $U = R.i$, mas não saber qual o significado da tensão elétrica (U), a resistência elétrica (R) e a corrente elétrica (i) na hora de aplicar na questão e não saber qual dado usar é mais preocupante.*

A Base Nacional Comum Curricular (2018) corrobora minha colocação, no âmbito do Ensino Médio, ao afirmar:

Em lugar de pretender que os jovens apenas aprendam o que já sabemos, **o mundo deve lhes ser apresentado como campo aberto para investigação e intervenção quanto a seus aspectos sociais, produtivos, ambientais e culturais.** Desse modo, a escola os convoca a **assumir responsabilidades para equacionar e resolver questões legadas pelas gerações anteriores, valorizando o esforço dos que os precederam e abrindo-se criativamente para o novo.** (Brasil, 2018, p. 463 – *grifos do autor.*)

A partir disso, podemos ver que a normativa federal já orienta que o espaço escolar deve apresentar múltiplos caminhos para a investigação e intervenção (social, ambiental, cultural e até profissional) para que se assim eles tenham uma postura crítica e escolham o seu caminho, criando autonomia e senso de cidadania. Mas, isto só acontece quando o educando se depara com uma escola que assume uma postura de não apresentar o conteúdo literalmente ou fixar o que deve (ou não) aprender por causa das provas seletivas das universidades, mas que tenha como objetivo principal, uma aprendizagem focada na ação.

O físico Feynman (2019, p. 49), ao escrever suas memórias no Ensino Superior escreve: “Como acaba a corrente da consciência, quando se adormece?” Assim, se pode perguntar, se os alunos com um sistema apostilar têm consciência dos saberes que foram transpostos a eles ou apenas “adormecem” no sentido de reproduzir e decorar aquilo que lhes é passado para estarem

¹⁸ As falas do professor/pesquisador, quando transcritas de forma literal, aparecem em itálico.

aptos aos exames de seleção? Um exemplo disso concretiza-se em uma questão da prova de Ciências da Natureza e suas tecnologias do ENEM de 2023 (Figura 21):

Figura 21 - Questão 98 do caderno amarelo do ENEM 2023

QUESTÃO 98

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 .
- E** mais intenso para L_1 e menos intenso para L_3 .

Fonte: Fundação Cesgranrio, 2023.

Ao analisarmos esta questão (Figura 21) ela não requer nenhum cálculo físico ou “decoreba” do fenômeno, mas a interpretação do que acontece se “somente a lâmpada L_2 queimar” em um circuito de associação de resistores em série. É um exemplo que evidencia que, como relatei aos estudantes, importa menos saber macetes ou dicas de como resolver uma questão, e mais, saber interpretá-la. A apresentação literal dos conteúdos não favorece, seguramente, este tipo de interpretação. A experimentação, com material concreto ou por meio de laboratórios virtuais, não é, por certo, a garantia de que o estudante seja capaz de, digamos, produzir a interpretação necessária para a solução desta questão. Mas pode ajudar, muito, se for feita de modo a possibilitar a emergência de múltiplas possibilidades, se promover o debate.

Na escola em questão onde foi aplicada a sequência didática não seria correto dizer que não há propostas que oportunizem a descoberta pela experimentação, e que há, tão somente, a

apresentação literal dos saberes. Esta tarefa (a da experimentação), é desenvolvida, majoritariamente, no Laboratório de Ciências, no qual são feitas experimentações, discussões e descobertas pela experimentação, atividades essas importantes, como destacado no referencial teórico.

Corroborando a ideia de que o professor deve ter autonomia de ministrar suas aulas, Michel Foucault em *Vigiar e punir: nascimento da prisão* (2002) escreve sobre o “adestramento” e por isso ao analisar a escola, declara:

Uma prova na escola tem, de fato, essas duas funções; ela serve para **medir e vigiar o desempenho dos alunos a partir da nota que obtiveram e serve para normalizar** na medida em que há comparação do desempenho dos diversos alunos; **o aluno que tirou uma nota abaixo da média é sempre pressionado para que se saia melhor nos próximos exames e assim se pareça mais com o aluno que tirou uma nota maior.** O exame acarreta então duas possibilidades que se relacionam entre si: ao mesmo tempo em que permite a constituição do indivíduo como objeto descritível, com o objetivo de analisar seus traços particulares, permite também a constituição de um sistema comparativo, que possibilita a mensuração dos desvios do grupo como um todo. (Foucault, 2002 *apud* Paniago 2005, p. 9 – *Grifos do autor*)

A reflexão de Foucault (2002) deixa muito claro: a escola mantém uma postura de vigilância não epistemológica, mas sim, uma postura de medir o desempenho dos alunos por meio de resultados de avaliações, o que nada mais é do que um “adestramento” dos indivíduos (professores e alunos). Justifica-se, portanto, a premissa: os educadores devem criar uma resistência, resistência esta que se manifeste por meio de palavras, gestos e mudanças de práticas educativas.

6.2.2. A prática educativa.

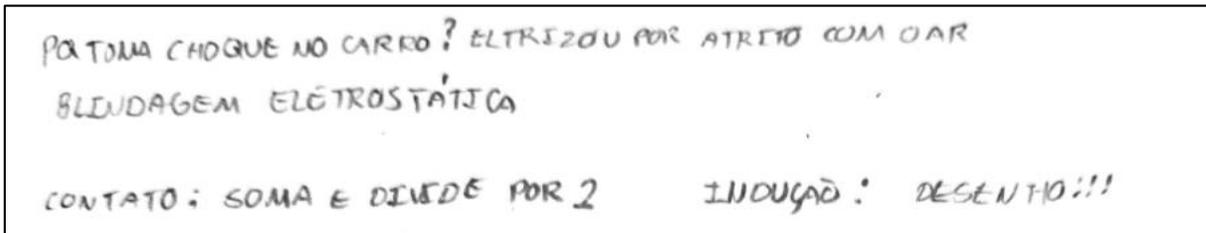
Em conversa preliminar com o professor titular da turma, este relatou contou que leciona em instituições de ensino onde a prática educativa é feita pelo método apostilar, no entanto, foi dito informalmente que, embora as turmas tenham, em média, de 25 a 30 alunos, a quantidade de horas-aula é maior e há flexibilização na distribuição do tempo entre teoria e prática, dando lugar à experimentação, à reflexão, à sistematização e avaliação dos alunos.

A primeira aula foi composta pela explicação dos assuntos de Eletrostática, como os processos de eletrização e campo elétrico, utilizando as definições e exemplos do material apostilar SAS. Uma prática adotada pelo professor foi a de fazer o desenho no quadro para deixar bem evidenciados cada um dos processos de eletrização (por atrito, por contato e por indução) e, além

disso, destacou-os com diferentes cores para que ficasse compreensível aos alunos o que acontecia em cada fenômeno físico.

O professor passou alguns macetes para os alunos para que não esquecessem do conteúdo e como deveriam resolver, como exposto na Figura 22, onde a aluna E14 faz a sua anotação.

Figura 22 - Anotação resumo de Eletrostática



Fonte: O autor, 2024.

No entanto, como apontado por De Oliveira Barbosa *et al.* (1999, p. 106), assuntos de Eletrostática como a teorização da Lei de Coulomb e até mesmo os princípios de eletrização vêm carregados de um formalismo que “acarreta dificuldades para o aluno na elaboração dos conceitos básicos e de ‘modelos científicos’ para explicar os fenômenos que estão inseridos no contexto da sua vida diária”. Estes conceitos, explicados sem qualquer tentativa de conexão com elementos do cotidiano dos estudantes, exceto pela menção a exemplos do livro, não estão ancorados, por exemplo, na experimentação, o que permitiria ao estudante interagir com o objeto de estudo e adquirir – com tudo o mais acontecendo de forma favorável – o conhecimento que é natural e está em seu cotidiano.

Em seguida, o professor acessou o simulador *PhET Colorado* e mostrou o *applet* “John Travoltagem” para que os estudantes visualizassem o que estavam estudando sobre os processos de eletrização, conforme a Figura 23.

Figura 23 - Simulação “John Travoltagem”



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/john-travoltage

No entanto, o uso da plataforma foi voltado predominantemente à visualização e não houve uma interação dos alunos com o recurso exposto. Da Silva (2010) aponta a importância de se trabalhar com os Laboratórios Virtuais para se construir, sistematizar, avaliar e ter uma aprendizagem eficaz dos saberes construídos.

Posteriormente à explicação, o docente solicitou aos alunos que sentassem em duplas para realizarem as atividades de fixação do livro, mas como eram questões de exames de vestibulares, ele mesmo resolveu algumas na lousa, questionando os alunos para que lembrassem ou olhassem no livro as definições e, a partir daí, resolvessem as questões apresentadas. Uma questão que o professor resolveu com os alunos na lousa foi copiada pela aluna E14 aparece na Figura 24.

Figura 24 - Resolução de uma questão da apostila SAS

$\vec{E} \rightarrow$ $++\dots++\dots++$
 $F_E = P$
 $F = F_E$
 $\times \frac{q}{q}$
 $E \cdot q = m \cdot g$
 $2 \times 10^3 \cdot q = 3,2 \times 10^{-15} \cdot 10$
 $q = \frac{3,2 \times 10^{-15}}{2 \times 10^3}$
 $q = 1,6 \times 10^{-17} \text{ C}$
 $Q = n \cdot e$
 $1,6 \times 10^{-17} = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$
 $\frac{1,6 \cdot 10^{-17}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = n$
 $n = 1 \cdot 10^2$
 $n = 100$

Fonte: O autor, 2024.

Vale destacar que essa prática de somente resolver exercícios embora não seja costumeira do professor, conforme relato feito por ele na conversa inicial, se deve ao fato de que há um programa a ser seguido e um tempo destinado a cada assunto. Por isso, a opção de fixar conteúdo a partir de exercícios reiterados, que caíam nos exames, corrobora a Teoria do Balde de Popper (1975), pois se caracteriza a partir da idealização da mente humana como um recipiente passivo, um “balde vazio”, que se preenche com as informações do mundo exterior, através dos sentidos. No entanto, essa visão simplista, defendida por pensadores como Francis Bacon e John Locke, sugere que o conhecimento se constrói através da acumulação gradual de experiências sensoriais, sem levar em conta as ideias e expectativas preexistentes do indivíduo. Logo, em contraposição a

essa ideia, a mente não é um balde vazio, mas sim um holofote ativo, direcionado por nossas ideias, teorias e expectativas prévias.

Ao invés de simplesmente receber informações passivas, o indivíduo as interpreta e as filtra de acordo com sua visão de mundo, buscando confirmar ou refutar suas crenças preexistentes. Por isso, o conhecimento precisa ser vivenciado, quebrado em partes menores e, caso o erro esteja presente, ir na direção do que preconiza Bachelard (1996): torná-lo – o erro – não uma característica negativa, mas sim, propulsora do ato de aprender.

No segundo encontro, o professor disponibilizou na plataforma *Google Classroom* uma lista de atividades para os alunos realizarem. Mas como estava marcada uma avaliação quantitativa para este encontro, ele revisou conteúdos com os estudantes, dando macetes e dicas de como resolver as questões que cairiam na prova. Isso me chamou bastante a atenção, porque os alunos pediam esclarecimentos sobre a potencial dificuldade das questões que cairiam na prova e quais eram os “truques” que eles deveriam saber para se “saírem bem” no momento da avaliação.

Destes encontros, houve um aspecto em que eu mantive para a aplicação da sequência didática: sistematizar o conteúdo no quadro para os alunos copiarem em seus cadernos de anotações, de modo que pudessem ter o material sintetizado para estudos posteriores. No entanto, não mantive o uso exclusivo do material apostilar e foquei em atividades de experimentação e no uso de estratégias de aprendizagem ativa. Adotei também a prática de não dar fórmulas prontas ou macetes para que, dessa forma, eles “entendessem” o objeto do conhecimento. Meus esforços foram, de fato, dirigidos à construção desse conhecimento.

Essa postura de optar por utilizar a apostila, mas não exclusivamente, revela a crença que tenho segundo a qual a função da escola não é a de somente preparar os estudantes para o ingresso no Ensino Superior (Chaba, 2019). Como apontado por Fagundes (2010), não é o papel principal da Escola formar seus estudantes, exclusivamente, para o mercado de trabalho.

6.2.3. As reações dos estudantes.

Os estudantes, como foi possível observar, estavam acostumados com o sistema apostilar e com a prática educativa voltada somente à “transmissão” do conhecimento, principalmente por meio de macetes e dicas para as provas de vestibulares. Além disso, os pais e estudantes viam a escola como divisora de águas para os bons e ruins, como chamou a atenção o comentário feito pela aluna E7, exposto no Quadro 13:

Quadro 13 - Transcrição do comentário da aluna E7

Professor, estou com medo de ir mal nessa última prova. Eu preciso ir bem para ir com média sete no boletim.

Fonte: O autor, 2024.

Ora, neste comentário ficou evidente que para aquela aluna a nota era o mais importante; a prova era o motivo para despertar nela insegurança e ansiedade. Gonzaga (2016) afirma: “Além disso, quando um estudante com ansiedade em provas avalia um teste como uma ameaça, ele o executa de uma forma menos otimizada, as cognições inadequadas do aluno são reforçadas e a ansiedade na prova aumenta” (Gonzaga, 2016, p. 79).

No aspecto atitudinal observado, os alunos e o professor se relacionavam de forma bem natural e amigável. Nas quintas-feiras à noite o professor e os alunos iam jogar futebol. Em alguns momentos, o assunto deixava de ser o objeto do conhecimento para ser o jogo à noite e os times que iam ser formados. Este aspecto, entretanto, não impedia os alunos de assumirem posições questionadoras ao fazer as tarefas do livro: eles, frequentemente, pediam ao professor para ajudá-los especialmente com dificuldades na execução de cálculos, o que corrobora o que foi discutido por Machado *et al.* (2020): os alunos têm dificuldade com a Matemática da Física.

Um exemplo disso pode ser notado na Figura 24, apresentada anteriormente, na qual as principais dificuldades se manifestam nas aplicações das regras operacionais com potências, o que de fato não se restringe à Física, especificamente.

Disso, surge a discussão de que não se trata de “pré-requisitos”, mas sim de uma falha na própria concepção do que é “aprender”. Logo, se construímos o que aprendemos, em um trabalho interdisciplinar, os conceitos de Física e os de Matemática se estabelecem juntos, gradualmente e de forma harmônica. Este seria um dos grandes dividendos de abandonar, ao ensinar, ideias estritamente disciplinares. Assim, como apontado por Japiassu (1994) não usaríamos mais o argumento que “os alunos erram questões de Física porque não sabem Matemática”, mas ensinamos elas juntas, e o ato de errar será consequência de outros fatores que devem ser estudados e analisados pelos órgãos responsáveis.

Assim, podemos concordar com a afirmação de Brophy (1982, p. 3 *apud* Sacristán, 2000, p. 172) ao considerar que “Ver os professores como meros executantes da política imposta desde cima é incorreto”. Logo, o envolvimento do professor deve ser direcionado para a observação, interpretação e construção de significados relacionados ao conteúdo que orienta sua prática

pedagógica. Esses processos são fundamentais para a condução eficaz de suas atividades, uma vez que o docente inevitavelmente toma várias decisões ao lidar com objetos e realidades interpretáveis dentro de ambientes complexos e dinâmicos.

6.3. OBSERVAÇÕES QUE RESULTARAM DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.

A aplicação da sequência didática se deu em duas instituições de Ensino Médio, como dito anteriormente, a primeira em Veranópolis-RS no período de 10/08/2023 a 21/09/2023, totalizando 18 encontros de 50 minutos. A organização da carga horária era de três horas-aula de Física II, sendo dois no turno da manhã depois da aula de Matemática.

Nesses encontros matutinos, a aprendizagem fluía e ocorria sem problemas de indisciplina ou desinteresse, já que os discentes faziam o que lhes era proposto e era um momento de troca de aprendizagens entre estudantes e com o professor/pesquisador.

O terceiro período de Física II era dado à tarde após a aula de Biologia. No turno da tarde os participantes estavam mais dispersos e precisava ter atividades que despertassem o interesse pelo estudo, já que tinham dois períodos anteriores teóricos de Biologia. Nesse encontro, tiveram que ser efetivados acordos ou regras mais rígidas devido à indisciplina e a dispersão dos alunos com assuntos que fugiam do tema da aula, como, por exemplo, o jogo de futebol à noite.

A turma composta por 15 discentes designados de E1 a E15 para manter em sigilo o nome dos indivíduos.

Esta turma tinha algumas peculiaridades: poderia ser dividida em três grupos: (a) os que gostavam de exatas e faziam as propostas vendo a importância das atividades para a construção do conhecimento; (b) os que viam a Física como um componente curricular importante, mas que possuíam algumas dificuldades, situadas mais na Matemática do que na Física; e, (c) os que não gostavam e não viam importância que justificasse o esforço deles para a construção do conhecimento.

Nas aulas de 21/09/2023 os alunos voltaram de uma viagem de Porto Seguro, por isso, nos períodos da manhã só foram realizadas atividades de sistematização sobre as Leis de Kirchhoff, no entanto, no período da tarde, houve a correção e o momento para tirar dúvidas sobre Sistemas de Equações e novas tarefas do conteúdo. No entanto, esta aula em especial foi atípica, já que os

alunos questionaram o não uso de o sistema apostilar que foi pago pelos seus responsáveis e as conversas sobre a viagem se sobressaiam ao que foi proposto.

Dessa aula, surgiu uma situação delicada ao educandário e ao professor/pesquisador, que tiveram pais e alunos questionando a postura da escola em não estar adotando a apostila SAS e a exigência do professor/pesquisador em solicitar atitudes de respeito mútuo. Dessa forma, houve a interrupção da aplicação do mestrado, já que a escola preza pelo material apostilar adotado e por ser uma instituição privada, os pais e responsáveis creem que devem escolher a postura dos professores face ao que acontece em aula.

O segundo momento de aplicação ocorreu no município de Monte Belo do Sul – RS, em uma turma da terceira série do Ensino Médio no dia 11/08/2023, em quatro encontros de 50 minutos. A turma era composta por 10 estudantes, nomeados de M1 a M10. Essa proposta aconteceu de forma interdisciplinar e colaborativa entre duas propostas de pesquisa, que envolviam o potencial energético, energia elétrica e a educação financeira.

Nessa aplicação, os alunos tinham um período anterior de Educação Física e os outros quatro períodos para a aplicação da proposta. No início foi feita a apresentação e conversa com os estudantes para que eles pudessem se apropriar do “espírito” da proposta, e com isso, se criasse um ambiente de aprendizado mútuo, já que estaríamos testando essa novidade (para eles), que é a de aliar dois projetos de pesquisa em prol da construção do conhecimento.

A turma foi receptiva e acolheu a proposta com grande entusiasmo, o que pode ser percebido pelo diálogo que se estabeleceu, bastante aberto, no qual puderam se expressar livremente, perguntar, responder e auxiliar no que era solicitado. Além disso, os estudantes já tinham construído com a professora/pesquisadora os conceitos iniciais da Física que eram necessários, bem como a Educação Matemática Crítica (EMC), o que tornou o trabalho enriquecedor do ponto de vista crítico e escolar.

Com o intuito de apresentar os resultados da aplicação, no Quadro 14 há a categorização das atitudes observadas a partir da aplicação da sequência didática, suas categorias (inovação, aluno em ação, currículo aplicado, criticidade, envolvimento, atitudes de comprometimento, otimismo / colaboração e obstáculos epistemológicos) e reflexão à luz da TD e dos teóricos que corroboram com a construção do conhecimento.

Quadro 14 - Categorização das atitudes observadas, a partir da aplicação da sequência didática.

Categoria	Componentes	Exemplos
Inovação	<i>Novas estratégias de aprendizagens ativas, simulações e experimentos.</i>	<i>Uso de TPS/ One Minute Paper/ Just-in-time-teaching. Experimentações e simulações no PhET Colorado.</i>
Aluno em ação	<i>Estudantes no centro dos processos de ensino e de aprendizagem.</i>	<i>O estudante manipula, faz medições, opera simuladores, interage com colegas, constrói, pergunta, responde, apresenta, ...</i>
Currículo aplicado	<i>Aplicações em atividades experimentais.</i>	<i>Com experimentos e simulações o aluno explora o fenômeno.</i>
Criticidade	<i>Espírito crítico e consciência cidadã.</i>	<i>Com atitudes de diálogo, consciência cidadã e respeito mútuo, o estudante expõe seu pensamento e opiniões.</i>
Atitudes de comprometimento	<i>Atenção, organização e disciplina.</i>	<i>Agir com ordem sem pular etapas, conhecer suas limitações e superá-las.</i>
Colaboração	<i>Otimismo, confiança em si mesmo e iniciativa, ajuda ao colega.</i>	<i>Consciência das suas capacidades e saber utilizar para a ajuda mútua e auxiliar para que todos avancem na construção do conhecimento.</i>
Obstáculos epistemológicos	<i>Erros de interpretação, metáforas mal utilizadas, experiências desenvolvidas por repetição, sem interpretação.</i>	<i>Metáforas mal utilizadas na construção do conhecimento, erros de interpretação, experimentação sem reflexão.</i>

Fonte: O autor, 2024.

6.3.1. Inovação.

Pensando em uma aprendizagem significativa, na época em que vivemos, somos convidados a repensar nossas práticas educativas voltadas aos nossos alunos, práticas essas que sejam adaptadas ao crescente aumento das TDICs, Inteligência Artificial e mercado de trabalho cada vez mais exigente.

No que diz respeito ao ensino da Física, é urgente pensar sobre a inovação, no que diz respeito ao ensino mediado por diferentes objetos do conhecimento. Como argumentado anteriormente, o modelo educacional tradicional traz consigo lacunas nos processos de ensino e de aprendizagem, o que faz com que ele não contemple todos os discentes; o exercício da cidadania acaba reduzindo-se ao de mero reprodutor de conhecimentos “cristalizados”, e mão de obra para o mercado de trabalho.

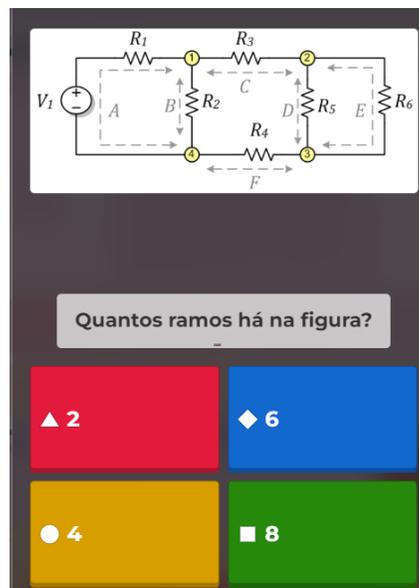
Quando se trata do ato de inovar, ele está de certa forma na cultura que popularizou o conceito de tecnologia digital (Teixeira, 2023), no entanto, pesquisas como as de Ferster (2014)

sugerem que o uso da tecnologia não deve ser considerado como uma “transposição didática engendrada por meios tecnológicos” (Ferreira *et al.*, 2023), isto é, não é válida a premissa de que o ato pedagógico por meios digitais implique, automaticamente, em inovar. Se o professor se considerar o detentor do conhecimento, e que, por meio dos recursos tecnológicos continuar a “despejar” o conteúdo que, em sua percepção, devam aprender, propiciando pouca, ou nenhuma, interação entre professor e aluno, teremos que admitir que há muito pouca “inovação” aí.

Inversamente, se a inovação no ensino se der, digamos, por meio de estratégias de aprendizagem ativas, então a denominação “prática inovadora” talvez se justifique, pelo menos em parte. Com tudo isso em mente, durante a aplicação desta proposta foram utilizadas diferentes técnicas de aprendizagem ativa: *Just-in-time-teaching*, *One Minute Paper* e *Think-Pair-Share*. Além disso foi usado a experimentação e simulação na plataforma *on-line PhET Colorado*.

Em ordem cronológica do ensino de nós, ramos e malhas, no início das discussões foi utilizado o método ativo *Just-in-time-teaching*. Na lousa foram desenhados dois circuitos elétricos (um simples e um com duas malhas), conforme a Figura 18. Na sequência, foram propostas “atividades de aquecimento”, com o uso do *kahoot*, nas quais os discentes tentavam responder diferentes perguntas, que envolviam conceitos como os de nó, ramos e malhas, conforme a Figura 25.

Figura 25 - Exercício de aquecimento



Fonte: O autor, 2024.

Dessa questão, somente 5% dos estudantes produziram boas respostas, por isso, adaptando a estratégia, fiz a correção de cada uma das questões, comentando as relações da resposta com os conceitos estudados.

Em seguida, propus o *One Minute Paper*, no qual os estudantes deveriam levantar uma pergunta do que tinham ficado em dúvida para que na próxima aula fossem retomadas e tivesse continuidade ao conteúdo iniciado. Disso surgiram algumas perguntas apresentadas na Figura 26 sobre os objetos do conhecimento:

Figura 26 - Questionamentos da One Minute Paper

<p>Levante uma questão que você não entendeu do conteúdo de nós, ramos e malhas que na próxima aula será respondida a sua dúvida.</p> <p>7 respostas</p> <p>Em um circuito simples pode ter nós, ramos e malhas?</p> <p>Se os ramos são onde têm resistores, onde tem uma bateria (de energia) também é um ramo?</p> <p>Os nós sempre serão os pontos extremos das malhas?</p> <p>Malha é sempre "os quadrados" ligados com resistores e nós?</p> <p>Qual a diferença entre o ramo e o laço?</p>
--

Fonte: O autor, 2024.

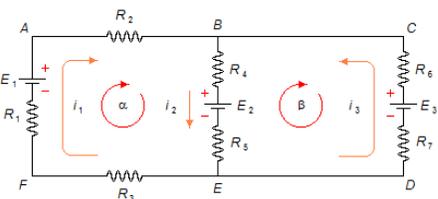
A partir desses questionamentos e dos resultados obtidos da atividade *gamificada*, como prevê o método ativo, foi reavaliada a necessidade de aprofundar a exploração dos conceitos, para isso foi proposto um material de leitura, no qual constavam as definições e exemplos de cada uma das nomenclaturas (Quadro 15).

Quadro 15 - Material de leitura sobre nós, ramos e malhas

NÓS, RAMOS E MALHAS

Quando lemos o título nós, ramos e malhas, intuitivamente nos lembramos de alguma peça de roupa de tricô (“malha”); os ramos nos remetem a uma árvore e nós ao cadarço dos tênis, não é? No entanto, na Física esses são alguns termos utilizados para utilizar na associação de resistores, geradores e capacitores. Engraçado, não?

Considere um circuito elétrico como o da figura abaixo:



O diagrama mostra um circuito elétrico com os seguintes componentes e conexões:

- Nós: A, B, C, D, E, F.
- Ramos: AB (resistor R_2), BC (resistor R_6), CD (resistor R_7), DE (resistor R_3), EF (resistor R_1), FA (resistor R_3).
- Malhas:
 - Malha α : formada pelos nós A, B, E, F.
 - Malha β : formada pelos nós B, C, D, E.
- Fontes de tensão: E_1 (entre A e F), E_2 (entre B e E), E_3 (entre C e D).
- Resistores: R_1 (entre A e F), R_2 (entre A e B), R_3 (entre B e E e entre E e F), R_4 (entre B e E), R_5 (entre E e D), R_6 (entre B e C), R_7 (entre C e D).
- Correntes: i_1 (sentido horário na malha α), i_2 (sentido horário na malha β), i_3 (sentido horário na malha β).

Nó: ponto do circuito em que dois ou mais fios de diferentes partes do circuito estejam ligados.

Ramo: é o caminho entre dois nós. A corrente elétrica num ramo é sempre a mesma.

Malha: caminho fechado, constituído por um ou mais ramos.

Questão 1 - TAREFA: *Identifique no circuito acima quais são os nós, os ramos e as malhas e escreva abaixo:*

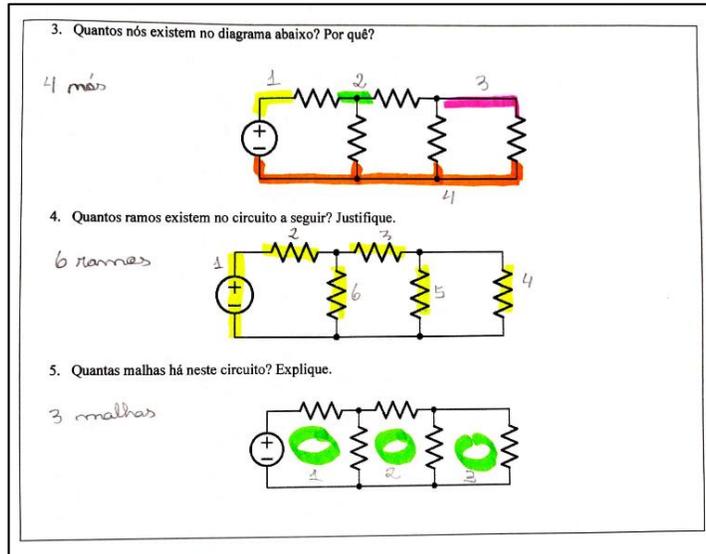
Nós:

Ramo:

Malhas:

Fonte: O autor, 2024.

Assim, após explorado o material de leitura, e com o exemplo dado sobre nós, ramos e malhas na Física e uma exploração do material de leitura, os alunos posteriormente receberam um exemplo prático com situações operacionais. Guiados por este exemplo, os estudantes embarcaram em um desafio: encontrar soluções para as questões propostas. Com foco e perspicácia, superaram o desafio com maestria, demonstrando um notável entendimento e capacidade de diferenciar cada item. A Figura 27, com suas respostas detalhadas e destaques na própria figura, serve como prova cabal da conquista alcançada.

Figura 27 - Questões de nós, ramos e malhas

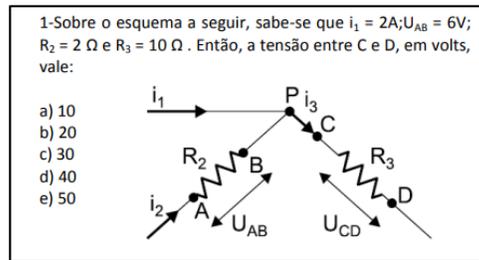
Fonte: O autor, 2024.

Seguindo na mesma linha, na introdução do estudo das Leis de Kirchhoff, a técnica *Think-Pair-Share* foi proposta na aplicação, onde os estudantes, em duplas, deveriam encontrar a solução mais adequada, a partir dos seus conhecimentos e dos conceitos transpostos, como apresentado na Figura 28.

Figura 28 - Alunos trabalhando em grupos

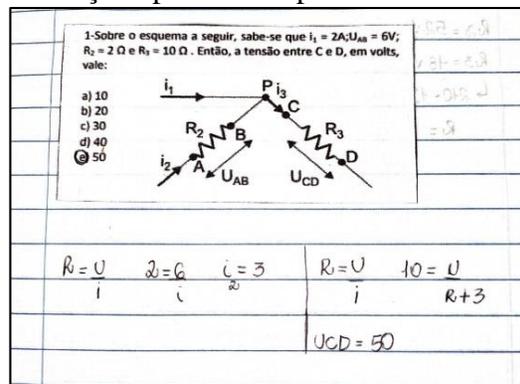
Fonte: O autor, 2024.

A atividade que os estudantes estavam resolvendo (Figura 28) dependia de conhecimentos anteriormente construídos, como a compreensão das Leis de Ohm e do conceito de corrente elétrica.

Figura 29 - Questão sobre Leis de Kirchoff

Fonte: O autor, 2024.

Após resolverem a questão como apresentado na Figura 30 das alunas E11 e E12 os alunos foram convidados a expor sua solução à turma, para que avaliassem e dessem opiniões (respeitosas) de se a solução apresentada pelo colega era o melhor “jeito” de resolver ou tinha outras estratégias que facilitariam a solução da questão.

Figura 30 - Resolução apresentada pelas alunas E11 e E12

Fonte: O autor, 2024.

Como foi destacado anteriormente, o ensino automatizado leva à concepção de que o uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação poderia automatizar e/ou facilitar os processos de ensino e de aprendizagem. Essa automatização pode envolver diferentes ferramentas, como o uso de *softwares*, plataformas *on-line*, inteligência artificial, entre outras tecnologias, com o intuito de instruir, avaliar e dar um retorno aos alunos de maneira automatizada.

Como afirma Andrade:

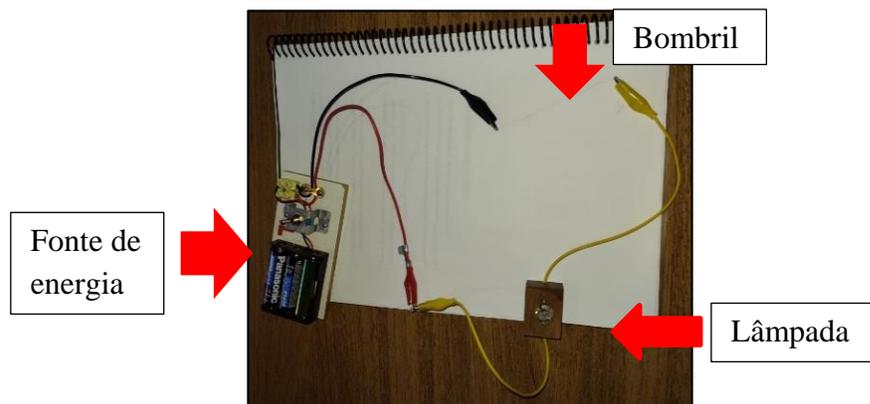
A informática deve habilitar e dar oportunidade ao aluno de adquirir novos conhecimentos, facilitar o processo ensino/aprendizagem, enfim ser um complemento de conteúdos curriculares visando o desenvolvimento intelectual do indivíduo. (Andrade, 2011, p. 8)

Dadas essas circunstâncias de que ambos os conceitos (ensino experimental e tecnológico) não são escolhas, são uma condição *sine qua non*, o trabalho adaptativo e o tecnológico se complementam para uma abordagem eficiente e duradoura na educação. Mas, cabe ressaltar, é necessário ter um equilíbrio com a sensação pedagógica, tendo em vista que em algumas práticas o tecnológico não tem o papel esperado para uma aprendizagem eficaz nos estudantes como pontua Lorenzato: “se ouço, esqueço; se vejo, lembro; se faço, compreendo” (Lorenzato, 2012, p. 5).

Por isso, as atividades repetitivas mediadas pela informática podem ser ferramentas valiosas para o aprendizado e o treinamento, mas devem ser utilizadas de forma estratégica e consciente, integradas a outras metodologias mais abrangentes que promovam o desenvolvimento de habilidades complexas e o aprendizado significativo. É fundamental evitar a repetição excessiva e sem propósito, priorizando atividades que ofereçam contexto, significado e oportunidades para a aplicação prática do conhecimento, senão acabam se configurando como um retorno a antigos hábitos educacionais, caindo na armadilha da memorização e da repetição sem sentido.

Isso fica evidenciado ao propor para os estudantes de pesquisa, anteriormente à construção do conhecimento dos resistores e Leis de Ohm à experimentação física com o material, apresentado na Figura 31.

Figura 31 - Experimento – Resistores



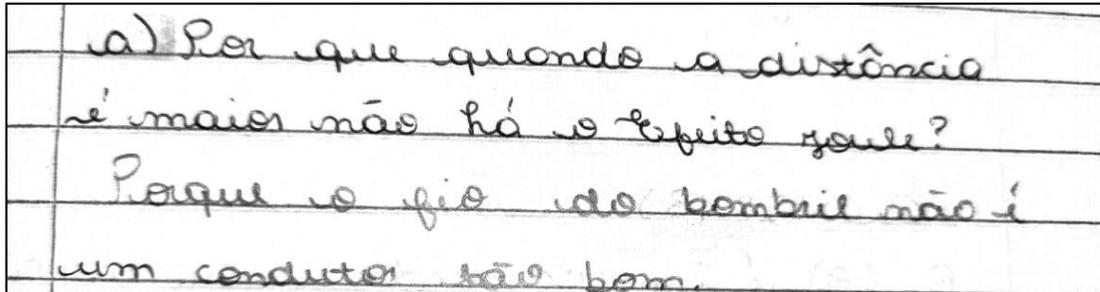
Fonte: O autor, 2024.

Esse experimento como descrito na sequência didática tinha como objetivo averiguar o que os alunos entendiam como efeito joule, e suas implicações.

Para essa tarefa, os dados coletados indicaram alguns erros, que dizem respeito à não compreensão de que o metal é um condutor de energia, e que o comprimento do condutor afeta a corrente, que se relaciona à energia elétrica, que é transformada em calor.

Analisando apenas o item um, temos que 10 dos alunos não haviam compreendido o que acontecia no fenômeno realizado e as suas conclusões indicam que, segundo eles, o fio de Bombril não seria um condutor de energia. Parece que ao apontar este “fato”, eles manifestaram um certo senso comum, no qual somente cabos de cobre poderiam ser condutores, como fica aparente na Figura 32, um recorte do diário de bordo dos estudantes E4 e E6:

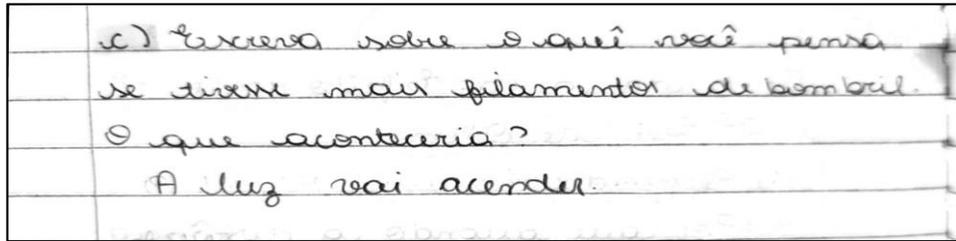
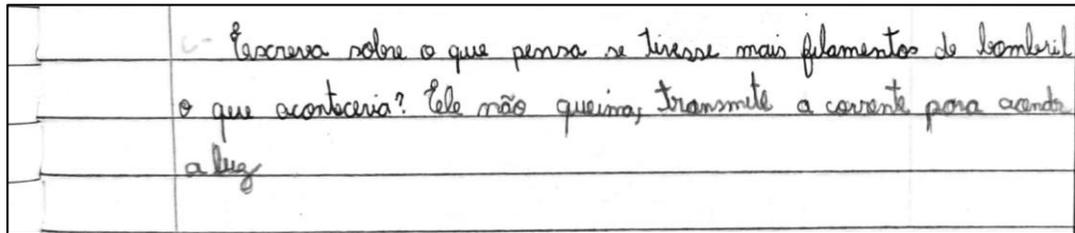
Figura 32 - Recorte da resposta dos estudantes E4 e 46



Fonte: O autor, 2024.

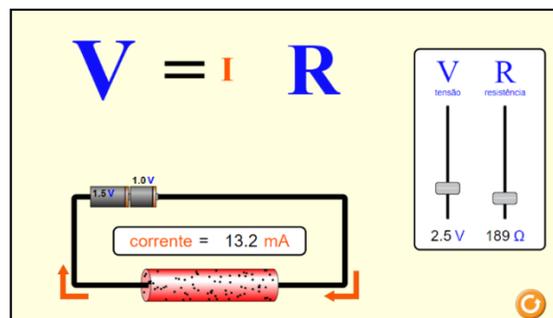
Para explorar esta dúvida dos alunos, foi solicitado que os estudantes observassem o experimento sendo realizado novamente e percebessem que o efeito joule não acontecia quando a distância era maior entre a ligação feita, mas o Bombril é um condutor de energia, já que todo metal serve como condutor (Barbosa *et al.*, 2013).

Por outro lado, após a nova realização do experimento os alunos discutiram sobre as perguntas dadas e as respostas foram transcritas no Diário de Bordo das duplas, mostrando nitidamente que a Transposição Didática aconteceu de forma espontânea, pois eles puderam compreender que quando há transferência de energia elétrica em energia térmica (pegar fogo/sair faísca) é uma manifestação explícita do que denominamos de efeito joule. Além disso, ao compreender que mais filamentos de metal implicariam na possibilidade de acendimento da lâmpada, eles também tiveram a ocasião de compreender que o efeito joule está sempre presente. O aquecimento dos fios pode não ser perceptível, mas se a lâmpada acende, há corrente. E se há corrente, há, em algum grau, aquecimento. Isso fica evidente nas Figuras 33 e 34 dos alunos E4 e E6 e E5 e E7, respectivamente:

Figura 33 - Recorte da resposta dos estudantes E4 e E6**Figura 34** - Recorte da resposta dos estudantes E5 e E7

Fonte: O autor, 2024.

Feitas as discussões sobre o efeito joule e após uma explanação introdutória a respeito de resistores, foi proposto que eles trabalhassem com o seu material apostilar. No entanto, o material era superficial, não propondo, nem atividades experimentais, nem sugestões de aplicações tecnológicas. Como alternativa, foi feita uma busca no simulador *PhET Colorado*, foi encontrado o simulador da Primeira Lei de Ohm (Figura 35). Este material poderia ser considerado um material inovador, pois permite, além de atividades guiadas, a exploração por parte dos alunos. Eles podem procurar diferentes componentes, ligá-los da forma que bem entenderem, verificar eventuais efeitos, interpretar, discutir com os colegas, refazer circuitos, criar circuitos novos ... As possibilidades são inúmeras.

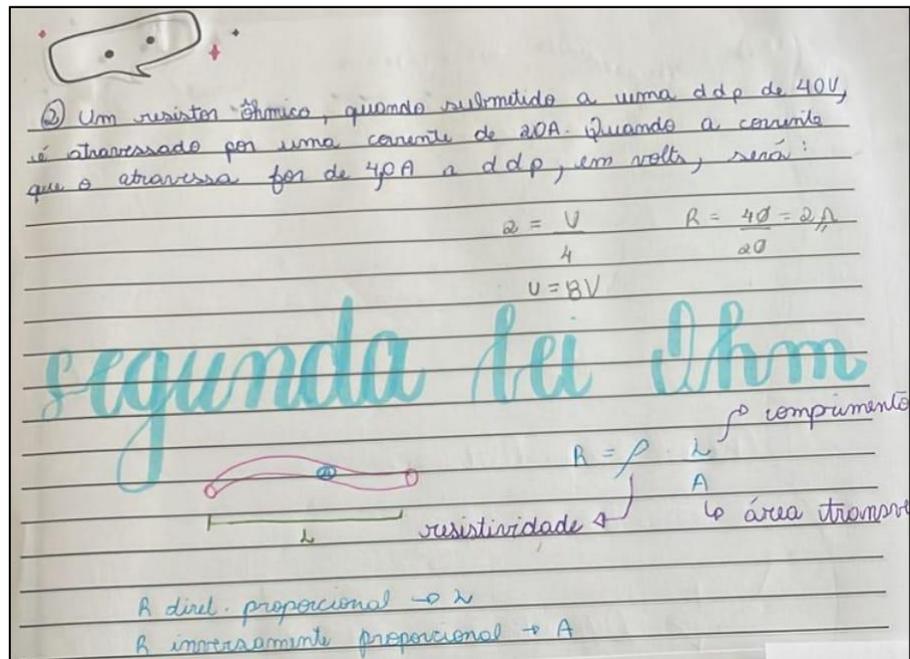
Figura 35 - Interface do simulador da Primeira Lei de Ohm – PhET Colorado

Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/ohms-law

Com isso, ficou evidenciado o que Neto (2018) já afirma que embora o mundo esteja se globalizando a escola ainda é um lugar que não se pode deixar de lado a experimentação e a sistematização do conteúdo visto pelos alunos, porque é por meio disso que eles mostram o que aprenderam e o quanto aprenderam.

Vale pontuar que embora se discuta as estratégias de aprendizagens ativas e uma delas foi o uso de um simulador, como Laboratório Virtual (Da Silva, 2020) para se construir o conhecimento científico os estudantes do local de pesquisa preferiram o ensino experimental e as discussões construídas a partir da observação do fenômeno ocorrido e da explicação “tradicional” na lousa sobre o conteúdo, conforme apresentado na Figura 36, em que há as anotações da aluna E8 sobre a Segunda Lei de Ohm, que foi sistematizado na lousa:

Figura 36 - Anotações da aluna E8



Fonte: O autor, 2024.

Com isso, há indícios relevantes de que a aula expositiva ainda deva ser utilizada não a todo momento, mas sim propiciando uma diversificação, com diferentes materiais e técnicas. Em algum momento, os estudantes precisarão sistematizar o seu conhecimento com o intuito de promover uma ruptura do seu senso comum para o conhecimento científico como pontua Bachelard (1990):

A ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico parece-nos tão nítida que estes dois tipos de conhecimento não poderiam ter a mesma filosofia. O empirismo é a filosofia que convém ao conhecimento comum. O empirismo encontra aí as suas raízes,

as suas provas, o seu desenvolvimento. Pelo contrário, o conhecimento científico é solidário do racionalismo e, quer se queira quer não, o racionalismo está ligado à ciência, o racionalismo conhece uma atividade dialética que impõe uma extensão constante dos métodos. (Bachelard, 1990, p. 260)

Por isso, Carvalho Filho (2006) ao escrever sobre a educação bachellardiana nos orienta que o papel do professor ao propor a experimentação deve ser o de promover atividades para que se desenvolva a “[...] formulação do saber e procurando desenvolver metodologias que levem os estudantes a desligarem-se dos conhecimentos que trouxeram para a sala de aula” (Carvalho Filho, 2006, p. 15).

Essa constatação de que os alunos gostam da inovação no ensino também ficou evidente no trabalho realizado na Escola Estadual de Ensino Médio Pedro Migliori de Monte Belo do Sul – RS ao trabalhar com o conteúdo de energia elétrica e consumo consciente e ao utilizar materiais manipuláveis. O conhecimento foi construído de forma gradativa, entremado de reações positivas.

O material utilizado para a aplicação encontra-se na Figura 36.

Figura 37 - Tomada para medição de potência elétrica de produtos elétricos



Fonte: O autor, 2024.

O uso desse recurso provocou percepções afirmativas nos alunos que participaram: o pesquisador presenciou comentários positivos, que indicam que a atividade experimental deve estar presente na caminhada docente, como afirma Rosa e Alves Filho:

A execução de uma atividade experimental significa **operar o planejado, testar hipóteses**, tendo claro o objetivo almejado, e, normalmente, significa, também, manusear equipamentos. A execução **pressupõe um sujeito ativo intelectualmente e engajado com a atividade**, capaz de **construir seus conhecimentos num processo de interação social**. Considerando que, habitualmente, as atividades experimentais são realizadas em grupos de trabalho, isso demanda, além das condições já especificadas: negociação de saberes e de operações com equipamentos, diálogos entre companheiros e com o professor, visualização de possibilidades e confronto de conhecimentos, seja consigo mesmo, seja com seus colegas. A promoção do pensamento metacognitiva inclui momentos de monitoração consciente e permanente das suas ações mediadas pelos conhecimentos (Rosa e Alves Filho, 2014, p. 64 – *Grifos do autor*).

Isso é mostrado no comentário de uma aluna ao declarar, de acordo com o Quadro 16:

Quadro 16 - Transcrição do relato da estudante

Que legal essas atividades de Física desse jeito! Vamos trabalhando com aparelhos do nosso dia a dia e que podemos ver o conteúdo que a Profe ensinou.

Fonte: O autor, 2024.

No entanto, embora seja visível que as aprendizagens com materiais manipuláveis tenham a possibilidade de atingir níveis elevados da Taxonomia de Bloom¹⁹, Lorenzato (2012) destaca que para ocorrer a aprendizagem “faz-se necessária também a atividade mental” (Lorenzato, 2012, p. 21). Isto é, o professor pode e deve utilizar diferentes recursos (digitais e físicos), mas o mais importante é saber como usá-los e adaptá-los para o conhecimento que está sendo conceituado; e estes saberes carecerão de uma sistematização para que possa propiciar uma aprendizagem eficaz.

O ensino digital, apesar de estarmos em um mundo globalizado e tecnológico, não é suficiente para a aprendizagem completa dos estudantes. A experimentação física, como defendem Rosa e Alves Filho (2014) e outros estudiosos da metacognição, é fundamental para a construção do conhecimento. Através da experimentação, o aluno constrói seu conhecimento de forma ativa, seguindo etapas e sistematizando o que aprende. Isso promove a internalização do saber e garante que, mesmo após deixar a escola, o aluno ainda tenha domínio sobre o conteúdo, como aponta Moreira (2011). Portanto, a atividade experimental física deve ser vista como um complemento essencial ao ensino digital, proporcionando uma aprendizagem mais significativa e duradoura para os estudantes.

Por isso, ao trocar o ensino experimental e a aula expositiva e aqui dialogada pelo recurso somente tecnológico, se deve ter um cuidado para que o cognitivo dos indivíduos não tenha o caráter skinneriana de somente reprodutores do roteiro e de suas consequências, mas que se sistematize o conhecimento manipulado e visualizado para enriquecer o trabalho educativo.

6.3.2. Aluno em ação.

Resgatando a ideia anterior de Lorenzato do aprender fazendo (2012) e de Montessori (1914 *apud* Pastells, 2009, p. 12) de que “a criança tem inteligência na mão” é que a partir da sequência

¹⁹Taxonomia de Bloom é a organização dos resultados de aprendizagem que os educadores almejam que os seus estudantes alcancem. São colocados em níveis em uma hierarquia de menor para maior complexidade. Esses níveis são sucessivos, isto é, uma etapa deve ser dominada e realmente compreendida até passar para outro nível (Elmôr-Filho, 2019 p. 164).

didática se vê a importância de o aluno manipular, fazer operações, operar simuladores, interagir com os colegas, construir, perguntar, responder. Todos são exemplos de situações que promovem e propiciam uma aprendizagem significativa.

A partir disso, no experimento do efeito joule, os estudantes tiveram a oportunidade de verificar o fenômeno da transferência de energia elétrica em calor, já que por meio da atividade experimental, o Bombril produziu faíscas e pegou fogo na segunda realização do experimento. Isso proporcionou uma maior discussão e um maior interesse por parte dos educandos, tendo em vista que eles puderam verificar este efeito não somente por um *software* e isso trouxe vários questionamentos, como feitos pelos alunos E2 e E8, apresentados no Quadro 17:

Quadro 17 – Questionamentos: Experimentação dos resistores

Professor, o que acontece com a lâmpada se eu colocar mais Bombril na ligação?

Professor, se eu fazer uma ligação somente com a lâmpada e o Bombril o que acontece?

Fonte: O autor, 2024.

Por outro lado, e embora muito curioso, as alunas E14 e E15 se detiveram a perguntar sobre os aparelhos utilizados para a montagem e o motivo da escolha do Bombril, como evidenciado no Quadro 18:

Quadro 18 - Questionamentos dos alunos

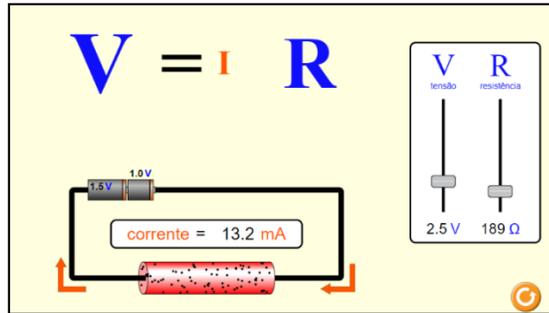
Professor, por que você utilizou esses cabos finos? Podemos construir com cabos de luz normais? E por que o Bombril pegou fogo?

Fonte: O autor, 2024.

A curiosidade e as dúvidas dos alunos foram a mola-motriz para despertar neles a sede da descoberta com três itens propostos foi possível verificar se: (i) eles compreendiam o efeito joule e se a distância da ligação do filamento e as pilhas AA interferiam no fenômeno físico; (ii) observação que o interruptor permite a passagem da corrente elétrica pelo filamento transformando-a em calor e, (iii) quanto mais filamentos fossem colocados paralelamente, ocorreria uma maior condução de energia e assim a lâmpada acenderia.

Após o experimento e as discussões dos alunos, ao realizar o estudo sobre as Leis de Ohm no sistema apostilar SAS, notou-se, como dito anteriormente, que era composto pela teoria e atividades de fixação, por meio de exercícios de vestibulares. Por isso, primeiramente, fazendo uma busca pelo simulador *PhET Colorado*, foi encontrado o simulador da Primeira Lei de Ohm, como mostrado na Figura 37:

Figura 38 - Interface do simulador da Primeira Lei de Ohm – PhET Colorado



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/ohms-law

E com esse suporte, foram propostas algumas atividades práticas que os alunos pudessem desenvolver, como mostra um recorte de atividades propostas na Figura 38:

Figura 39 - Atividade prática

5. Mude a resistência para 250 Ω . Mude os valores da tensão e preencha o restante da tabela 2. Anote os resultados da corrente na tabela 2.

Tabela 2: Dados do experimento virtual para $R=250 \Omega$.

Voltagem (V)	Resistência (Ω)	Corrente (mA)
0,1	250	
1,5	250	
3,0	250	
4,5	250	
6,0	250	
7,5	250	
9,0	250	

6. Faça o gráfico de $V \times I$ com os dados da tabela 2, em cima do gráfico que você construiu no procedimento 3.

7. Após a construção do gráfico, faça as seguintes observações.

-O tipo de gráfico:

- O coeficiente de inclinação:

Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/contributions/view/6147 (2020)

Esta atividade guiada sobre a 1ª Lei de Ohm tinha originalmente o intuito de permitir que os alunos não somente visualizassem o fenômeno, mas interagissem e manipulassem o *software* e pudessem compreender o roteiro entregue para eles, dando sentido a ações como a de esboçar e determinar o gráfico da simulação, além de produzir conclusões a respeito das relações de tensão e corrente elétrica. Além disso, o professor pesquisador propôs aos estudantes que, com base nos

conhecimentos com os quais eles já tinham tido contato, eles seriam capazes de criar uma equação que descrevesse a primeira Lei de Ohm, e desafiou-os a produzirem tal equação.

Em todos estes momentos de manipulação *on-line* os alunos eram os agentes da sua aprendizagem, já que manipulavam, construía as habilidades previstas e além disso, eram convidados a interagir com os colegas explicando o que um outro não estivesse entendendo o que a proposta solicitava. Utilizando a proposta com a plataforma digital, optei por colocar o mesmo *applet* em que os alunos estavam trabalhando na lousa, com isso, os alunos que se ajudavam mutuamente começaram a se levantar de suas classes e manusear no quadro para que os outros vissem como eles deveriam fazer, explicando-lhes e chamando a atenção dos outros colegas para que se não conseguissem colocar no valor solicitado, pusessem o mais aproximado possível, tornando-se alunos em ação e uma interação espontânea entre os envolvidos.

A Figura 39 apresenta os alunos E7 e E9 realizando a tarefa das Leis de Kirchhoff. O mais interessante é que quando o aluno E7 apresentava a sua resposta, os colegas o indagavam sobre como ele tinha realizado e ao perguntar por que só a dele estaria certa e a dos outros, para minha surpresa os alunos afirmaram que como ele foi medalhista (nível prata estadual e menção honrosa nível nacional) da Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (2023) o seu raciocínio lógico e as habilidades em Matemática e Física eram melhores do que a dos colegas. No entanto, na exposição das respostas com todos os estudantes se verificou que todos os estudantes tinham a seu modo resolvido a questão e chegaram ao valor corretamente, aplicando os conceitos e cálculos necessários, deixando-os todos motivados, já que não era somente um ou dois que acertariam, mas todos conseguiram utilizar dos conhecimentos construídos e ter êxito na atividade proposta.

Figura 40 - Alunos realizando as tarefas



Fonte: O autor, 2024.

A aula colaborativa em Monte Belo do Sul constituiu-se em outro momento enriquecedor, no qual os alunos estiveram em ação constante para construir o seu aprendizado. Adiantamos este fato anteriormente: a aula experimental proporciona que o aluno visualize, interaja, avalie e tome conclusões do que está realizando. Dessa forma, ao utilizar a tomada para medir potências de aparelhos elétricos, os alunos se dispuseram a participar (voluntariamente) de fazer as anotações no quadro, como na Figura 40, onde a aluna M7 auxilia o professor/pesquisador no experimento do potencial elétrico de diferentes materiais.

Figura 41 - Alunos em ação



Fonte: O autor, 2024.

Os outros discentes, por sinal, anotavam e expunham as suas opiniões sobre o experimento e faziam perguntas acerca dos valores obtidos, já que a potência do carregador do celular deu um valor em que não condizia com as especificações do produto e a minha postura enquanto professor/pesquisador foi a de questionar qual (is) valores da voltagem e intensidade estavam usando e a conclusão que chegamos é que a aferição da intensidade não tinha sido a correta, por isso, foi necessário uma nova medição e o cálculo resultou em uma potência aproximada à da especificação.

Dessa aplicação também surgiu uma discussão interessante sobre um aparelho de monitoramento de abelhas que os alunos construíram e apresentaram em feiras escolares. Utilizando a premissa de que todo o conhecimento é válido e importante para o conhecimento, a

minha reação foi a de questioná-los a respeito de quanta energia seria necessária para utilizar esse dispositivo em uma área rural viticultora e os custos para a instalação.

As respostas foram enriquecedoras e surgiram duas discussões importantes. A primeira foi da aluna M3, ao relatar que na feira uma professora apontou problemas no trabalho, mas não especificou quais seriam esses problemas, conforme o Quadro 19:

Quadro 19 - Relato da aluna M3

Professor, quando ela chegou no nosso trabalho, ela disse que estava completamente errado e nós tinha que fazer tudo de novo. Mas era o nosso primeiro trabalho e a profe Lili só foi nos acompanhar e levamos xingão sem saber o que tava de errado.

Fonte: O autor, 2024.

Nesse comentário obtive as seguintes conclusões baseadas na leitura freiriana (1975) que “ensinar exige bom senso”, isto é, a educadora estava avaliando adolescentes que estavam sendo apresentados ao mundo da pesquisa e da iniciação científica. Estes alunos não deveriam ser menosprezados ou avaliados em nível acadêmico. Os estudantes, a seu modo, partiram de um Saber Sábido, leram, pesquisaram e fizeram protótipos. A ação dos estudantes aqui não seria mais relevante do que o resultado final? Não se trata de colocar os estudantes a salvo de eventuais críticas, mas sim, apontar a eles os pontos positivos do trabalho, bem como os negativos, e sobretudo, oferecer-lhes novas alternativas.

A outra discussão que surgiu a partir do comentário da discente foi a respeito das posturas assumimos no papel de professores: somos aqueles que impulsionam o aprendizado e a construção do conhecimento ou aqueles para os quais existe apenas uma ciência e esta é sempre a correta?

6.3.3. Currículo aplicado.

No ano de 2016, o Conselho Nacional dos Bispos do Brasil e outras instituições religiosas, apoiados pelo Conselho Nacional das Igrejas Cristãs do Brasil, lançaram a Campanha da Fraternidade Ecumênica, tendo como tema: “Casa Comum, Nossa Responsabilidade”, esta campanha evocou o cuidado, políticas públicas e atitudes responsáveis que garantiriam uma conscientização maior sobre a integridade e o futuro da nossa “Casa Comum”, isto é, o planeta Terra.

Passado este período de oito anos, ainda discutimos a respeito dos aspectos ambientais e atitudinais que devemos ter nas nossas vidas e, diga-se de passagem, a escola é o lugar onde se

pode conscientizar e discutir com um olhar atento e de mudança nas vidas dos indivíduos e de sua comunidade. Retomando a ideia de Durkheim (2011) sendo a escola um fato social, ela faz parte da sociedade e possui um espaço de mudança de atitude e de pensamento com o intuito de garantir um futuro ambiental.

As ideias sociológicas de Durkheim (2011) e de Bourdieu (1983) inspiraram este pesquisador, juntamente com a colega professora Liliane, a buscar por atividades que despertassem nos educandos a consciência de que a energia elétrica está intrinsicamente ligada ao consumo consciente e a sustentabilidade, esta última proposta desde os idos da Conferência de Estocolmo²⁰ até as Diretrizes da Educação Ambiental, no Brasil. Mas para isso acontecer em todos os espaços escolares, como anteriormente reiterado, os professores devem romper as barreiras e se permitir trabalharem com um objetivo em comum, a aprendizagem dos seus alunos.

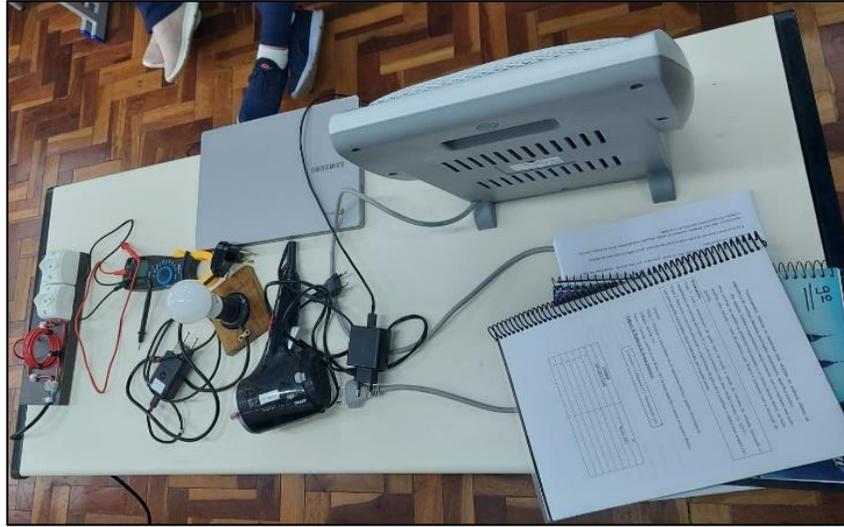
Assim, na data de 11/08/2023 em quatro horas-aula foi proposta aos estudantes uma atividade envolvendo a energia elétrica e consumo consciente, associados a alguns aparelhos do cotidiano no viés do consumo consciente. Um dos “ingredientes” desta atividade foi o desenvolvimento do espírito crítico e da Educação Matemática Crítica (EMC) [Skovsmose, 2007 *apud* Guimarães, 2021] ingrediente esse que constituía a base do trabalho da professora titular da turma. Assim, entende-se que a EMC deve

Considerar as discussões políticas, econômicas, sociais, éticas, culturais, entre outras e relacioná-las com a matemática é uma preocupação da Educação Matemática Crítica (EMC) (SKOVSMOSE,2007). Preocupação, no sentido dado por Ole Skovsmose, para que se problematize, pensando em qual matemática está sendo ensinada e o que os alunos estão aprendendo. (Guimarães, 2021, p. 3)

Assim, na primeira tarefa com a tomada de medir potências de aparelhos elétricos e eletrônicos foi solicitado que, com o auxílio de uma ajudante, aferíssemos a intensidade de uma lâmpada LED, carregador de celular, secador de cabelo, estufa de aquecer (com uma e duas varetas) e o Chromebook, além da voltagem da escola, como mostra a Figura 41.

²⁰ A Conferência de Estocolmo aconteceu nos dias 5 a 16 de junho e 1972 em Estocolmo na Suécia. Reuniu chefes de Estado de 113 países, além de diversas organizações internacionais governamentais e não governamentais, observadores e jornalistas. Pautou temas como poluição atmosférica e consumo excessivo dos recursos naturais.

Figura 42 - Aparelhos do experimento



Fonte: O autor, 2024.

Para isso foi solicitado aos alunos que registrassem o valor da intensidade e o valor da voltagem encontrada e com a regra do cálculo de potencial elétrico no Quadro 20:

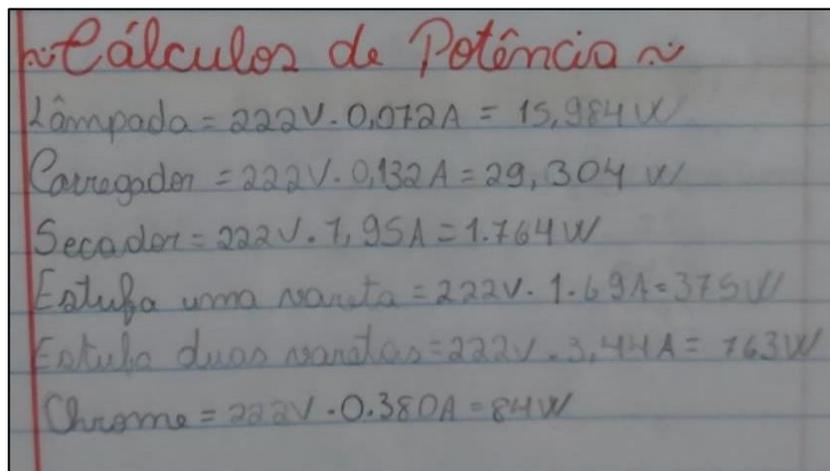
Quadro 20 - Cálculo de potencial elétrico

$$\text{Potência} = \text{voltagem (V)} \cdot \text{intensidade (A)}$$

Fonte: O autor, 2024.

Logo, os alunos deveriam calcular o potencial elétrico de cada aparelho, como mostra os valores no diário de bordo da aluna M7 (Figura 42).

Figura 43 - Registro diário de bordo da aluna M7



Fonte: O autor (2024).

Um fato que deve ser mencionado foi a percepção do aluno M8 em questionar por que a voltagem encontrada na escola de 222V e não de 220V e isso foi “a faísca” para os alunos se perguntarem se com os aparelhos medissem em suas casas e em diferentes cidades mudaria esse valor.

Aproveitando a “deixa”, lancei mais uma pergunta: “*O que é padronização?*”

As respostas dos alunos variaram, mas o comum foi de ter um valor “base”, assim, expliquei que a padronização da voltagem leva a tensões de 220V em algumas cidades na região sul e 110V em outras. Pequenas variações, como aferido na escola, não afetam essa ideia de padronização.

Para determinar o gasto de energia com os valores anteriormente aferidos, criamos uma regra intuitiva para o cálculo, representado no Quadro 21.

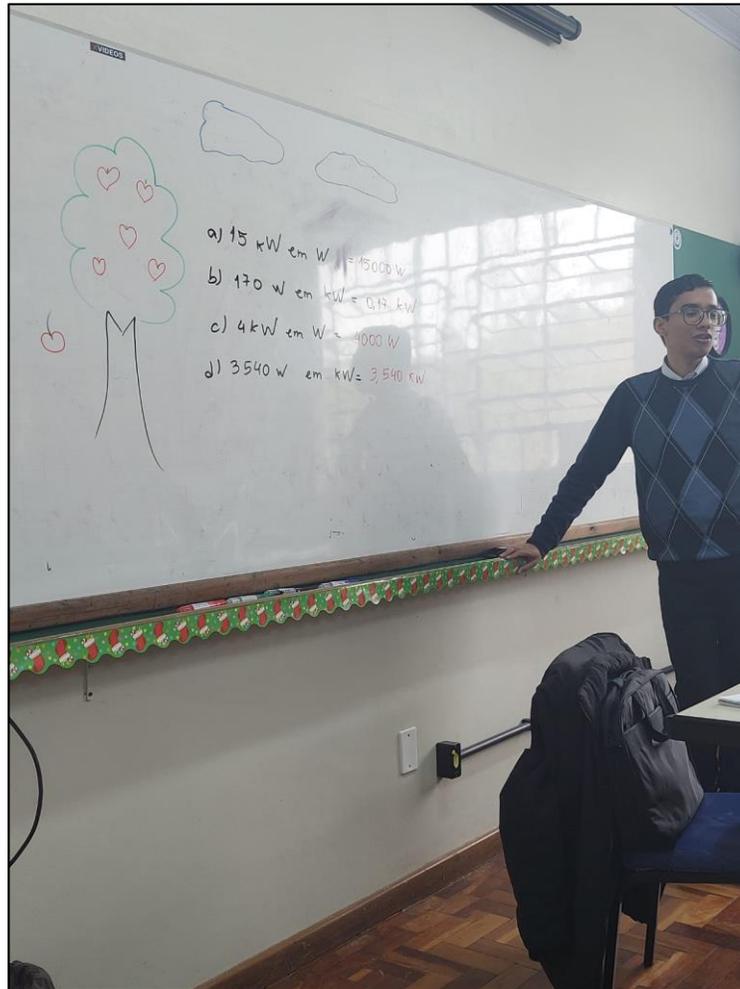
Quadro 21 - Regra intuitiva do cálculo de energia

$$\text{Potência} = \frac{\text{Energia}}{\text{tempo}} \rightarrow \text{Energia} = \text{Potência} \cdot \text{tempo}$$

Fonte: O autor, 2024.

Em seguida, apresentei alguns exemplos (impressos) de como se calcular o gasto de energia e algumas tarefas para realizarem, ajudando e tomando ciência de possíveis dúvidas que surgiriam nas questões. Foi notada uma dificuldade generalizada de calcular sem o uso da calculadora, por isso, foi permitido que os estudantes a utilizassem para subsidiar as situações-problema, como apresentado na Figura 43. Outro foco de dificuldades foram as conversões de unidade; aqui também foi liberado o uso da calculadora.

Figura 44 - Cálculos realizados no quadro



Fonte: O autor, 2024.

Terminada essa primeira etapa, foram realizadas atividades voltadas ao uso consciente e para isso, previamente, a professora pediu que os alunos tivessem consigo um boleto de energia elétrica. Para isso, foi solicitado que cada aluno com sua fatura, observasse a quantidade de quilowatts consumida, o valor a ser pago nessa conta de luz, e determinar o valor de 1kWh.

No último cálculo foi observado como os alunos resolveriam esse cálculo. Contando com ajuda mútua, os alunos chegaram à conclusão que bastaria utilizar uma regra de três simples, conteúdo este que, segundo a BNCC, é visto no 7º e 8º anos do Ensino Fundamental. Realizado o cálculo e os valores determinados, foi solicitado que arredondassem o resultado para cada situação. O interessante é que moravam no mesmo município, mas, mesmo assim, foram encontrados valores a pagar diferentes para um mesmo consumo de energia. Os alunos inspirados pelo espírito crítico começaram a se perguntar por que os resultados eram diferentes, para um mesmo consumo.

Como apontado no referencial teórico, a curiosidade é o que move a descoberta e, principalmente, no ensino de Física, o diálogo e o desejo de tentar explicar um fenômeno são as faíscas que movem o espírito de aprendizagem: Bachelard, em seu livro *La Flamme D'Une Chandelle*²¹ (1961) escreve que “[...] a chama de uma vela fazia os sábios pensarem; provocava mil devaneios no filósofo solitário. [...] ao lado dos livros que instruíam lentamente, a chama da vela chamava pensamentos sem medida” (Bachelard, 1961, p. 25-26).

Sendo assim, partindo do interesse dos alunos, iniciamos uma discussão cuidadosa acerca dos incentivos e das políticas públicas envolvidas na conta de energia e também sobre os diferentes valores. A aluna M7 trouxe para o diálogo o fato de que ela tinha placas solares em sua residência, assim o valor seria inferior ao dos colegas. Outro ponto de destaque foi o estudante M10 abordar que morava no interior da cidade, tinha criações de animais e produções agrícolas, mas o valor do kWh era menor daquele praticado na área urbana, mas que, mesmo assim, evitavam o desperdício, evidenciando uma postura de consumo consciente.

6.3.4. Criticidade.

Em um ambiente em que os princípios da TD estejam presentes, uma das recomendações de Paulo Freire de que “ensinar exige criticidade” (1996) ficam evidenciados na prática educativa. Na aplicação da sequência didática esta foi uma característica marcante de uma dicotomia de ideias e fazer pedagógico entre o professor titular e o sistema da instituição e as premissas do ambiente experimental do professor/pesquisador.

Na prática ficou evidenciado quando a aluna E11 ao ter um material extra sobre os nós, ramos e malhas e sobre as Leis de Kirchhoff falou para a turma, como apresento no Quadro 22:

Quadro 22 - Transcrição do relato da estudante

Nossos pais pagaram caro dos livros e não estamos utilizando e estamos com medo de não ver tudo até o fim do ano e a prova do ENEM.

Fonte: O autor, 2024.

O relato desta aluna expõe evidentemente a maneira que ela e a sua família veem a instituição na qual está cursando seu Ensino Médio. Por isso, devemos refletir a visão da escola concebida por Paulo Freire, já que a escola não se resume a um mero depósito de informações. Ela deve ser um espaço de transformação social, onde o conhecimento é construído de forma dialógica

²¹ A chama de uma vela – Tradução do autor

e crítica. O papel central do professor é mediar esse processo, guiando os alunos na reflexão sobre sua realidade e na busca por soluções para os problemas que os cercam.

Outros teóricos, como John Dewey e Carl Rogers, também defendem uma escola centrada no aluno, onde o aprendizado é ativo e significativo. Para Dewey (1980), a educação deve ser uma experiência prática, conectada com a vida real dos alunos. Já Rogers (1959) enfatiza a importância da criação de um ambiente acolhedor e seguro, onde os alunos se sintam motivados e livres para se expressar.

Assim, a transposição do conhecimento científico para a sala de aula deve ser feita de forma contextualizada e crítica. O professor deve adaptar os conteúdos à realidade dos alunos, utilizando linguagem acessível e exemplos concretos. É fundamental estimular o questionamento e a investigação, para que os alunos construam seu próprio conhecimento e desenvolvam habilidades de análise e pensamento crítico.

No entanto, a definição dos conhecimentos a serem transpostos na escola deve ser um processo coletivo e democrático. Professores, alunos, pais e comunidade em geral devem participar dessa discussão, levando em consideração as necessidades e os interesses de todos. É importante considerar a diversidade presente na escola e buscar um currículo que seja inclusivo e relevante para todos os alunos.

Logo, a forma como os pais veem a escola nem sempre contempla todos os elementos mencionados acima. Frequentemente, a expectativa se concentra no desempenho dos alunos em provas e exames, enquanto outros aspectos importantes, como o desenvolvimento social e emocional e a formação de cidadãos críticos, podem ser relegados a segundo plano.

É importante que os pais ampliem sua visão da escola e reconheçam seu papel como agentes transformadores. A escola deve ser um espaço de colaboração entre pais, professores e alunos, onde todos trabalhem juntos para a formação integral dos indivíduos.

É compreensível o desejo dos pais de que seus filhos obtenham bons resultados em exames seletivos, pois esses exames podem abrir portas para oportunidades de estudo e trabalho. No entanto, é fundamental que os pais compreendam que a função da escola vai além da preparação para exames.

Mas, o papel da escola é de formar indivíduos completos, preparados para os desafios da vida em sociedade. Isso inclui o desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais, pensamento crítico, criatividade e espírito de colaboração. Portanto, a escola ideal é um espaço dinâmico e

transformador, que ultrapassa de longe a mera transmissão de conhecimentos. Ela deve ser um ambiente acolhedor e seguro, onde os alunos se sintam motivados para aprender e se desenvolver como indivíduos completos.

Ao longo do ensino das Leis de Kirchhoff foi proposto, após a explicação, que os alunos desenvolvessem exercícios e quantificassem o valor das intensidades das correntes elétricas que percorriam o circuito elétrico dado. Após a resolução feita por eles em dupla, foi realizada a correção na lousa. Aqui, a argumentação da aluna E11 merecerá destaque, especialmente sob dois aspectos: O primeiro diz respeito à operação de escalonamento, cuja definição se expõe no Quadro 23:

Quadro 23 - Eliminação Gaussiana ou Escalonamento

ELIMINAÇÃO GAUSSIANA OU ESCALONAMENTO

A eliminação gaussiana, também conhecida como escalonamento, é um método para resolver sistemas lineares. Este método consiste em manipular o sistema através de determinadas operações elementares, transformando a matriz estendida do sistema em uma matriz triangular (chamada de matriz escalonada do sistema). Uma vez, triangularizado o sistema, a solução pode ser obtida via substituição regressiva. Naturalmente estas operações elementares devem preservar a solução do sistema e consistem em:

1. multiplicação de uma linha por uma constante não nula.
2. substituição de uma linha por ela mesma somada a um múltiplo de outra linha.
3. permutação de duas linhas.

Exemplo:

Resolva o sistema:

$$\begin{cases} x + y + z = 1 \\ 4x + 4y + 2z = 2 \\ 2x + y - z = 0 \end{cases}$$

pela eliminação gaussiana.

Solução. A matriz estendida do sistema é escrita como

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 4 & 4 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

No primeiro passo, subtraímos da segunda linha o quádruplo da primeira e subtraímos da terceira linha o dobro da primeira linha:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -2 & -2 \\ 0 & -1 & -3 & -2 \end{bmatrix}$$

No segundo passo, permutamos a segunda linha com a terceira:

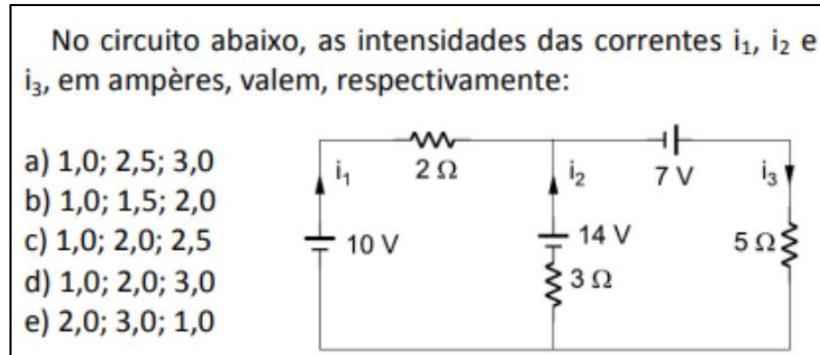
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & -3 & -2 \\ 0 & 0 & -2 & -2 \end{bmatrix}$$

Neste momento, a matriz já se encontra na forma triangular (chamada de matriz escalonada do sistema). Da terceira linha, encontramos $-2z = -2$, ou seja, $z = 1$. Substituindo na segunda equação, temos $-y - 3z = -2$, ou seja, $y = -1$ e finalmente, da primeira linha, $x + y + z = 1$, resultando em $x = 1$.

Fonte: https://www.ufrgs.br/reatmat/CalculoNumerico/livro-sci/sdsl-eliminacao_gaussiana.html

A questão que ela se propôs a fazer, é apresentada na Figura 44:

Figura 45 - Atividade analítica das Leis de Kirchhoff



Fonte: O autor, 2024.

No entanto, ao verificar o escalonamento feito por ela e a resposta da questão, se entrou em um debate do motivo das respectivas intensidades serem $i_1 = 1 A$, $i_2 = 2 A$, $i_3 = 3 A$, já que pelo escalonamento e verificando pelo aplicativo do telefone remoto *Photomath* dava outro resultado. Disso surgiu o segundo ponto de criticidade dos alunos e eu como professor/pesquisador de que como as correntes $10V$ e $14V$ saem para cima, assim as correntes elétricas somadas resultariam em i_3 , ficando com uma equação do tipo $i_1 + i_2 = i_3$. E a partir disso montamos o sistema de equações, apresentado na Equação 1:

Equação 1 - Sistema de Equações

$$\begin{cases} i_1 + i_2 = i_3 \\ 2i_1 - 3i_2 + 4 = 0 \\ 5i_3 + 3i_2 - 21 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Fonte: O autor, 2024.

Da Equação 1, a aluna verificou novamente o seu sistema resolvido pelo método de eliminação gaussiana, encontrando os respectivos valores, afirmando assim que o que ela tinha errado era os sinais e como ela aplicou o método, mesmo usando o dispositivo elétrico.

Na aplicação da Escola Estadual de Ensino Médio (EEEM) Pedro Migliorini, houveram dois momentos enriquecedores com os alunos que expõem a criticidade assumida pelos envolvidos, já que uma das premissas da professora/pesquisadora era a Educação Matemática Crítica. O primeiro aconteceu no momento das apresentações iniciais, conforme a Figura 45, onde os alunos estavam tímidos de dizerem quais eram as suas habilidades, gostos e a familiaridade com a Matemática e Física.

Os relatos variavam, mas o que imperava na turma era o acolhimento das ideias dos colegas e uns manifestavam-se a respeito da opinião dos outros em um respeito mútuo, que promoveu uma aprendizagem significativa imprescindível para a proposta que estávamos realizando em um trabalho colaborativo de dois projetos de pesquisa de mestrado.

Figura 46 - Diálogo inicial com os estudantes



Fonte: O autor, 2024.

Após realizadas as atividades propostas de energia elétrica e consumo consciente, entramos em uma conversa sobre consciência cidadã, conversa essa provocada por uma das tarefas. A aluna M5, nessa ocasião, expressiu-se como transcrito no Quadro 24:

Quadro 24 - Transcrição do relato da estudante M5

O resultado do cálculo consumido na minha casa foi menor que o dos colegas, porque nós temos placas solares em casa. A mãe e o pai colocaram com o financiamento do Sicredi.

Fonte: O autor, 2024.

Essa situação apresentada pela estudante, permitiu uma discussão com os estudantes sobre o kWh ser mais barato na área rural, independente da presença ou não de placas solares. A energia adicionada à rede por placas solares é adquirida pelo governo, e isso diminui a conta do proprietário destas placas no final do mês. Devido a isso, permitiu também que os discentes conversassem sobre as políticas públicas impostas aos cidadãos e como devem estar atentos às propagandas eleitorais e aos candidatos, já que como eu disse para eles: *vocês logo mais estarão exercendo sua cidadania*

por meio do voto e devem estar atentos a que incentivo estão fornecendo aos moradores da zona rural, já que manter o funcionamento de uma produção de alimentos, como verduras, leite ou carne é diferente de manter uma casa onde somente os indivíduos convivem.

6.3.5. Atitudes de comprometimento.

Na aplicação nas duas instituições de ensino teve a presença de atitudes de comprometimento entre os alunos e minha com os alunos, já que partindo do diálogo de Freire (1974) a TD foi utilizada para evidenciar que o Saber Ensinado é promovido também pela postura dialógica do educador e a liberdade de expressão que ele propicia aos seus alunos.

Sendo assim, nas primeiras aulas da sequência didática, ao propor o trabalho com o *PhET Colorado* houve uma interação entre pesquisador e os alunos, já que os estudantes envolvidos começaram a perguntar e a se ajudarem nas atividades simuladas propostas, posto que uns sabiam como manusear melhor o aplicativo. O conhecimento foi apropriado pelos estudantes para além de uma transposição condicionada à disponibilidade de um dado recurso computacional.

Isso permitiu que outra situação ocorresse ao fazer a atividade prática no simulador foi a de que as alunas E14 e E15 relataram, conforme o Quadro 25:

Quadro 25 - Transcrição do relato das alunas

Não sabemos o que é coeficiente angular de um gráfico. E, também, não pensamos que utilizaríamos isso no estudo de Física.

Fonte: O autor, 2024.

Ao ouvir esses comentários feitas pelas colegas, as alunas E7 e E11 falaram que o gráfico era uma função polinomial do 1º grau e o coeficiente angular é o valor de a na função afim. Mas, para determinar esse valor foi preciso que eu retomasse o conceito de função afim, em que é uma função no formato $f(x) = ax + b$, em que a e b são números reais e $a \neq 0$.

Ao verificar esses comentários, minha postura foi a de ir na lousa e revisar o que era uma função polinomial do 1º grau, seu gráfico e como determinar o valor do coeficiente angular, para que assim todos pudessem lembrar e/ou retomar este conceito aprendido na série anterior. Isso corrobora o fato de que a organização curricular em que os alunos devem aprender todos os objetos do conhecimento nos dois primeiros anos da etapa do Ensino Médio não é efetiva, já que os saberes, muitas das vezes, não são aprendidos de forma significativa, e sim reduzem-se apenas uma memorização (frequentemente, nem isso), como afirma Moreira (2011).

Na resolução das ações das Leis de Kirchhoff novamente os alunos auxiliavam os colegas na execução de cálculos, de forma colaborativa e com atitudes de comprometimento, lembrando-os de aspectos da resolução de sistemas lineares de três equações. Uma evidência disto foi o ocorrido com a aluna E11 que, ao não conseguir realizar totalmente pela eliminação gaussiana pediu a uma colega ajuda sobre como fazer isto por meio de sistemas lineares com três equações; a resposta foi categórica e simples, conforme o Quadro 26:

Quadro 26 - Transcrição da explicação da resolução de sistemas lineares

Tu tem três equações, assim tu vai pegar duas que tu consegue eliminar uma das variáveis e depois vai multiplicar por um número com o sinal contrário e vai chegar a um valor, depois só ir substituindo até ter os três valores das intensidades que pede o problema.

Fonte: O autor, 2024.

Isso evidencia que, como visto no referencial teórico, o saber sofre transformações, mas o que prevalece é manter o seu caráter, isto é, sem perder o cientificismo na simplificação. Aqui isso se mostrou com clareza, já que a teoria dos sistemas lineares pôde ser simplificada, não perdendo seu rigor matemático.

Na aplicação da proposta na EEM Pedro Migliorini também ocorreram momentos de comprometimento que devem ser pontuados, porque foram propulsores da aquisição e construção do conhecimento. Um deles fica evidenciado nos relatos das alunas M2 e M5, nos quais fica evidente a troca de experiência na execução dos cálculos que as situações-problema solicitavam, como transcrito no Quadro 27.

Quadro 27 - Transcrição relato de estudantes

M2: Como eu multiplico mesmo números decimais? Eu coloco onde a vírgula?

M5: Você tem que contar o número de casas, somar e colocar a vírgula, contando de trás para frente.

Fonte: O autor, 2024.

Como dito, uma aluna não se recordava como calcular números decimais, a colega (M5), à sua maneira, explicou e ajudou a colega a realizar as tarefas, mostrando cooperação e comprometimento. Pode-se conjecturar que, novamente, o saber sábio, já numa forma parcialmente transposta, sofreu transformações adicionais, transformações estas executadas por M5, com o intuito de ajudar sua colega. Cabe também pontuar que essa explicação, “espontânea”, feita por M5, não violou os princípios da regra de multiplicação de números decimais. Assim, podemos

afirmar que a TD não ocorre somente quando o professor explica um objeto do conhecimento para que os alunos adquiram diferentes habilidades, mas ocorre entre os alunos, de uns para outros, e eles mesmos – de forma espontânea – produzem explicações, de forma que o outro compreenda melhor.

6.3.6. Colaboração.

Pietrocola (2002) reconhece que a dificuldade da compreensão da Física ocorre, entre outras coisas, pela falta de entendimento da Matemática como estruturação do pensamento cognitivo. Uma nova faceta desse aspecto se apresentou durante o período da pandemia da COVID 19, e perdura ainda, de forma atenuada. Esta faceta refere-se o uso das TDICs com o intuito de promover a aprendizagem. São inúmeras as potencialidades do ensino aliado às tecnologias, mas a potencialidade, especificamente, que essa dissertação visa considerar, lembremos o leitor, é o trabalho colaborativo e cooperativo entre educadores, principalmente, das áreas da Física e de Matemática.

Nóvoa (2022) reflete sobre a importância de termos novos educadores nas instituições de ensino voltadas a um trabalho comum e que estão dispostos a romper barreiras das disciplinas, lado a lado com a perspectiva de criar um ensino pautado nas necessidades do século XXI; urge então proporcionar atividades para que isso ocorra em sala de aula.

Estudos como os de Lopes e Silva referem que a “(...) a escola continua a ser uma das instituições sociais que menos se caracteriza pela atividade cooperativa, sendo a competição uma das suas principais características (2009, p. 9)”. Disso decorre que os espaços educacionais devem também propiciar um olhar social e não um espaço solitário e introspectivo, no qual cada aluno trabalha e aprende isoladamente, sob a supervisão atenta do professor.

A aprendizagem cooperativa é definida por Johnson e colaboradores (1991) como “uma forma estruturada de trabalho em pequenos grupos, fundamentada na interdependência, responsabilidade, habilidades sociais e processamento grupal, na qual os alunos colaboram para alcançar um objetivo comum”, que pode ser “o domínio de um conceito, a resolução de um problema ou a realização de uma tarefa acadêmica”; dessa forma, os alunos “maximizam não só sua própria aprendizagem, mas também a dos demais” (citado em Lima, 2012, p. 42).

A distinção entre aprendizagem cooperativa e colaborativa torna-se relevante na análise quando consideramos que as características que as diferenciam aparecem de forma combinada na

ação. Ao tomar essas características como polos de um *continuum*, é possível compreender melhor a especificidade das diferentes experiências implementadas nas escolas, que ocasionalmente se aproximam mais de um ou de outro polo e oscilam entre um paradigma mais “instrutivista” e outro mais “construtivista” dos processos de ensino e de aprendizagem. Além disso, quando os projetos gerados em contexto escolar são colocados em prática, essas duas modalidades mobilizam elementos básicos comuns a esses polos: os membros são diversos e suas habilidades diferentes estabelecem uma interdependência positiva (tarefas, recursos, etc.); os desempenhos individuais e grupais são valorizados e avaliados, considerando não apenas o produto final, mas também o processo de aperfeiçoamento e melhoria; a interação estimula a ajuda mútua e a satisfação compartilhada; por fim, são exigidos processos cognitivos gerados nas ações interpessoais de ajuda mútua, pressupondo a cooperação na aprendizagem (Johnson e Johnson, 1999 *apud* Silva, 2011, p. 91).

Nesse sentido de colaboração e cooperação, essa monografia traz um recorte de uma prática realizada conjugando dois projetos de mestrado, um deles voltado às reflexões da Eletrodinâmica à luz da TD e o outro desenvolvido pela colega professora Liliane Eitelven Luvisa sobre a Educação Financeira e a conscientização ambiental, na EEEM Pedro Migliorini em Monte Belo do Sul/RS com a 3ª série do Ensino Médio. Isso se deu por conta das aulas de mestrado das discussões e escolha de temas: nelas, visualizando a proposta da educadora Liliane Eitelven Luvisa trabalhando com o tema é que surgiu a ideia de trabalhar cooperativamente, aproximando o tema de energia elétrica e consumo consciente com o da Educação Financeira, fazendo assim um trabalho a “quatro mãos”.

Foi um momento inovador para nós professores/pesquisadores, porque tivemos que pensar e refletir acerca de atividades interdisciplinares que não fugissem destes temas, já que como os estudantes de Monte Belo do Sul estavam refletindo sobre aspectos financeiros e construindo uma postura de consciência ambiental, utilizando os princípios da TD, as aulas deveriam ser trabalhadas em um contexto de interdisciplinaridade a mais natural possível.

Assim, com os alunos das duas turmas formando um grande grupo (Figura 46), se desenvolveram as aulas e atividades propostas, que serão objeto de um maior escrutínio no próximo tópico.

Figura 47 - Alunos trabalhando em conjunto (EEEM Pedro Migliorini)

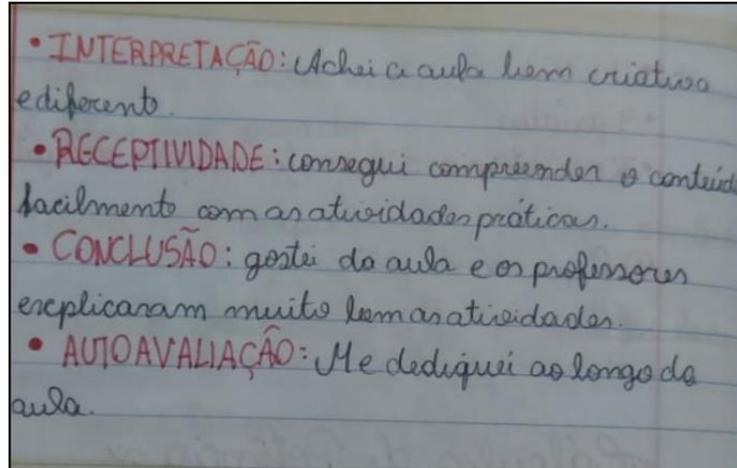


Fonte: O autor, 2024.

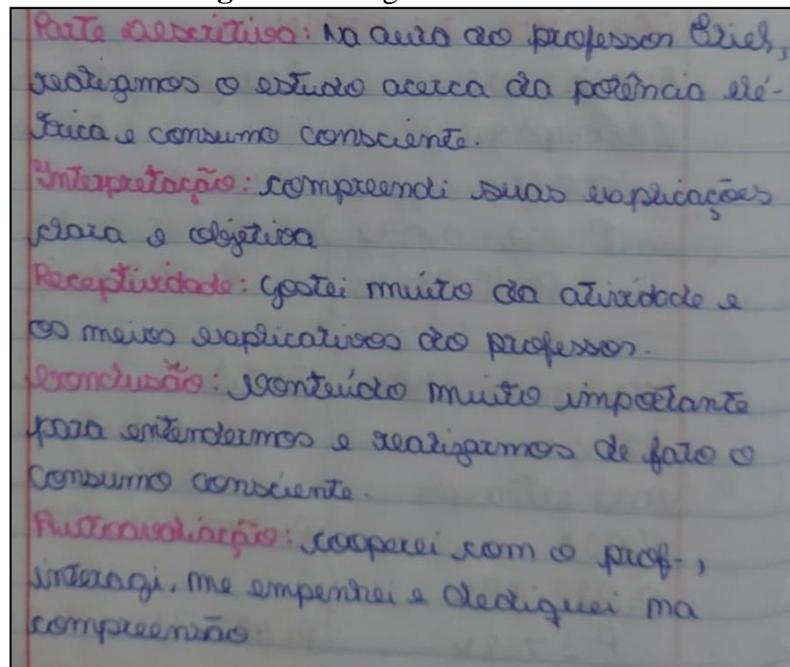
Na EEEM Pedro Migliorini assim como em Veranópolis/RS os alunos trabalhando em conjunto se mostraram mais engajados: a troca de saberes apresentou-se mais evidente nas tarefas realizadas. Todos os registros recolhidos corroboram o que foi dito anteriormente no referencial teórico; mais, fazem jus à tira de Armandinho (Figura 13): devemos trocar o EU pelo NÓS, já que, como professores, não somos “silos de saber” (Japiassu, 1994). Ou seja, não armazenamos saberes somente para nós, mas trocamos experiências, saberes e vivências para a construção de um conhecimento comum.

Os educadores devem se permitir trabalhar juntos e criar laços de conhecimento, para que assim enriqueçam cada vez mais o aprendizado dos educandos, diferente do que parece ser a regra: cada professor ministrando sua aula e não querendo trabalhar interdisciplinarmente com o seu colega. A razão? É cansativo, não ganha para isso e nem tem tempo para realizar tarefas em conjunto. A escola, na sua essência, cristaliza-se mais e mais num modelo que parece “andar para trás”, na direção dos modelos do século XIX, como bem aponta Nóvoa (2023).

A experiência de troca de saberes entre os estudantes da pesquisa manifesta-se nos registros a punho recolhidos, alguns dos quais dão conta de que a prática funciona; eles gostam, sim, de aprender com outros professores que têm a mesma sede de ensiná-los e de despertar o gosto pelo aprendizado, como registrado nas Figuras 47 e 48 das alunas M1 e M7, respectivamente.

Figura 48 - Registro da aluna M1

Fonte: O autor, 2024.

Figura 49- Registro da aluna M7

Fonte: O autor, 2024.

Quanto à professora Liliane Eitelven Luvisa, no seu depoimento acerca das aulas integradas, explicita (Quadro 28) a importância que dá ao trabalho colaborativo e cooperativo (o depoimento na íntegra se encontra no Apêndice C):

Quadro 28 - Recorte do depoimento da professora Liliane E. Luvisa

Percebeu-se durante essa aula que os alunos estavam desenvolvendo seu senso crítico e as discussões em grupo acerca da problemática em questão. Isso mostra evidências da construção da aprendizagem significativa que se constrói ao longo do decorrer da UEPS. Afinal, “É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não- literal e não arbitrária” (Moreira, 2011 p.14). Ou seja, os estudantes desenvolvem seus conhecimentos prévios e ligam aos novos conhecimentos desenvolvidos ao longo da aula de física com o Professor convidado Eliel Felizardo.

Fonte: O autor, 2024.

Trazendo a aprendizagem significativa (Moreira, 2011, p. 14), os estudantes, durante a aplicação, confrontaram seus conhecimentos prévios com conhecimentos novos, ligando-os com o intuito de fazer com que se tornassem duradouros e aplicados à sua vida e a seu cotidiano. Uma possível evidência dessa afirmação pode ser recolhida dos debates entre eles, acerca dos incentivos governamentais ligados ao consumo energético e às políticas públicas que eles deveriam – minimamente – conhecer, para se tornarem bons cidadãos e aplicarem esses conhecimentos não somente na escola, mas na vida.

6.3.7. Obstáculos epistemológicos.

Todas as pessoas, ou a maioria delas, já recitou ou ouviu alguém falar um famoso trecho do poema de Carlos Drummond de Andrade (1928 *apud* Sarmiento, 2006): *no meio do caminho tinha uma pedra, tinha uma pedra no caminho*. Ora, quantas pedras e desafios encontramos no ato de educar? Mas, o que faremos com isso: transformar o encontro com a pedra numa aprendizagem para atingirmos um maior conhecimento ou continuarmos a achar que esta pedra é um obstáculo, apenas?

Pensando nisso, podemos afirmar que a Transposição Didática, conceituada anteriormente, tem como um de seus objetivos o cuidado nas simplificações na transposição dos saberes científicos, de modo a não causar (mesmo que de forma não intencional) barreiras cognitivas e nem induzir a erros conceituais nos processos de ensino e de aprendizagem. Vale, isto sim, acrescentar que a TD tem um papel maior na educação, já que ela abre a possibilidade de representarmos o mundo que nos cerca, apropriando-nos gradualmente de uma “nova” linguagem, a da ciência.

Fazemos isso sem, necessariamente, querermos nos tornar cientistas. Embora, tenhamos compromisso com a ciência e as formas nas quais ela se apresenta, queremos, para além da exatidão, promover uma integração da ciência com o nosso mundo.

Para que isso não ocorra o professor deve manter uma postura de *vigilância epistemológica* constante na hora de planejar a sua ação didática. Esta vigilância começa com o necessário cuidado no que se refere às armadilhas pedagógicas, nomeadas por Gaston Bachelard de *obstáculos epistemológicos* (1996), que são determinados métodos e práticas pedagógicas (muitos dos quais já apontados anteriormente nesta monografia) que deveriam colocar os educadores em alerta, para que não estejam presentes na metodologia de sua aula, no seu ambiente de sala de aula e nos recursos didáticos utilizados.

É importante ressaltar que evitar – tanto quanto possível – os obstáculos epistemológicos contribui para a ruptura do senso comum na direção da aquisição do conhecimento científico, já que possibilita a identificação e superação deste (por parte dos professores e alunos). O caminho contrário, aquele que exclui uma profunda reflexão voltada à prática do próprio educador, leva a uma estagnação e a um possível (e provável) retrocesso dos saberes científicos que deveriam ser auferidos pelos estudantes.

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto a ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de **adquirir** uma cultura experimental, mas sim de **mudar** de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (Bachelard, 1996, p. 23, *grifos do autor*).

Na prática desenvolvida e após feita a análise de conteúdo (Bardin, 1977) dos materiais coletados (gravações, diários de bordo, registros orais e escritos, etc.) encontramos indícios que apontam para alguns obstáculos epistemológicos, a respeito dos quais uma reflexão *a posteriori* revelou que eram verdadeiras armadilhas no processo de ensinar Eletrodinâmica.

A prática docente se baseia – de partida – no planejamento didático, mas há inúmeros fenômenos que acontecem na sala de aula que fazem com que este material precise ser revisado e alterado. Por isso, Moretto (2009) destaca que é importante planejar, mas da mesma forma precisa-se estar atento às flexibilizações necessárias. Destaco isso, tendo em vista que durante a aplicação do protótipo do produto educacional foi necessário incrementá-lo e modificá-lo, dado ao fato de que as evidências graduais e sucessivas da presença de obstáculos epistemológicos provocou

fragilidades na proposta de ensino original, fragilidades estas que impediam que os objetos de aprendizagem fossem duradouros, como afirmaram os alunos E5 e E9 no Quadro 29:

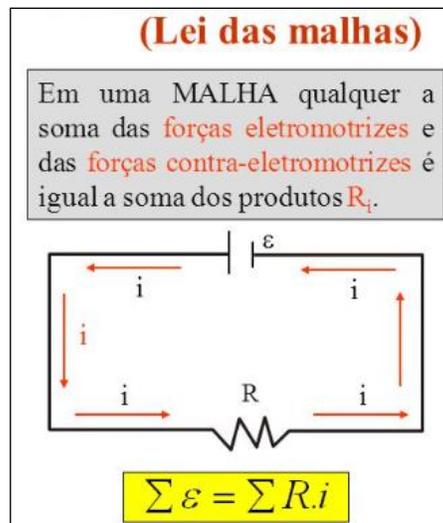
Quadro 29 - Transcrição de fala dos alunos que evidenciam fragilidades no ensino

Professor, não estou conseguindo montar as equações corretas para resolver as Leis de Kirchhoff, porque quando coloco os resistores com sinais diferentes dão um resultado errado e que não tem nas opções de respostas.

Fonte: O autor, 2024.

O primeiro obstáculo visualizado foi o que se denomina **experiência primeira**, que como vimos fica restrito à beleza da experimentação. Isso ficou evidenciado ao ensinar as Leis de Kirchhoff de modo a encontrarem de modo analítico as tensões que percorrem um determinado circuito elétrico, como mostra a Figura 49.

Figura 50 - Definição da Lei das Malhas



Fonte: Normando, 2015.

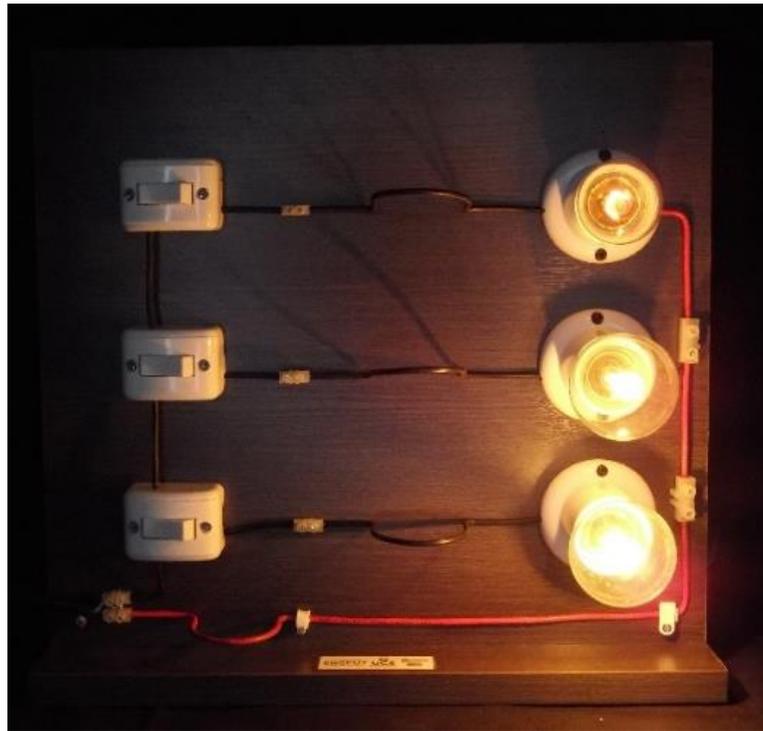
O modo analítico de solucionar envolve conhecimentos algébricos que requerem treino e repetição, mas treino e repetição não consolidam uma habilidade, não promovem a compreensão completa do que são malhas, nós, sentido convencional, entre outros. Quando apresentado o exemplo e a sua solução, a aluna E13 levantou um questionamento ao professor titular da turma se eles deveriam saber esse conteúdo para o Exame Nacional do Ensino Médio e algumas universidades de destaque no estado.

Para a minha surpresa, o educador respondeu que não tinham a obrigação de saber esses conceitos, porque somente em instituições de ensino superior de exigência maior, como o Instituto

Tecnológico de Aeronáutica (ITA) tinham esse nível de exigência, e este depoimento do professor causou uma desmotivação nos estudantes. Haveria melhor exemplo de uma “educação bancária”, na qual o “motor” para o aprendizado são exigências formais, curriculares, e não a perspectiva de iluminar, por meio do conhecimento, o ambiente em que vivemos?

No entanto, como o professor deve ter inúmeras estratégias para chamar a atenção dos estudantes e motivá-los novamente ao conhecimento científico que estava sendo construído, propus uma atividade experimental utilizando o painel dupla-face (vide Figura 50) e com a ajuda dos estudantes pedi que verificássemos se a soma algébrica das diferenças de potencial (ddp ou tensão) é igual a zero, como propõe a Lei das Malhas.

Figura 51 - Painel dupla-face



Fonte: O autor, 2024.

Esse experimento (Ver Quadro 30) propiciaria uma exploração, seguida de generalização, e concluída com uma sistematização, na qual seriam buscadas possíveis aplicações, o que não foi feito.

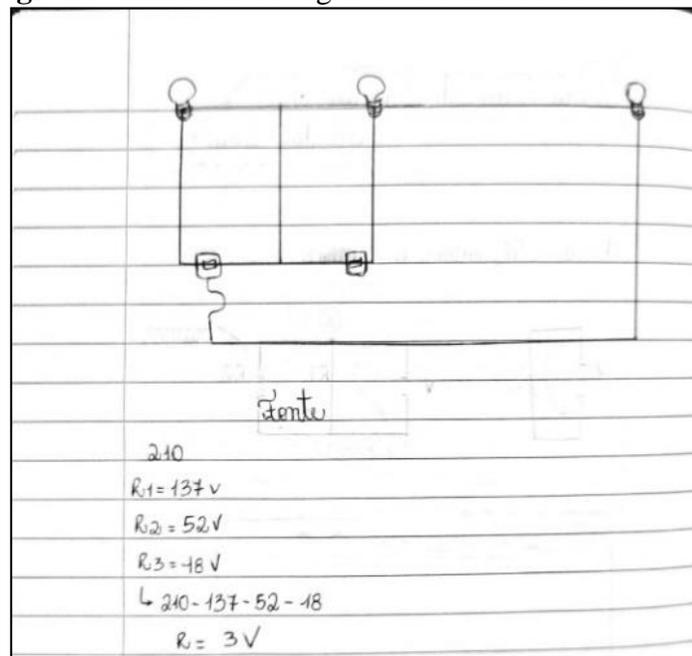
Quadro 30 - Resultado da experimentação

Fonte de energia: 210V
DDP em R_1 : 137V
DDP em R_2 : 52V
DDP em R_3 : 18V
Aplicando a Lei das Malhas:
$210 - 137 - 52 - 18 = 0$
$= 3V$

Fonte: O autor, 2024.

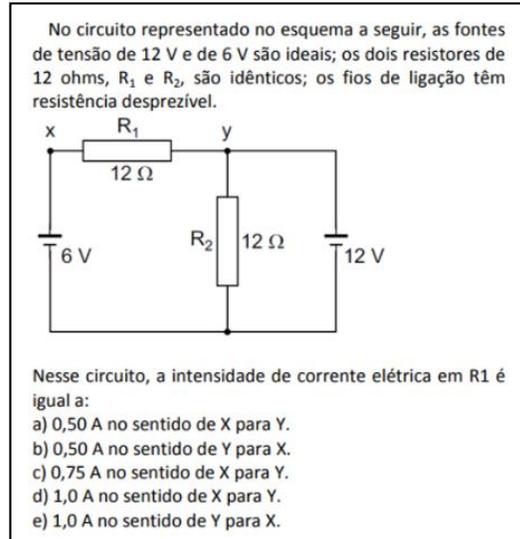
Em seguida, o que foi solicitado para os estudantes era que representassem, em desenho, o painel dupla-face e anotassem o cálculo que realizamos, conforme registro das estudantes E11 e E12 na Figura 51.

Figura 52 - Recorte de registro no diário de bordo



Fonte: O autor, 2024.

Encontrado o valor buscado, foi proposta uma lista de exercícios, conforme um recorte da Figura 52, onde há apenas o enunciado, sem nenhum tipo de contexto, o experimento só pelo experimento, não são criadas rupturas com o senso comum, não há generalização, sistematização, nem são criadas relações.

Figura 53 - Enunciado - Leis de Kirchhoff

Fonte: O autor, 2024.

Na análise *a posteriori* da aplicação feita por este autor, verificou-se que questões ou enunciados sem nenhum ou pouca experimentação, sem interação dos alunos entre eles e com o professor, não produziram resultados satisfatórios. Mudanças na forma de ensinar as Leis de Kirchhoff se fizeram necessárias, e para isso, o produto educacional foi modificado, com o intuito de integrar de forma mais efetivas as propostas de aprendizagem expressas na fundamentação teórica desta monografia. O novo formato escolhido, visando uma maior significação para os estudantes, foi o de trabalhar com as TDICs utilizando o *software PhET Colorado*, de modo que as atividades perdessem um pouco seu caráter formal. Os recursos digitais permitem que os alunos visualizem representações, por exemplo, da corrente elétrica e do movimento das cargas; estas visualizações, entre outras coisas, provocam interações dos alunos, entre eles mesmos e com o professor, e como bônus, ajudam bastante na construção das habilidades e competências esperadas. Bem entendido, essas modificações não excluem o trabalho com material concreto (placa com lâmpadas, medições, e assim por diante), pelo contrário. É possível afirmar que “o melhor dos mundos” é aquele que integra, harmonicamente, experimentação em sala de aula e simulação computacional.

Essa modificação encontra sua justificativa na concepção de Bachelard (1996) ao defender que o professor deve propor mudanças no seu trabalho pedagógico quando encontrar obstáculos epistemológicos, evitando que estes se transmutem em dificuldades de aprendizagem (“obstáculos didáticos”). Na Figura 53 há um recorte da nova proposta de como se trabalhar com as Leis de

Kirchhoff em um viés que privilegie o experimental e que não apresente obstáculos significativos que afetem diretamente a aprendizagem dos discentes.

Figura 54 - Recorte Leis de Kirchhoff

<p>Tarefa 2. Desligue a chave do circuito no simulador. Agora, escreva a equação da malha que parte de A, passa por R_1, B, passa por R_3, passa pela fonte e retorna ao ponto A. Vamos fazer passo a passo. Quando passamos por R_1, passamos no sentido da corrente i_1, e então escreveremos $- R_1 i_1$.</p> <p>Próximo passo: passamos por R_3, no sentido da corrente i_3, e então escreveremos $- R_3 i_3$.</p> <p>Último passo: a passagem pela fonte. Como estamos percorrendo a malha no sentido horário, entraremos no polo negativo da fonte e sairemos pelo polo positivo. Então, escreveremos $+ \varepsilon$.</p> <p>Juntando tudo:</p> $- R_1 i_1 - R_3 i_3 + \varepsilon = 0$ <p>Conferindo: ligue a chave do simulador e verifique, substituindo os valores, que podem ser lidos nos amperímetros do circuito. A equação acima funciona?</p>

Fonte: O autor, 2024.

Como consequência da falta de sistematização e aprofundamento do obstáculo anterior, encontramos o **obstáculo realista**, e isso aconteceu quando o experimentou se esgotou nele mesmo, sem espaço para teorizações posteriores. No entanto, a proposta desta sequência didática tinha como intuito superar esse e outros obstáculos, levando a uma teorização mais natural e efetiva. Porém, utilizando de forma incorreta a experimentação para validar a Lei das Malhas e “estacionando” somente nesta concepção, os alunos perderam o interesse pelo estudo, o que os levou à imobilidade do pensamento. Claro, isso se deve também ao fato de a escola adotar um sistema apostilar de cursos pré-vestibulares nos quais esses objetos do conhecimento não são vistos e a experimentação e a sistematização são deixadas de lado, deixando-as a cargo dos grupos de pesquisa, trilhas de aprendizagem ou clube de Ciências. Estas iniciativas são meritórias e necessárias, mas não suficientes.

A falta de interesse e a indisciplina dos alunos levaram pais e alunos à coordenação pedagógica para apontar que deveria ter havido uma flexibilidade do professor/pesquisador. A esse respeito, a charge abaixo (Figura 54) representa a mudança do olhar disciplinar com o passar do tempo: no passado as famílias exigiam dos menores o comprometimento, disciplina, exemplo. Na atualidade, (mesmo que a charge seja de 2010) os responsáveis delegam aos professores aquilo que seria – também – de sua responsabilidade: interesse, participação, respeito, disciplina, etc.

Figura 55 - Representação da educação (ITA 2010)



Fonte: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2010.

Ora, sabemos que a indisciplina escolar pode acontecer por diferentes motivos, entre os mais comuns, como destaca Ferreira (2011, p. 10), o “desrespeito à pessoa/autoridade do educador e às normas da instituição; conversa/brincadeira generalizada; falta de pontualidade [...]”, no entanto, o mesmo artigo aponta que os professores não têm uma “ferramenta milagrosa para solucionar questões disciplinares”, mas cabe à instituição de ensino um momento de conscientização, levando os estudantes a compreender que, embora o objeto do conhecimento não seja satisfatório e nem a prática educativa seja inovadora, há uma sociedade que pune e exclui os cidadãos que não se adequam às normas sociais.

Um dos outros obstáculos epistemológicos encontrados foi o **obstáculo verbal**, o momento em que o professor acredita que, para facilitar a compreensão dos educandos, usa analogias e metáforas para explicar o conteúdo a ser ensinado.

Isso se deu ao fazer uma analogia na introdução da explicação do objeto do conhecimento de nós, ramos e malhas, conforme o Quadro 31:

Quadro 31 - Trecho do Produto Educacional

Quando lemos o título nós, ramos e malhas, intuitivamente nos lembramos de alguma peça de roupa de tricô em que há essas características e os **ramos lembramos da música *Hosana Hey***.

Fonte: O autor, 2024.

Na relação apresentada grifada pelo autor há que *ramos lembramos da música Hosana Hey*, no entanto, por ser um educandário de raiz confessional e a maioria dos alunos ser da religião católica, ao explicar e o pesquisador falar, conforme o Quadro 32:

Quadro 32 - Registro oral do professor/pesquisador

Em ramos vocês não devem pensar que são os ramos da missa de Domingo de Ramos que cantamos Hosana Hey com os ramos da oliveira.

Fonte: O autor, 2024.

Com esse comentário e explicação feitos, a aluna E14 declarou, conforme o Quadro 33:

Quadro 33 - Registro do professor/pesquisador

Esse Domingo de Ramos não tenho ideia do que seja então não é para mim essa fala.

Fonte: O autor, 2024.

Ao fazer uma pesquisa de campo da aluna E14 ela era de uma família atea, logo a analogia apresentada não fazia sentido para ela, pois estava trabalhando com algo característico de uma religião. Na reflexão pós-aula, ficou evidente que o devia ter sido feito foi uma pesquisa de campo anterior à aplicação ou não utilizar termos de cunho religioso nas aulas, embora seja característico daquele espaço escolar.

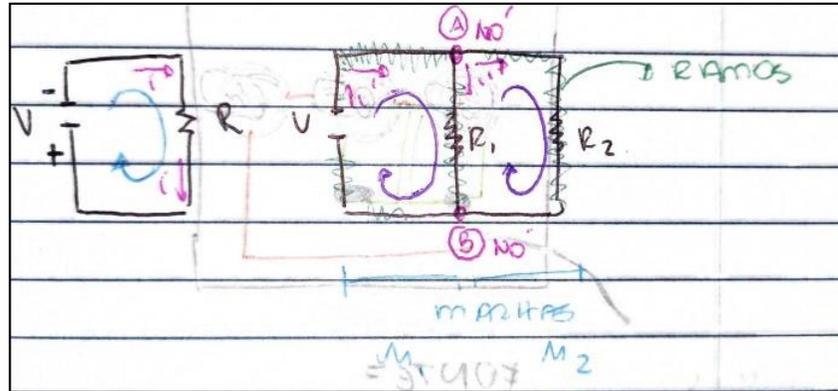
Destaca-se, também no mesmo material introdutório, a analogia de que um nó e uma malha podem parecer uma peça de roupa de tricô. No entanto, a semelhança é apenas morfológica, quer dizer, um tecido é constituído de uma grande quantidade de “linhas fechadas”, que poderiam lembrar as malhas fechadas dos circuitos elétricos. Esta analogia resultou numa dificuldade de compreensão dos alunos, por ter sido utilizada de maneira incoerente com o conteúdo que estava sendo trabalhado. Trata-se de algo comum nos livros de Química e Física, como cita o próprio Bachelard (2002), exemplificando um obstáculo verbal:

Assim como a esponja transporta água em toda a sua massa e em maior quantidade se seu volume for maior, assim também o ferro, que tem mais massa ou volume, parece atrair e retirar (abducere) uma maior quantidade de Fluido do que o Ferro de menor volume (Bachelard, 2002, p. 81 *apud* Melzer, 2009, p. 9).

No entanto, a espontaneidade de ensino dialógico permitiu que os alunos E1 e E2 iniciassem uma discussão com os outros colegas, a respeito destes termos (nós, ramos e malhas). Minha intervenção como professor se deu através de um desenho no quadro negro, a partir do qual

expliquei os termos e como eles identificam, como mostra a Figura 55, desenho representado pelos estudantes E3 e E9.

Figura 56 - Circuito elétrico com os seus termos



Fonte: O autor, 2024.

A discussão com os alunos se deu em torno da língua em que os cientistas (físicos, químicos, botânicos, entre outros) utilizam em seus manuscritos e livros. Aproveitei, numa segunda intervenção, para destacar que o latim já foi uma linguagem universal entre construtores da ciência. Hoje a língua que ocupa predominantemente esta posição, é o inglês. Minha intervenção levou a uma outra discussão, esta levantada pelos próprios alunos, a respeito do que foi o sincretismo religioso no Brasil, o qual levou, entre outras coisas, à substituição das religiões africanas pela religião católica.

No que diz respeito às operações matemáticas, pode-se considerar que o erro dos estudantes se dá, predominantemente, por conta de dois fatores. O primeiro, como já exposto, se dá a partir dos obstáculos epistemológicos que estão enraizados na cultura da prática didática, nos livros e/ou cadernos e apostilas, bem como nas explicações dos professores, por conta de uma tentativa de TD que simplifica demasiadamente o objeto do conhecimento.

O segundo ponto é devido à dificuldade dos estudantes com objetos do conhecimento da Matemática Básica. Neste sentido, Pietrocola (2002) reconhece que, de fato, a Matemática é estruturante do conhecimento físico, mas alerta que é necessário não atribuir culpa exclusiva à Matemática pela falta de compreensão dos alunos na Física, pois se a Matemática é a linguagem que permite ao indivíduo estruturar o pensamento para compreensão do mundo, o ensino de ciências deve, ele também, promover a obtenção desta habilidade.

7. PRODUTO EDUCACIONAL

Segundo a Portaria Normativa Nº- 7, de 22 de junho 2009 do Ministério da Educação dispõe sobre o mestrado profissional brasileiro, tendo em seu Art. 7º, no inciso IX: “prever a exigência de apresentação de trabalho de conclusão final do curso”, no seu parágrafo terceiro descreve:

§ 3o O trabalho de conclusão final do curso poderá ser apresentado em diferentes formatos, tais como dissertação, revisão sistemática e aprofundada da literatura, artigo, patente, registros de propriedade intelectual, projetos técnicos, publicações tecnológicas; desenvolvimento de aplicativos, de materiais didáticos e instrucionais e de produtos, processos e técnicas; produção de programas de mídia, editoria, composições, concertos, relatórios finais de pesquisa, softwares, estudos de caso, relatório técnico com regras de sigilo, manual de operação técnica, protocolo experimental ou de aplicação em serviços, proposta de intervenção em procedimentos clínicos ou de serviço pertinente, projeto de aplicação ou adequação tecnológica, protótipos para desenvolvimento ou produção de instrumentos, equipamentos e kits, projetos de inovação tecnológica, produção artística; sem prejuízo de outros formatos, de acordo com a natureza da área e a finalidade do curso[...]

Dessa forma, seguindo a instrução normativa federal, como produto educacional para a titulação de Mestre em Ciências e Matemática foi construído um guia didático na forma de ‘Cartas de Ensino’ (ver Apêndice D), com a descrição detalhada de como aplicar as etapas previstas dos vinte e dois encontros, com o intuito de não somente apresentar um guia didático, mas de promover uma aproximação com os colegas docentes e suas angústias no ato de ensinar, para que se sintam acolhidos nos seus anseios.

Este Produto Educacional sofreu alterações na sua fase final, dado ao fato de que na versão de prototipação tanto o pesquisador quanto os alunos tiveram dificuldade, principalmente, na resolução e aprendizagem das Leis de Kirchhoff. Requerer conceitos que não fazem parte do seu cotidiano e a solução analítica dos circuitos elétricos implicaria em habilidades e competências que ainda não foram trabalhadas, ou o foram sem a necessária profundidade. Dessa forma, pensou-se em uma abordagem predominantemente experimental que desenvolvesse nos alunos habilidades tais que permitissem a eles escrever circuitos de malhas e nós, e produzir resultados numéricos satisfatórios.

Da mesma forma, ao rever as discussões associadas ao ensino de nós, ramos e malhas, alterações conceituais se fizeram necessárias, já que no protótipo as explicações resultavam, com frequência, em obstáculos epistemológicos. Assim, a abordagem foi alterada, mas sem que se perdesse a essência dos processos de ensino e de aprendizagem. As atividades utilizando as

estratégias ativas de ensino foram mantidas, a partir do entendimento do professor/pesquisador de que elas produziram resultados, no mínimo, satisfatórios.

A partir do exposto, em cada ‘Carta de Ensino’ podem ser encontrados os materiais a serem utilizados, a habilidade a ser desenvolvida, os procedimentos a serem realizados e os códigos que necessitam ser acessados, seguindo-se a apresentação da montagem e proposições para a realização de algumas atividades experimentais. Após a descrição dos encontros são encontradas algumas reflexões sobre o ensino de Física, bem como referências complementares.

Esse material estará disponível na página do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, juntamente com a dissertação.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dissertação apresentada tinha como questão norteadora: Como os princípios da Transposição Didática no ensino da Eletrodinâmica podem mediar a aprendizagem dos estudantes no Ensino Médio? Essa pergunta proporcionou um conjunto de reflexões sobre a promoção da aprendizagem de Eletrodinâmica na etapa do Ensino Médio a partir da Transposição Didática com o uso de aprendizagens ativas, experimentações e simulações em *softwares* de Física em uma instituição privada e em uma instituição pública em municípios da serra gaúcha.

A partir da Técnica de Análise de Dados e a exploração dos principais pontos de atenção apontados a partir desta monografia, como já destacado no capítulo anterior, poderemos concluir algumas reflexões acerca das práxis apresentadas, bem como do papel da TD nos processos de ensino e de aprendizagem no ensino de Física, mais especificamente, em Eletrodinâmica. O que ficou evidenciado de partida é que a TD propicia, efetivamente, que o conhecimento seja adaptado ao nível cognitivo no qual o indivíduo se encontra, e a partir disso possam ser criadas condições favoráveis para que o ato de aprender se complete com êxito.

Os estudantes puderam construir, claro que em graus variados, a percepção de que os conhecimentos não são fruto de criações abstratas, cujo único fim seja o de produzir dificuldades de aprendizagem, ao contrário, esses saberes assumem um caráter significativo, dado que a TD potencializa habilidades e competências, em grande parte ocultas nos estudantes. A primeira imagem, focalizada (de forma um tanto exagerada) na artificialidade com a qual os alunos percebem o ensino de Ciências e Matemática, se dá possivelmente pelo fato de o ensino ainda estar – excessivamente – arraigado em práticas tradicionais.

Para combater esse *diktat* do tradicionalismo (entendido aqui no sentido estrito das práticas impositivas e da relação unidirecional professor – aluno), ainda presente, e mesmo predominante, em alguns casos, nas instituições de ensino, as estratégias de aprendizagem ativa se revestem, na perspectiva do autor, de um caráter de mudança nos processos de ensino e de aprendizagem, propiciando o diálogo, a discussão, a escuta e a emergência de diferentes maneiras de pensar. Assim, o ensino de ciências e de Eletrodinâmica assume, pelo menos idealmente, o papel que lhe cabe, aquele que desemboca em uma nova sala de aula, adaptada aos anseios e avanços do mundo moderno no qual vivemos. Do contrário, para que serviria a reflexão, no âmbito da sala de aula?

Urge também pensar em uma educação pautada na experimentação (tanto na sua acepção convencional, aquela associada ao uso de materiais concretos, medições, e assim por diante, quanto aquela ligada aos simuladores, predominantemente na forma digital) que, diante da prática educativa, se mostrou favorável não somente para a visualização dos fenômenos estudados, mas, muito mais que isso, permitiu aos envolvidos construir, manipular, produzir e explorar, e conseqüentemente, sistematizar, compreender e potencializar a própria aprendizagem, o que é – parece fácil construir um acordo aqui – um dos objetivos da Educação.

No entanto, não se deve deixar de evidenciar que, embora o planejamento do Produto Educacional, aqui proposto e aplicado, o fosse a partir de uma abordagem conceitual-experimental de Eletrodinâmica, utilizando estratégias de aprendizagem ativa, experimentações e simulações, foi necessária uma adaptação ao Sistema Ari de Sá. Este sistema (apostilar) lança mão de um material específico, utilizado exclusivamente pelos alunos e pela rede escolar à qual pertencia a escola na qual foi efetivada a primeira aplicação. Com isso, os processos de ensino e de aprendizagem acabaram ficando – em grande parte – à mercê de um sistema no qual os professores são meramente os executores (e por vezes, vítimas...) de um apostilamento que propaga o discurso da busca, em primeiro plano, de um ingresso das instituições superiores. O papel da escola, a partir de uma leitura estrita deste objetivo, fica em segundo plano, ao preparar preferencialmente para a seleção e aprovação no ensino superior. Este é – por óbvio – um objetivo válido. Mas não pode ser aquele que domina a ação de um estabelecimento escolar.

Nessa mesma linha, questiona-se até onde o papel dos pais e dos responsáveis deve ser o do excesso de pragmatismo (estudar para passar em exames seletivos), em detrimento da busca de um conhecimento mais cidadão, que prepare os estudantes para a vida, num sentido amplo. O fato de “pagar caro” por uma escola para seus filhos, não inclui o direito de restringir as práticas adotadas pelos educadores ao que prescreve a apostila. O que se espera, no viés específico da Transposição Didática aqui preconizado, é que se estabeleça um elo entre responsáveis, escola e alunos para se chegue a um saber aprendido que leve em consideração os aspectos atitudinais e escolares, bem como as peculiaridades de cada indivíduo.

No que concerne aos indícios de que a aprendizagem de Eletrodinâmica com o uso da TD é potencializadora do ensino, se pode concluir que este estudo mostrou que sim, desde que a postura prática e pedagógica da escola estejam alinhadas a um ensino não exclusivamente voltado às ciências, e por extensão, ao conteúdo programático estrito.

Não adianta querermos “colocar na cabeça” dos estudantes conteúdos à força, como ilustrado na metáfora do balde de Popper (1975), pois se deve haver uma criação didática, logo depois será necessária uma reflexão a respeito daquilo que está sendo ensinado, de modo que seja transformado, gradualmente, em algo significativo, e não fugaz. Talvez os indivíduos não se lembrem de especificidades de cálculos e fórmulas, mas se recordarão dos pilares da ciência sobre os quais repousou a aquisição de seus conhecimentos. Com uma pitada de utopia, os estudantes se recordarão (quem sabe?) do (a) professor (a) que propiciou que construíssem um conhecimento que, sendo científico em sua essência, é simultaneamente cidadão.

A escola, para Durkheim (2011), é um fato social, e por isso, deve assumir o papel de proporcionar atividades que levem a posturas de criticidade. Dizia Poincaré: “para obter um resultado que tenha um valor real, não é suficiente colocar as coisas em ordem” (Poincaré, 1999 [1908], p. 27). E como ir além de “apenas colocar as coisas em ordem”? Uma resposta criativa e brilhante a esta questão (difícil!) é o trabalho interdisciplinar, como organizador e aglutinador do conhecimento. Mas não qualquer conhecimento: Estamos em busca daquele conhecimento que signifique alguma coisa. Mais, que signifique para aquele que importa, na perspectiva da escola: o aluno.

Assim, por exemplo, o consumismo desenfreado dará lugar a um consumo consciente, cujos resultados, se devidamente trabalhados, explorados e criticados pelo conjunto dos alunos e do professor, serão significativos. Mas, significativos, para os alunos!

É evidente que ser professor na atualidade não é uma tarefa fácil, e com as tecnologias cada vez mais presentes (ver a inteligência artificial, por exemplo) está cada vez mais difícil de “encantar” os alunos. Qual é o caminho? É claro que essa não é a “boa” questão, e como tal, as respostas não serão, elas também, boas. Mas, enquanto procuramos a questão perfeita, podemos caminhar na direção de encantar os alunos. (Dissemos “encantar”, não “iludir”!) Podemos – esse parece ser um caminho profícuo – promover em sala de aula um espaço de aprendizagem mútua, e para tal criar um ambiente no qual o professor disponha de ferramentas que complementem e enriqueçam seu ato de educar, de tal modo que não haja um conflito e/ou dicotomia entre o discurso e o que se está vivenciando, mas sim, que se estabeleça um equilíbrio, para que se alcance, enfim, a grande meta da Educação, que é a de possibilitar a aprendizagem dos seus educandos.

Por fim, esta dissertação teve como premissa investigar o papel da Transposição Didática nos ambientes escolares. Constatou-se que os saberes devem ser adaptados à realidade e ao

contexto escolar específicos em que estão inseridos sem perder seu caráter científico. Nesse sentido, propõe-se como trabalhos futuros uma investigação mais profunda sobre se, e como, os saberes são de fato compreendidos pelos alunos. Essa investigação proporcionará uma reflexão mais profunda sobre um quarto saber, o Saber Compreendido. Ao explorar esse Saber Compreendido, espera-se romper algumas barreiras que o senso comum nos impõe, afastando-nos do horizonte no qual os discentes são cada vez mais (e isso é paradoxal!), “vasilhas” de conhecimento.

Uma próxima etapa será também a de averiguar os meios de avaliação empregados nas instituições de ensino da Educação Básica e no vestibular para acesso ao ensino superior, com o intuito de desmistificar o lugar comum segundo o qual somente avaliações quantitativas têm valor, propiciando, como resultado destas pesquisas, maneiras diversificadas de analisar o desempenho dos alunos, buscando com isso evidenciar as potencialidades de cada indivíduo.

9. REFERÊNCIAS

- ALVES, Eliene Fernandes Pereira. Tecnologia na educação: reflexão para uma prática docente
Technology in education: reflection for a teacher practice. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 4227-4238, 2022.
- ALVES, Maria Lígia Isídio. **Os saberes nas práticas pedagógicas da educação de jovens e adultos: um estudo para além do livro didático**. 2017.
- ANDRADE, Ana Paula Rocha de. **O uso das tecnologias na educação: computador e internet**. 2011.
- ASTOLFI, Jean Pierre. *et al.* Mots-clés de la didactique des sciences. Pratiques Pédagogies, De Boeck & Larcier S. A. Bruxelas, 1997.
- ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A didática das ciências**. Papyrus Editora, 2014.
- BACHELARD, Gaston. **A Chama de uma vela**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1961.
- _____. Gaston. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- _____. Gaston. **O materialismo racional**. Trad. João Gama. Lisboa: Edições 70, 1990.
- BARDIN. Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Editora Edições 70, 1977.
- BAUDRILLARD, Jean. **Pour une critique de l'économie politique du signe**. Paris: Gallimard, 1972.
- BEGO, Amadeu Moura. A implantação de sistema apostilado de ensino e o trabalho docente: os problemas e as decisões de uma rede escolar pública municipal. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 98, p. 764-782, 2017.
- BONJORNO, Regina Azenha *et al.* **Física completa**. 2ª edição. São Paulo-Editora FTD, 2001.
- BOURDIEU, Pierre, 1930- Pierre Bourdieu: **Sociologia**/ organizador [da coletânea] Renata Ortiz; [tradução de Paula Montero e Alicia Auzmendi], - São Paulo: Ática, 1983
- _____. Pierre. **Sobre o poder simbólico**. In: BOURDIEU, Pierre. O Poder Simbólico. Trad. Fernando Tomaz. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p.07-16.
- BRASIL [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]
- _____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

_____. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. **Parecer CNE/CEB n. 11/2000**. Brasília: CNE: MEC mai. 2000.

_____. Ministério da Educação. **Lei n. 9394/1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 1996.

_____. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Secretaria de Educação Básica/MEC, 1999b.

_____. **Portaria Nº-7 de 22 de junho 2009**. Ministério da Educação.

CARVALHO FILHO, José Ernane Carneiro. Educação científica na perspectiva bachelardiana: ensino enquanto formação. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 1, p. 09-22, 2006.

CERIBELI, Harrison Bachion; MERLO, Edgard Monforte; DOS REIS, José Prado Villela. Avaliação Da Satisfação De Alunos De Franquias De Ensino. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, v. 4, n. 1, p. 29-42, 2010.

CHABA, Priscila Akemi *et al.* **O conteúdo de física no livro didático para a Educação de Jovens e Adultos: uma análise da transposição didática**. 2019.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposicion Didactica: Del saber sabio al saber enseñado**. Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.

COELHO, Patricia Margarida Farias; COSTA, Marcos Rogério Martins; MATTAR NETO, João Augusto. Saber Digital e suas Urgências: reflexões sobre imigrantes e nativos digitais. **Educação & Realidade**, v. 43, p. 1077-1094, 2018.

COMÊNIO, João Amós. **Didática Magna**. 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

COMENIUS, Iohannes Amos. **OPERA DIDACTICA OMNIA**.

COMUNICAÇÃO, A. DE. **“Uma Só Terra”**: Conferência de Estocolmo completa 50 anos. Disponível em: <<https://crbio07.gov.br/noticias/uma-so-terra-conferencia-de-estocolmo-completa-50-anos/>>.

CORDEIRO, Marinês Domingues; PEDUZZI, Luiz OQ. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, p. 3602, 2013.

DA SILVA, Ivanderson Pereira; MERCADO, Luis Paulo Leopoldo. Laboratórios de ensino de física mediados por interfaces digitais. **EDUCA-Revista Multidisciplinar em Educação**, v. 7, n. 17, p. 3-22, 2020.

DAMIANI, Magda Floriana *et al.* Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de educação**, n. 45, p. 57-67, 2013.

_____. Magda Floriana. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. **Educar em revista**, p. 213-230, 2008.

DECROLY, Ovide; MONCHAMP, Eugénie. **L'initiation à l'activité intellectuelle et motrice par les jeux éducatifs**. Neuchâtel: Delachaux & Niestlé, 1914.

DE CASTRO WIZIACK, Suzete; ZANON, Angela Maria; ALBUQUERQUE VARGAS, Icleia. A formação continuada de professores em educação e sustentabilidade ambiental como política pública para a educação básica no Brasil. *Enseñanza de las ciencias*, n. Extra, p. 3487-3492, 2017.

DE JESUS, Weverton Santos. **Metodologia e Instrumentação para o Ensino de Química**. 2010.

DE MELO MOURA, Tania Maria. Formação de educadores de jovens e adultos: realidade, desafios e perspectivas atuais. **Práxis Educacional**, v. 5, n. 7, p. 45-72, 2009.

DE OLIVEIRA BARBOSA, Joaquim; DE PAULO, Sérgio Roberto; RINALDI, Carlos. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 16, n. 1, p. 105-122, 1999.

DE SOUSA, Anderson Fioresi; DA SILVA JUNIOR, Annor. Disclosure da sustentabilidade e accountability: uma análise crítica no contexto da sustentabilidade.

DEUS, Rafael Antonio Martins de. **A influência do ensino de disciplinas de eletroeletrônica no ensino médio, sobre o desempenho dos alunos em cursos de áreas tecnológicas de nível superior**. 2023.

DE VARES, Sidnei Ferreira. Os fatos e as coisas: Émile Durkheim e a controversa noção de fato social. **Ponto-e-Vírgula: Revista de Ciências Sociais**, n. 20, 2016.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1991.

DELLAGNEZZE, René. 50 ANOS DA CONFERÊNCIA DE ESTOCOLMO (1972-2022) REALIZADA PELAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE HUMANO. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, p. 12-146, 2022.

DEWEY, John. **Mi credo pedagógico**. Milão: KKIEN Publ. Int, 2013. E-book.

_____. John. **Experiência e natureza**. (Col. Os pensadores). São Paulo: Abril Cultural, 1980.

DOURADO, Luiz Fernandes; OLIVEIRA, João Ferreira de. A qualidade da educação: perspectivas e desafios. **Cadernos Cedes**, v. 29, p. 201-215, 2009.

DURKHEIM, Émile, 1858-1917. **Educação e Sociologia** / Émile Durkheim; tradução de Stephania Matousek. - Petrópolis, RJ: Vozes, 2011 - (Coleção Textos Fundantes de Educação).

_____. Émile. **As regras do método sociológico**. São Paulo: Martin Claret, 2001.

ELMÔR-FILHO, Gabriel; SAUER, Laurete Zanol; ALMEIDA, Nival Nunes; VILLAS-BOAS, Valquíria. **Uma Nova Sala de Aula é Possível: Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia**. - 1.ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2019.

FAGUNDES, Katherine Cortiana. A educação para o mercado de trabalho formando indivíduos alienados. **Revista on line de Política e Gestão Educacional**, n. 9, p. 32-44, 2010.

FERREIRA-FAPEG, Maria Elizabeth. Sirlândia Gomes de Moraes 2 Maria Elizabeth Ferreira-FAPEG 3.

FELTES, Rejane Zeferino *et al.* **Análise de erros em potenciação e radiciação: um estudo com alunos de ensino fundamental e médio**. 2007.

FERREIRA, Giselle; LEMGRUBER, Márcio Silveira; CABRERA, Thiago Leite. Da didacografia à IA: metáforas pelas quais o ensino é automatizado. **Educação Online**, v. 18, n. 43, 2023.

FERSTER, B. **Teaching machines. Learning from the intersection of education and technology**. Baltimore: Johns Hopkins University, 2014

FEYERABEND, Paul K. **Contra o método**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 2007.

FEYNMAN, Richard P. **Só pode ser brincadeira, Sr. Feynman!**. Editora Intrinseca, 2019.

FLACH, Simone de Fátima. O DEBATE EM TORNO DA QUALIDADE DA EDUCAÇÃO: INTERESSES EM DISPUTA. **Cadernos CEDES**, v. 43, p. 9-18, 2023.

FOUCAULT, Michel. **Vigiar e punir: nascimento da prisão**. Tradução de Taquel Ramalhete. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

FOUREZ, Gérard. **A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências**. Unesp, 2003.

FRAGELLI, Thaís Branquinho Oliveira; FRAGELLI, Ricardo Ramos. Método Trezentos: Uma experiência da aplicação na área da saúde. **Educação Ciência e Saúde**, v. 3, p. 1-10, 2016.

FRANCESCO, Papa. **Laudato Si': Enciclica sulla cura della casa comune**. Le vie della Cristianità, 2020.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

_____. Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.

GALVÃO, Nicolli A.; PORTUGAL, Agnaldo C. **74ª Reunião Anual da SBPC CONHECIMENTO E VIRTUDES SEGUNDO TOMÁS DE AQUINO NA SUMA TEOLÓGICA**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://reunioes.sbpcnet.org.br/74RA/inscritos/resumos/1123_17d092d7ad88b6f1fc492e727184692f6.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2024.

GUIMARÃES, Douglas Ribeiro. Educação matemática crítica: contribuições para os processos de ensino e aprendizagem de Matemática. AONDÊ: **Revista de Pesquisa em Educação em Ciências e Matemática**, v. 1, n. 1, 2021.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de física, volume 3: eletromagnetismo**/ David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker ; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.

HARTMANN, A.; ZIMMERMANN, Erica. A sustentabilidade como proposta interdisciplinar para o ensino médio. **IV Encontro de Pesquisa em Educação Ambiental–Questões epistemológicas contemporâneas: o debate modernidade e pós-modernidade**, Rio Claro, SP, 15p, 2007.

JAPIASSU, Hamilton. A questão da interdisciplinaridade. **Revista Paixão de Aprender**. Secretaria Municipal de Educação, novembro, nº 8, p. 48-55, 1994.

KNIGHT, R. D. Física. Uma Abordagem Estratégica. Volume 1: Mecânica Newtoniana. Porto Alegre: Bookman, 2009.

LATOUR, Bruno. **Ciência em Ação: Como Seguir Cientistas e Engenheiros Sociologicamente**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

_____. Bruno. **Reagregando o Social: Uma Introdução à Teoria do Ator-Rede**. São Paulo: Editora Unesp, 2012.

LESSA, Bruno de Souza. **Disposições sustentáveis: um olhar biográfico e sociológico para a educação para a sustentabilidade**. 2019.

LIBÂNIO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez Editora, 2006.

LIMA, Silene Jucelino de. **Aprendizagem cooperativa: um experimento no ensino de contabilidade**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LOPES, J., Silva, H. (2009). **A Aprendizagem Cooperativa na Sala de Aula: um guia prático para o professor**. Lisboa: Grupo Lidel

LORENZATO, Sergio. **O laboratório de ensino de Matemática na formação de professores**/Sergio Lorenzato (org.). – 3.ed. – Campinas, SP: Autores Associados, 2012 (Coleção formação de professores)

MACHADO, Claudia Gonçalves; CARVALHO, Marco Antonio Batista. Reflexões sobre o ensino de Física: da evasão à formação de professores. **Pesquisa e Debate em Educação**, v. 10, n. 2, p. 1287-1299, 2020.

MATOS FILHO et. al. A transposição didática em Chevallard: as deformações/transformações sofridas pelo conceito de função em sala de aula. In: **Congresso Nacional de Educação**. Curitiba: PUCPR, 2008.

MELZER, Ehrick Eduardo Martins *et al.* Modelos atômicos nos livros didáticos de química: obstáculos à aprendizagem. **ENPEC-ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, v. 7, 2009.

MONDO, Tiago Savi. Considerações epistemológicas sobre a construção de preferências e os hábitos de consumo. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, v. 7, n. 3, p. 1-19, 2013.

MONTESSORI, Maria. **O segredo da infância**. 2. ed. São Paulo: Editora Altamira, 1936.

MORAES, José Uibson Pereira. O Livro Didático de Física e o Ensino de Física: suas relações e origens. **Scientia Plena**, v. 7, n. 9, 2011.

MOREIRA, Carlos Otávio Fiúza. **Entre o indivíduo e a sociedade: um estudo da filosofia da educação de John Dewey**. Bragança Paulista: EDUSF, 2002.

MOREIRA, Marco. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**/Marco Antonio Moreira – São Paulo: Editora Livraria da Física 2011

MORETTO, Vasco Pedro. **Planejamento: planejando a educação para o desenvolvimento**. Petrópolis – RJ: Vozes, 2009.

NETO, José Augusto Pereira. **Uma proposta experimental e lúdica para o ensino de conceitos de eletrodinâmica em circuitos elétricos**. 2018. Tese de Doutorado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande.

NEVES, José Luis. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de pesquisas em administração, São Paulo**, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

NÓVOA, António. **Escolas e Professores: Proteger, Transformar, Valorizar**/ António Nóvoa, colaboração Yara Almin. – Salvador: SEC/IAJ, 2022.

OLIVEIRA, Romualdo Portela de; DE ARAUJO, Gilda Cardoso. **Qualidade do ensino: Uma nova dimensão da luta pelo direito à educação**. Red Revista Brasileira de Educação, 2005.
PAIS, Luiz Carlos. Didática da Matemática: Uma análise da influência francesa - Luis Carlos Pais. -4 ed. -Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2019.

PANIAGO, Maria Lourdes Faria. Vigiar e punir na escola: a microfísica do poder. **Itinerarius Reflectionis**, v. 1, n. 1, 2005.

PASTELLS, Àngel Alsina i. **Desenvolvimento de competências matemáticas com recursos lúdico-manipulativos: para crianças de 6 a 12 anos: metodologia.** Curitiba: Base Editorial, 2009.

PEREIRA, Antônio Cícero de Andrade; DA SILVA SANTOS, Vivian; DE SOUSA, Wanderson Silva. O ENSINO DE FÍSICA POR PROFESSORES NÃO LICENCIADOS EM FÍSICA: DESAFIOS E OBSTÁCULOS METODOLÓGICOS.

PERRENOUD, Philippe. La transposition didactique à partir de pratiques: des savoirs aux compétences. **Revue des sciences de l'éducation**, Vol. XXIV, n° 3, 1998, p. 487-514.

PESSINI, Leo; SGANZERLA, Anor. Evolução histórica e política das principais conferências mundiais da onu sobre o clima e meio ambiente. **Revista Iberoamericana de Bioética**, n. 1, p. 1-14, 2016.

PIERONI, Rodrigo Figueiredo. **A expansão do ensino franqueado: um estudo de caso.** 1998. Tese de Doutorado. [sn].

PIETROCOLA, Maurício. (2001). **O ensino de física: uma visão crítica e propositiva.** São Paulo: Editora Cortez.

_____. Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

POINCARÉ, Henri. Science et méthode. Paris: Kimé, 1999 [1908].

POMBO, Olga *et al.* Interdisciplinaridade e integração dos saberes. **Liinc em revista**, v. 1, n. 1, 2005.

POPPER, Karl. (1975). **Conhecimento objetivo: uma abordagem evolucionária.** Belo Horizonte; São Paulo: Itatiaia; Edusp

RATZINGER, Joseph. **Via-Sacra no Coliseu: meditações e orações de Joseph Ratzinger**, hoje Bento XVI. 2007.

Revisão Rápida de Física Professor: Célio Normando. - ppt carregar. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/3683673/#google_vignette>. Acesso em: 15 abr. 2024.

ROGERS, Carl Ranson. (1959). **Significant learning: in therapy and in education.** **Educational leadership**, 16, 232- 242.

ROSA, Cleci Werner da; ALVES FILHO, José de Pinho. Estudo da viabilidade de uma proposta didática metacognitiva para as atividades experimentais em física. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 20, p. 61-81, 2014.

SABINO, Marilei Amadeu; ROQUE, ASSA; SS, A. A teoria das inteligências múltiplas e sua contribuição para o ensino de língua italiana no contexto de uma escola pública. **Revista Eletrônica dos Núcleos de Ensino da UNESP**, São Paulo, p. 410-429, 2006.

SACRISTÁN, José Gimeno. **O currículo: uma reflexão sobre a prática**/J. Gimeno Sacristán; trad. Ernani F.da Rosa – 3. ed. – Porto Alegre: ArtMed, 2000.

SANTANA, Eudemario Souza de; DE JESUS SILVA JR, Irênio. **Circuitos Elétricos e Eletrotécnica: Fundamentos e Aplicações**. Eudemario Souza de Santana, 2021.

SANTANA, Terezinha; NOFFS, Neide. **Formação Continuada de Professores: Práticas de Ensino e Transposição Didática**. – 1. ed. – Curitiba: Appris, 2016.

SANTOS, Antônio José dos *et al.* Práticas de sustentabilidade a partir de uma visão Bourdusiana. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e438101523270-e438101523270, 2021.

SANTOS, Cintia Aparecida Bento dos; CURI, Edda. A formação dos professores que ensinam física no ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 04, p. 837-849, 2012.

SARAIVA, Mateus; CHAGAS, Ângela; LUCE, Maria Beatriz. Não está calado quem peleia: debate sobre o ensino médio no Rio Grande do Sul. **Retratos da Escola**, v. 16, n. 35, p. 419-442, 2022.

SARMENTO, Ângela. No meio do caminho tinha uma pedra: Carlos Drummond de Andrade tropeça em Charlot. **Cadernos de Literatura Comparada, 14/15-Tomo 2, Dezembro de 2006**, 2006.

SILVA, Edimar Aparecido da; LEITE, Yoshie Ussami Ferrari. SISTEMAS APOSTILADOS DE ENSINO E A PARTICIPAÇÃO DO PROFESSORADO NO PROCESSO DE ADESÃO. **Olhar de Professor**, v. 20, n. 1, p. 134-147, 2017.

SILVA, R. B. **As maiores obras da história da ciência**. Disponível em: <https://universoracionalista.org/as-maiores-obras-da-historia-da-ciencia/#google_vignette>. Acesso em: 15 abr. 2024.

SILVA, Sofia Malheiro da. **Itinerários de@ aprendizagem colaborativa-cooperativa em contexto online**. 2011.

SINGER, Paul. Poder, política e educação. **Revista Brasileira de Educação**, v. 1, n. 1, p. 5-15, 1996.

TORRES, Patrícia Lupion; ALCANTARA, Paulo; IRALA, Esrom Adriano Freitas. Grupos de consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem. **Revista diálogo educacional**, v. 4, n. 13, p. 129-145, 2004.

TRINDADE, Daniela Jéssica; NAGASHIMA, Lucila Akiko; DE ANDRADE, Cíntia Cristiane. Obstáculos epistemológicos sob a perspectiva de Bachelard. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 17829-17843, 2019.

VÁLIO, Adriana Benetti Marques. **Ser protagonista: física, 3º ano**: ensino médio/ Adriana Benetti Marques Válio [*et al.*; organizadora Edições SM; obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM; editora responsável Ana Paula Souza Nani. - 3. ed. - São Paulo: Edições SM, 2016. ~ (Coleção ser protagonista)

VAZATA, Pedro Antônio Viana. **Uma unidade didática sobre eletrodinâmica à luz da perspectiva de ensino Freiriana**. 2019.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Récherches em Didactique des Mathématiques**, 10 (23), 1990.

10. APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário em uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é a do pesquisador responsável.

Desde logo fico garantido o sigilo das informações. Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Título do projeto: Metamorfose de conteúdos “sábios” de eletrodinâmica em saberes ensinados no ensino médio.

Pergunta investigativa: Como os princípios da Transposição Didática no ensino da Eletrodinâmica podem mediar a aprendizagem dos estudantes no Ensino Médio?

Pesquisa vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, em nível de Mestrado Profissional, acerca do tema Metamorfose de conteúdos “sábios” de eletrodinâmica em saberes ensinados no ensino médio, a qual será desenvolvida sob a responsabilidade do pesquisador Eliel Felizardo, sob a orientação do Prof. Dr. Francisco Catelli, no (local) Colégio Regina Coeli, situado no município de Veranópolis - RS.

Os sujeitos são convidados a participar da pesquisa como voluntário, tendo a liberdade para recusar-se ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalidade alguma e sem prejuízo ao seu cuidado. Não há nenhum ganho, ressarcimento, indenização financeira, risco, prejuízo ou desconforto que possam ser provocados aos sujeitos da pesquisa. Oferecemos a garantia de esclarecimentos, antes e durante o curso da pesquisa e, sobretudo garantimos o sigilo que assegura a privacidade dos sujeitos quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa.

A coleta de dados será realizada a partir das atividades propostas, relatórios de experimentos, técnicas de entrevistas individuais e grupos, avaliações, diários de bordo, entre outros.

O resultado do trabalho poderá contribuir para auxiliar futuros professores de Física no ensino de Eletrodinâmica.

Para esclarecimentos com relação às dúvidas éticas do projeto, você poderá entrar em contato com o pesquisador por e-mail: eliel.felizardo@gmail.com ou por telefone (54) 99209-6035.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DOS ALUNOS

Eu, _____ RG _____, responsável por _____ abaixo assinado, concordo em que _____ participe do estudo sobre o tema Metamorfose de conteúdos “sábios” de eletrodinâmica em saberes ensinados no ensino médio.

Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador Eliel Felizardo sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido o sigilo das informações e que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data: _____ / _____ / _____

Assinatura do responsável: _____

RG: _____

CPF: _____

Pesquisador Eliel Felizardo

11. APÊNDICE B - TERMO DE ANUÊNCIA

TERMO DE ANUÊNCIA

O Colégio Regina Coeli, situado na cidade de Veranópolis/RS, autoriza o professor/pesquisador Eliel Felizardo, orientado pelo Dr. Francisco Catelli, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática: Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade de Caxias do Sul, a desenvolver a pesquisa que é parte da dissertação de mestrado **Metamorfose de conteúdos de Eletrodinâmica em saberes ensinados no Ensino Médio**. A prática didática terá como participantes os estudantes da 2ª série do Ensino Médio e será realizada nas dependências do educandário, tomando ciência de que as informações e os dados produzidos serão utilizados, unicamente, para fins de pesquisa, sem quaisquer riscos ou danos aos docentes e discentes participantes ou à Instituição.

Veranópolis, 10 de agosto de 2023.

Assinatura do pesquisador

Assinatura e carimbo da instituição

12. APÊNDICE C – DEPOIMENTO NA ÍNTEGRA DA PROFESSORA/PESQUISADORA LILIANE E. LUVISA

Durante a aula os alunos relacionaram o conceito de Potência elétrica em aparelhos elétricos caseiros com o tema transversal Educação Financeira e consumo consciente. Primeiramente foi usado da experimentação com a tomada para a medição de potência de aparelhos do cotidiano, após os alunos se reuniram para resolver atividades de transformações de medidas e atividades sobre o gasto e consumo consciente envolvendo o estudo da conta de luz que está associada à energia (kWh).

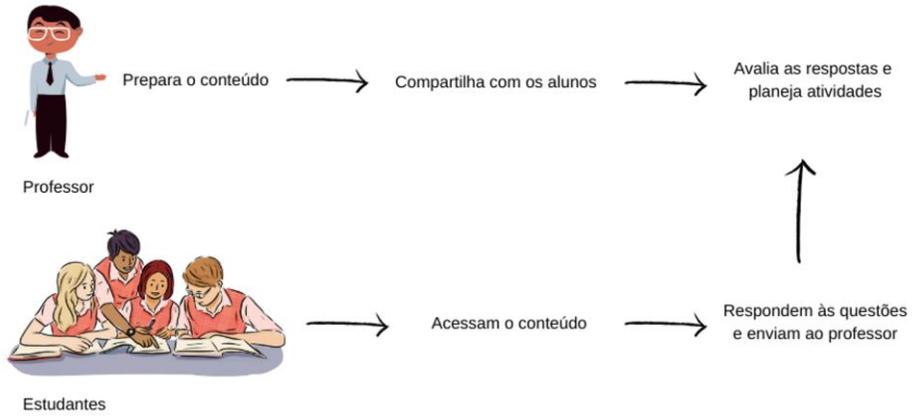
E finalmente, para concretizar as problematizações até aqui, foram realizadas atividades relacionadas com a conta de luz dos estudantes e o consumo consciente. Os alunos acharam muito interessante a experiência sobre efeito joule, para compreender o que é a transferência de energia elétrica em energia térmica (calor), pois percebeu-se grande participação e interesse durante as atividades.

Se mostraram curiosos e interessados durante a exploração do cálculo de potência com a tomada e os aparelhos (carregador, estufa, secador de cabelo...). Ficaram impressionados durante a exploração do gasto consciente e o valor a ser pago por 1kwh e compararam entre si o valor encontrado. Na resolução de exercícios uma das alunas trouxe para a discussão o fato de ter em sua casa as placas solares e os impactos que isso gerava em sua conta de energia elétrica, o que diminuía drasticamente o valor a ser pago em sua fatura de energia elétrica. Durante a resolução das atividades os alunos trouxeram à tona o incentivo das políticas públicas e econômicas que podem interferir no valor da nossa conta de energia elétrica mesmo sendo ela urbana ou rural, bem como as políticas de incentivo e benefício à agricultura e aos pequenos produtores.

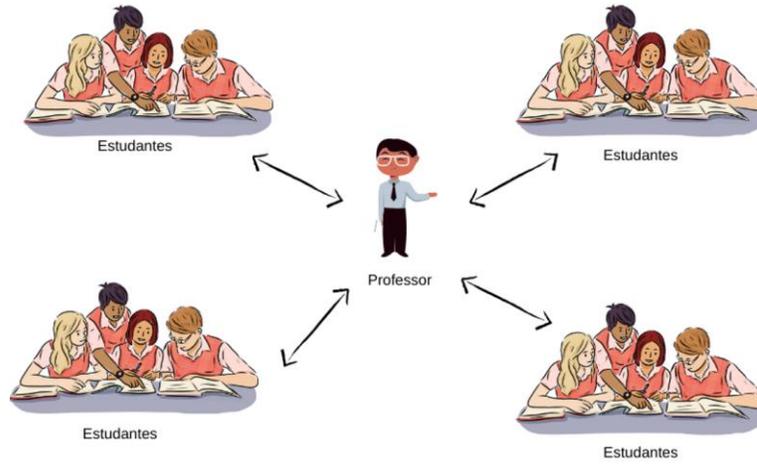
Percebeu-se durante essa aula que os alunos estavam desenvolvendo seu senso crítico e as discussões em grupo acerca da problemática em questão. Isso mostra evidências da construção da aprendizagem significativa que se constrói ao longo do decorrer da UEPS. Afinal, “É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não- literal e não arbitrária” (Moreira, 2011 p.14). Ou seja, os estudantes desenvolvem seus conhecimentos prévios e ligam aos novos conhecimentos desenvolvidos ao longo da aula de física com o Professor convidado Eliel Felizardo.

13. APÊNDICE D – ETAPAS DO JiTT

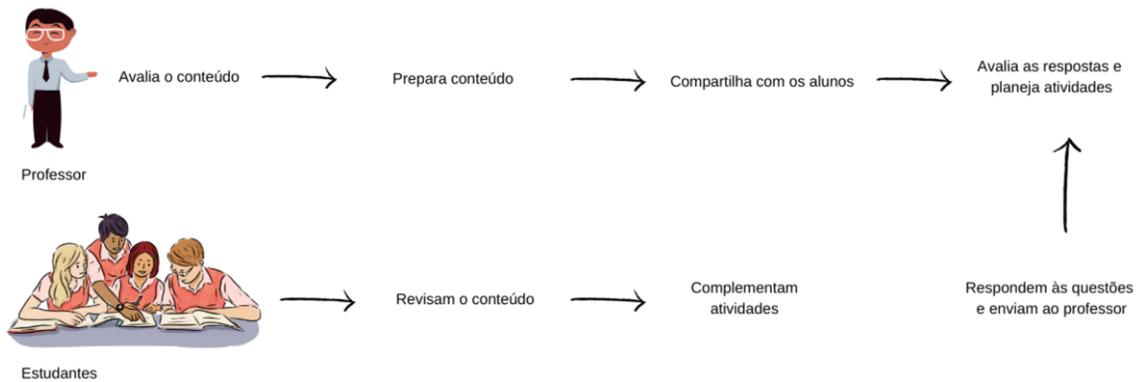
ETAPA 1



ETAPA 2



ETAPA 3



Fonte: Adaptado de Elmôr-Filho *et al.*, 2019.

14. APÊNDICE E – PRODUTO EDUCACIONAL



UCS

UNIVERSIDADE
DE CAXIAS DO SUL

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

MESTRADO PROFISSIONAL

PRODUTO EDUCACIONAL

Guia Didático

*Cartas de ensino de um
jovem mestre a
professores de Física*

ELIEL FELIZARDO

FRANCISCO CATELLI

Apresentação!

As marcas da pandemia da COVID-19 ainda se fazem sentir na sociedade, especialmente no âmbito escolar. As precárias condições da educação brasileira, intensificadas nesse período (defasagem de aprendizagem, cortes de investimentos, falta de profissionais, desmotivação dos alunos, etc.), exigem do professor que desempenhe diversos papéis, dentre os quais se destaca o de problematizador do conhecimento.

Paulo Freire, em sua obra “Pedagogia da autonomia” (1997), já nos alertava para a importância de o educador ir além da mera transmissão de conhecimentos. Segundo ele, “ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar as possibilidades para a própria produção ou a sua construção” (p. 52).

Compreendemos que este é um momento desafiador para todos os envolvidos na educação. As “barbáries” que antes combatíamos agora retornam às nossas salas de aula, gerando angústia e desânimo. No entanto, contamos com a paixão e o compromisso que nos motivaram a escolher a carreira docente. Estamos dispostos a ensinar e a aprender, sempre buscando alternativas para superar os obstáculos.

Encontramos inspiração em dois grandes pensadores da educação: Paulo Freire e Balduino Andreola. Freire, com sua visão crítica e propositiva, nos ensina que a educação deve ser um processo transformador, capaz de empoderar os alunos e construir uma sociedade mais justa. Andreola, por sua vez, nos convida a mantermos viva a chama da esperança, mesmo em meio às dificuldades. Suas palavras nos lembram que “a luta não acabou” e que devemos continuar lutando por um mundo sem exclusões, onde o amor possa florescer (Andreola, 1997, p. 47).

Motivados por esse espírito de amorosidade pelo trabalho pedagógico e pela busca por uma educação emancipadora, desenvolvemos um projeto inovador: as cartas de ensino. Fruto de nossa pesquisa no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, as cartas apresentam estratégias de ação didática para o ensino de Eletrodinâmica (Resistores, Nós, Ramos, Malhas, Lei dos Nós, Lei das Malhas, Associação de Resistores em Série, Paralelo e Mista e a Interdisciplinaridade entre Energia elétrica e Consumo Consciente).

Através da Transposição Didática, buscamos realizar a passagem exitosa do Saber Sábido ao Saber Ensinado, de forma experimental, interdisciplinar e crítica. Nossa proposta rompe com o sistema apostilar que, infelizmente, tem tomado conta do ensino básico brasileiro, promovendo a padronização e a desmotivação dos alunos.

Acreditamos que a educação é, por si só, uma forma de resistência. E essa resistência só se torna possível quando o professor tem autonomia para exercer seu papel com liberdade e criatividade. Isso significa ter a capacidade de elaborar suas próprias estratégias de ensino, desenvolver materiais didáticos inovadores e utilizar a experimentação como ferramenta para promover uma aprendizagem significativa e duradoura.

Em um contexto marcado por desafios e incertezas, a educação assume um papel ainda mais crucial. Através da problematização do conhecimento, da interdisciplinaridade e da experimentação, podemos construir uma escola mais justa, humana e transformadora. As cartas de ensino, nesse sentido, se configuram como um convite à reflexão e à ação, um instrumento para que professores e alunos, juntos, construam um futuro melhor.

Os autores.

Sumário!

Orientações para o professor	4
Introdução	5
Um breve referencial	7
Carta aos professores	8
Cartas de ensino	9
Reflexões	75
Conheça-nos	80
Referências	82

Orientações para o professor!

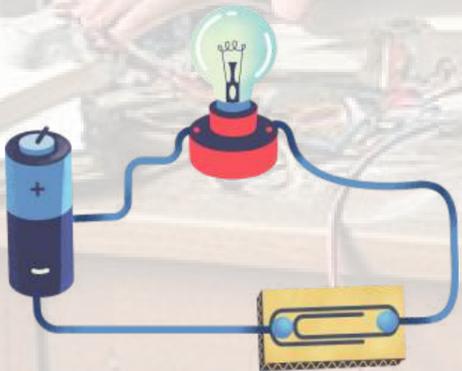
Ao longo deste guia didático teremos diferentes tipos de estratégias de ensino e recursos para proporcionar uma maior construção cognitiva nos processos de ensino e de aprendizagem.

Alguns deles são:



CONTEÚDO DIGITAL

- Essa ferramenta será responsável por promover atividades utilizando softwares digitais.



EXPERIMENTAÇÃO

- Essa ferramenta será responsável por promover atividades utilizando experimentações físicas.



ARQUIVO PDF

- Simboliza um PDF (arquivo de texto) disponível para estudo.

Assista ao vídeo abaixo para ver o nosso agradecimento especial por estar utilizando este material!

Para disponibilizar acesso a conteúdos multimídia utilizados neste material, ao longo do presente, empregaremos o Código QR.

Para acessar o conteúdo a que ele remete, use um smartphone com leitor QR e escaneie o código.



Sugestão!

Utilize com os seus alunos um DIÁRIO DE BORDO para registrar as atividades!

Introdução

Em um passado não muito distante, as cartas eram o principal meio de comunicação entre pessoas queridas, carregando em cada linha o afeto e a admiração nutridos por aqueles que as escreviam. Hoje, convido você, professor, a se conectar comigo através deste guia didático, um convite para juntos transformarmos o ensino de Eletrodinâmica no Ensino Médio e inspirarmos nossos alunos a serem agentes de mudança no mundo.

Desvendando os Mistérios da Eletrodinâmica: Uma Abordagem Ativa e Investigativa

Ao longo de nossas jornadas como professores, já nos questionamos sobre a origem das fórmulas que ensinamos, como a Lei de Ohm, ou mesmo quem foi o brilhante cientista por trás dela. Frequentemente, essas fórmulas são repassadas e decoradas sem que sejam exploradas em sua essência, criando um vazio de compreensão e desperdiçando o potencial de investigação e descoberta que a física oferece.

A Experimentação como Chave para a Desmistificação e Aprendizagem Significativa

Acredito que a Física pode ser uma experiência transformadora, e a experimentação é a chave para desvendar seus mistérios. Através da experimentação, física ou digital, podemos oferecer aos nossos alunos a oportunidade de visualizar, explorar, construir e manipular conceitos, desmistificando o ensino de ciências e respondendo às suas perguntas e curiosidades.

Cartas de Ensino: Um Guia Completo para Transformar o Ensino de Eletrodinâmica

Este guia didático, organizado em “cartas de ensino”, oferece um roteiro completo para transformar o ensino de Eletrodinâmica no Ensino Médio. As cartas refletem sobre a realidade educacional atual e apresentam dicas pedagógicas práticas, com foco no uso de estratégias de aprendizagem ativa, experimentações e simulações em softwares de física. O guia pode ser utilizado na íntegra, em partes ou adaptado à realidade de cada escola.

Explorando Conceitos Essenciais: Uma Jornada de Aprendizagem Conjunta

Nesta jornada de aprendizado, exploraremos juntos conceitos fundamentais da Eletrodinâmica que fazem parte do nosso cotidiano escolar e profissional, como:

EFEITO JOULE, RESISTORES E LEIS DE OHM

NÓS, RAMOS E MALHAS

LEI DOS NÓS E LEI DAS MALHAS

ENERGIA ELÉTRICA E CONSUMO CONSCIENTE

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE, PARALELO E MISTA

Introdução

Estratégias Educacionais Inovadoras: Abrindo Caminhos para a Descoberta

Para alcançarmos os resultados propostos, utilizaremos diversas estratégias educacionais, desde atividades simples até simulações complexas em softwares de física. Não se preocupe, não é necessário ter habilidades especiais para implementá-las. Este guia o conduzirá passo a passo, fornecendo instruções detalhadas e recursos complementares.

Preparando-se para a Jornada:

Esteja pronto para utilizar o computador, tomadas, cabos, amperímetros e outros instrumentos de medição.

Abra sua mente para novas ideias e metodologias de ensino.

Abrace o entusiasmo e a curiosidade dos seus alunos, pois eles serão seus principais parceiros nesta jornada.

Juntos, podemos transformar o ensino de Eletrodinâmica em uma experiência inspiradora e transformadora para nossos alunos, preparando-os para serem cidadãos conscientes, críticos e preparados para os desafios do mundo contemporâneo. Este guia didático é apenas o ponto de partida. Sua paixão pela educação e sua criatividade serão os instrumentos essenciais para construirmos uma sala de aula vibrante, onde a aprendizagem é sinônimo de descoberta, colaboração e transformação.

Lembre-se:

Este guia é um convite para a reflexão, experimentação e adaptação. Sinta-se à vontade para adaptá-lo à sua realidade e estilo de ensino.

A experimentação é fundamental para a aprendizagem significativa. Incentive seus alunos a questionar, investigar e construir seus próprios conhecimentos.

O aprendizado é um processo contínuo. Esteja aberto a novas ideias e estratégias de ensino.

Compartilhe suas experiências e ideias conosco!

Adoraríamos saber como você está utilizando este guia em suas aulas. Compartilhe suas experiências, sugestões e ideias. Juntos, podemos construir uma comunidade de educadores apaixonados por transformar o ensino de física e inspirar a próxima geração de cientistas e inventores.

Com votos de sucesso,
Os autores.

Um breve referencial!

A intersecção entre educação, sociologia e consciência crítica tem sido um campo fértil para a análise e reflexão sobre os processos educacionais e sociais. Neste contexto, temas como transposição didática, obstáculos epistemológicos, apresentação literal dos saberes e ensino apostilar, consumo consciente e trabalho colaborativo e cooperativo emergem como áreas-chave de estudo e prática. As visões de Bourdieu e Durkheim, se constituem no apoio teórico, tanto para a dissertação, quanto para este produto.

A transposição didática, conceito desenvolvido por Chevallard (1991), destaca a importância de adaptar o conhecimento científico ao contexto educacional, considerando as características dos alunos e os objetivos pedagógicos. Já os obstáculos epistemológicos, delineados por Bachelard (1996), referem-se às barreiras mentais que os estudantes enfrentam ao tentar assimilar novos conhecimentos, ressaltando a necessidade de abordagens pedagógicas que superem tais desafios.

A apresentação literal dos saberes e o ensino apostilar representam abordagens educacionais tradicionais que enfatizam a mera transmissão de informações, sem estimular a reflexão crítica ou a construção ativa do conhecimento por parte dos alunos, conforme discutido por autores como Freire.

No âmbito do consumo consciente, Bourdieu (1983) e Durkheim (2011) oferecem perspectivas complementares: Bourdieu analisa o consumo como um reflexo das estruturas de poder e desigualdades sociais, enquanto Durkheim o interpreta como uma expressão dos valores e normas coletivas da sociedade.

Ao considerar o consumo consciente em relação à física, surge a necessidade de refletir sobre o impacto ambiental e social das escolhas de consumo, especialmente em relação a produtos relacionados à física, como energia, materiais e tecnologia.

Por fim, o trabalho colaborativo e cooperativo, fundamentado em teorias sociointeracionistas de aprendizagem, destaca a importância da interação entre os membros do grupo para alcançar objetivos comuns, diferenciando-se na distribuição de responsabilidades e na forma como as metas são atingidas.

Esses temas, embora diversos, convergem em torno da ideia de promover uma educação crítica, reflexiva e socialmente consciente, capaz de contribuir para uma sociedade mais justa e sustentável.

Desejamos que este guia didático, à luz dos teóricos renomados referidos acima, possa ser um transformador nas vossas práticas educativas e que juntos possamos tornar o ambiente de aprendizagem um verdadeiro momento educativo, no qual a acolhida e a escuta sejam a regra, não a exceção.

Carta aos professores!

Assim como a Física é a ciência, não dos objetos, mas das relações entre eles, o conhecimento só adquire sentido através das relações que ele nos propicia. Mas, como nos ensina Freire, à identificação destas conexões segue-se necessariamente, a ação, ação essa que, em algum grau, muda o objeto do conhecimento. É esse caminho que o presente produto educacional pretende trilhar, e as diferentes direções são apresentadas pelo que os autores denominarão “cartas de ensino”.

Os recursos para a caminhada são requisitados não por serem atuais, ou “da moda”, ou por qualquer razão assemelhada, eles o são por serem necessários. Então, o leitor encontrará neste produto simulações computacionais, lado a lado com objetos concretos, instrumentos, dispositivos, objetos do cotidiano selecionados de modo a desempenharem funções específicas, e outros tantos recursos que não nominaremos aqui.

No que diz respeito ao cotidiano, sua concretude, e as ciências, esse produto nos ensina que o caráter social do conhecimento é – insistimos – fruto da necessidade, e não de uma preferência qualquer de determinado grupo de teóricos. Tentemos, então, caracterizar o rol dessas necessidades.

A ciência, na forma como é produzida, é inacessível ao cidadão não especializado. A primeira questão então é: como “transmutar” conteúdos da ciência sem deformá-los excessivamente? A segunda questão decorre da primeira: quais conteúdos deverão ser selecionados para sofrerem essa “transmutação”? Em terceiro lugar, quem fará essa seleção?

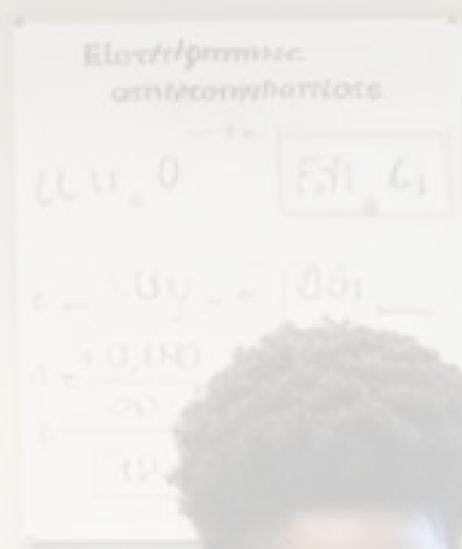
As questões se multiplicam. Tentemos uma breve síntese. Os conteúdos das ciências se manifestam, não por eles mesmos, mas por suas conexões. Essas conexões, quando apresentadas ao cidadão comum, o são (idealmente) a partir de relações com problemas que o cidadão vê, percebe, sente. Mas, para que o sentido se estabeleça, os conteúdos conexos precisam ser transpostos, de modo a se tornarem minimamente inteligíveis. Aqui, entra um aspecto adicional: um problema que mereça esse nome nunca é restrito ao âmbito de uma única disciplina. Então, a interdisciplinaridade vem, não como mero capricho, mas porque se faz necessária.

Por fim, mas ainda no âmbito dessa visão social da ciência, cabe uma menção à individualidade do aprendiz. Cada aprende de formas que lhe são peculiares. Sim, sempre haverá elementos comuns aos mais diversos aprendizes e suas diferentes formas de aprender. Mas cada aprendiz é único.

O leitor dirá: considerando tudo isso, ensinar não deve ser fácil! De fato, não é. E essa dificuldade, a de integrar esses múltiplos aspectos (e tantos outros não destacados nesta breve introdução) explica o trabalho longo, árduo, mas – sobretudo – qualificado, desenvolvido pelo autor principal, o Mestre Eliel. Sua capacidade de trabalho é inacreditável! Fico feliz em ter podido participar, mesmo que de forma mínima, deste belo trabalho, e esta felicidade é minha forma de expressar meu agradecimento a ele.

Os colegas professores que lerem este produto poderão toma-lo como ponto de partida, e fazerem os ajustes, adaptações, recortes, acréscimos e modificações que julgarem necessários. E, claro, enviem-nos sugestões sobre como melhorá-lo!

Cartas de ensino!



$V_0 = 10 - 10 \text{ mV}$
 $W_0 = 10 - 10 \text{ mV}$

Carta I: A Inspiração Freiriana e o Desafio da Transposição

Didática em Eletrodinâmica

Prezado(a) Colega Professor(a),

Ao longo da minha jornada pela graduação, tive a oportunidade de me aprofundar nas ideias de Paulo Freire, um dos maiores pensadores da educação. Entre seus muitos ensinamentos, me marcou profundamente o gênero textual das “Cartas Pedagógicas”, nas quais ele refletia sobre a prática educativa em tempos conturbados.

Inspirado por essa pedagogia engajada e reflexiva, apresento a você um plano de ensino em forma de “Cartas de Ensino”. Nestas cartas, compartilharei minhas reflexões e um plano de ação didática sobre os conceitos da Eletrodinâmica. Meu objetivo é utilizar as teorias de Yves Chevallard sobre a Transposição Didática para oferecer uma alternativa ao ensino apostilar predominante em nossas realidades.

A Transposição Didática, como você sabe, representa a jornada do conhecimento desde sua origem na academia (Saber Sábio) até sua aplicação em sala de aula (Saber Ensinado). Essa jornada passa por diversas etapas, desde a seleção e adaptação dos conteúdos até a criação de materiais didáticos e a implementação de práticas pedagógicas.

No contexto atual, marcado pela ascensão das tecnologias e da Inteligência Artificial, torna-se ainda mais crucial buscarmos métodos inovadores para envolver e inspirar nossos alunos. As apostilas, muitas vezes desatualizadas e acríticas, não mais atendem às necessidades dos estudantes do século XXI.

Ciente das limitações que enfrentamos em nossa prática docente, não podemos nos acomodar com o mínimo. Precisamos reacender a chama da paixão pelo ensino e erguer novamente a bandeira da educação de qualidade.

Juntos, podemos construir um país onde o conhecimento seja valorizado acima de tudo, onde os políticos atuem com ética e responsabilidade, e onde a educação seja a base para a construção de uma sociedade mais justa e próspera.

Enquanto estivermos em nossas salas de aula, mesmo diante das adversidades, continuaremos lutando por uma aprendizagem significativa e duradoura para nossos alunos.

Reconhecemos que a individualidade de cada aluno exige diferentes abordagens pedagógicas. Através da criatividade, do diálogo e do uso de ferramentas tecnológicas, podemos oferecer a cada um a oportunidade de aprender e se desenvolver de acordo com suas potencialidades.

Nesta jornada, a união entre nós, professores, é fundamental. Compartilhando experiências, ideias e materiais didáticos, podemos construir um saber coletivo que beneficie a todos os nossos alunos.

Lembre-se, caro(a) colega, que a educação é a chave para a transformação social. Juntos, podemos construir um futuro mais promissor para as novas gerações.

Com os mais sinceros votos de sucesso,
Professor Eliel Felizardo.

Carta II: Rompendo com o Tradicional e Abraçando o Novo Paradigma da Educação em Física

Prezado(a) Colega Professor(a),

O cenário educacional atual se encontra em um momento de profunda transformação. De um lado, o mundo contemporâneo, marcado pela vertiginosa velocidade da informação e pelo avanço das tecnologias, exige novas habilidades e competências dos indivíduos. Do outro lado, o modelo educacional tradicional, arraigado em práticas pedagógicas ultrapassadas, luta para se adaptar a essa nova realidade.

Na área da Física, em particular, essa dicotomia se torna ainda mais evidente. A disciplina, por sua natureza complexa e abstrata, exige uma abordagem inovadora que se desprenda da simples memorização de fórmulas e conceitos. É preciso repensar o papel do professor, do aluno e da própria escola para construirmos um processo de ensino e aprendizagem realmente significativo.

Nessa jornada em busca de um novo paradigma educacional, encontramos na teoria da Transposição Didática de Yves Chevallard um valioso aliado. Essa teoria nos convida a refletir sobre o processo de transformação do conhecimento científico em conteúdo escolar, desde sua origem na academia até sua aplicação em sala de aula.

Ao incorporarmos os princípios da Transposição Didática em nossa prática docente, podemos criar ambientes de aprendizagem mais dinâmicos e engajadores, onde os alunos são protagonistas do seu próprio aprendizado. A experimentação física, nesse contexto, assume um papel fundamental, permitindo que os alunos explorem os conceitos físicos de forma concreta e vivencial.

É compreensível que, diante dos desafios do sistema educacional atual, muitos professores se sintam cansados e desmotivados. No entanto, como nos ensina Michel Foucault em sua obra "A Microfísica do Poder", podemos e devemos ser agentes de resistência.

Através da nossa prática docente, podemos questionar o status quo e propor alternativas inovadoras para o ensino da Física. Podemos criar comunidades de aprendizagem colaborativas, onde professores e alunos compartilham conhecimentos e experiências. E podemos utilizar as ferramentas tecnológicas disponíveis para ampliarmos o acesso à informação e democratizarmos o conhecimento.

O caminho para a transformação da educação em Física não é fácil, mas é possível e necessário. Através da colaboração entre professores, alunos e comunidade escolar, podemos construir um novo paradigma educacional que prepare os jovens para os desafios do século XXI.

Juntos, podemos fazer a diferença!

Com os mais sinceros votos de sucesso,
Professor Eliel Felizardo.

PLANO DE AÇÃO DIDÁTICO

Componente curricular: Física

**Conteúdo programático:
Efeito Joule, Resistores e Leis de Ohm**

**Duração:
8 horas-aula**

**Habilidade:
EM13CNT301**

Resultados de aprendizagem esperados:

- Utilizar da experimentação para verificação do Efeito Joule;
- Aplicar a teoria de resistores em situações-problema;
- Compreender as Leis de Ohm e saber aplicá-las em diferentes contextos;
- Relacionar a função afim do tipo $f(x) = ax+b$ como a determinação de um resistor ôhmico e quando não aplicada é um resistor não ôhmico;
- Manipular o software Phet Colorado para a simulação das Leis de Ohm.

AVALIAÇÃO: A avaliação se dará ao longo do processo de construção da aprendizagem, com olhar atento às conclusões obtidas na experimentação do efeito joule, na compreensão e resolução de atividades sobre a Primeira e Segunda Leis de Ohm, a observação da relação entre o gráfico e a definição de um resistor e a manipulação do Phet Colorado para a simulação das Leis de Ohm.

METODOLOGIA

ETAPA I:

Utilizando a estratégia ativa *Think-Pair-Share* (Pense – discuta com um colega – compartilhe com o grande grupo) iniciar apresentando o seguinte vídeo (para visualizá-lo é só apontar a câmera e ler o Qr Code):

Após, realizar o seguinte questionamento:



Um pássaro, ao subir num fio, toca neste em dois pontos (as duas patinhas dele). Mas são dois pontos do mesmo fio. Não há risco (neste caso) para o pássaro. Agora, se um electricista descuidado, sobre o solo, manuseia uma escada metálica comprida, e a extremidade desta toca um fio da rede elétrica, há uma diferença (de fato, há risco de morte!). Vocês conseguem elaborar uma explicação para estas duas situações?

Fase 1: “PENSE”: Dar um instante (em torno de 2 minutos) para que pensem sobre o assunto.

Fase 2: “DISCUTA COM UM PAR”: Em seguida, separar a turma (escolher o critério: afinidade, ordem alfabética, etc.) e solicitar que discutam sobre a resposta de cada um. É um exercício para que comparem e identifiquem dentre as suas respostas às quais acham serem mais corretas, melhores, mais convincentes, ou mais originais.

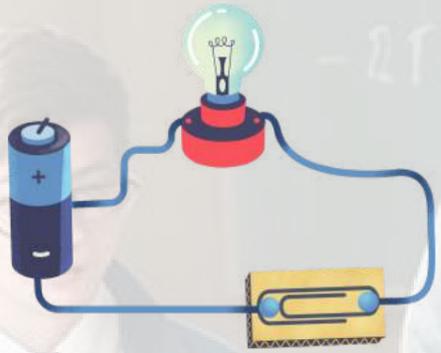
Fase 3: “COMPARTILHE COM O GRANDE GRUPO”: Depois que os alunos conversaram entre si por alguns minutos (em torno de 2 ou 3 minutos), pedir para que os grupos compartilhem com o grupo suas ideias com o resto da turma (escolher novamente um critério para a apresentação: sentados sentido anti-horário, horário, disponibilidade, etc.). Nesse instante, é imprescindível que sejam escritas na lousa as respostas dos alunos ou que sejam gravadas no celular a fim de verificar posteriormente.

Feito isso, começar e refletir sobre as respostas e em um processo de eliminação ir descartando quais não fazem sentido aos questionamentos feitos.



ETAPA II: Experimentação do efeito joule

EXPERIMENTO – RESISTORES



Materiais: palha de aço, uma fonte (três pilhas AA), uma lâmpada que acende com estas três pilhas e (opcional) um multi-teste.

Procedimento: Separe um fio de palha de aço, de uns 15/20 cm de comprimento, e cole suas extremidades dele em uma folha de papel, mantendo-o ligeiramente esticado. Agora, ligue a lâmpada às pilhas, porém com a conexão passando pelo fio da palha de aço.

Para visualizar a montagem do experimento e o seu desenvolvimento, aponte a câmera e faça a leitura do código Qr:

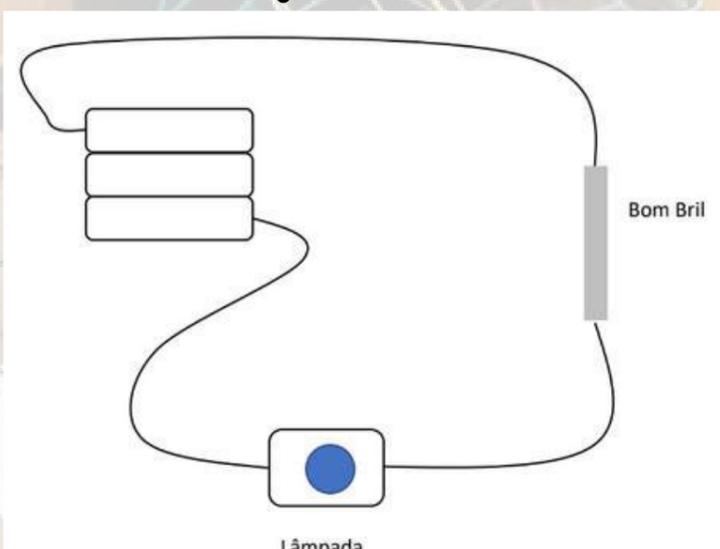


Explicação do experimento:

Orientação: Professor (a) deixe que os seus alunos façam a atividade abaixo e discutam a explicação do experimento. Após discutirem sobre a explicação intuitivamente, explique de modo formal o que aconteceu, conforme a orientação abaixo:

O experimento é uma introdução às Leis de Ohm, em que, resumidamente, a primeira lei afirma que a diferença de potencial entre dois pontos de um resistor é proporcional à corrente elétrica que é estabelecida nele. Além disso, de acordo com essa lei, a razão entre o potencial elétrico e a corrente elétrica é sempre constante para resistores ôhmicos. Essa diferença pode ser associada aos elétrons, uma vez que essas partículas transferem parte de sua energia aos átomos da rede cristalina, quando conduzidos em meios que apresentem resistência à sua condução. O fenômeno que explica tal dissipação de energia é chamado de efeito Joule (o qual pode ser percebido na queima da palha de aço).

ESQUEMA DE LIGAÇÃO



Conclusões do experimento:

Feito o experimento, o professor entrega a questão abaixo:

Ótimo, você explorou o fato que a corrente elétrica num condutor sempre estará acompanhada de um aumento de temperatura. Você poderia relatar brevemente algum episódio, ou aparelho, no qual este aumento de temperatura te pareceu evidente? Este episódio, ou aparelho, poderia representar algum risco para a segurança das pessoas? Queres tentar explicar o que você acha a respeito, com base na teoria que você acabou de estudar?

ETAPA III: Colocar a cabeça para funcionar:

Propor perguntas para os alunos discutirem entre si e formarem um consenso em conjunto:

1. Por que quando a distância entre os jacarés é maior não há efeito joule?

2. O que você acha que aconteceu com o Bombril ao ligar o interruptor?

3. Escreva sobre o que você pensa que aconteceria se tivesse mais fios de Bombril colocados em paralelo?

Respostas, clique [aqui!](#)



DICA DE OURO!

Professor (a): Peça aos alunos que anotem as respostas destas perguntas e entrem em um consenso do que é pertinente, tendo em mente que a diferença entre dois pontos é proporcional à corrente elétrica, além de que se houver mais filamentos de “bombril” a lâmpada acenderia, já que a passagem da corrente elétrica é maior. Para explicar o motivo de por que o “bombril” pegou fogo, sugiro um trabalho interdisciplinar com o/a professor (a) de Química para explicar as propriedades do aço.

ETAPA IV: Experimentando no simulador PHET Colorado



Feito a atividade experimental e as conclusões conjuntas, o professor pode propor uma experimentação utilizando o Phet Colorado, a partir da adaptação de atividades propostas pelo Prof. Wellington de Queiroz – IFCE, vide instruções abaixo:

Atividade experimental I - Acesse o PDF clicando na imagem ao lado.



Realizada a primeira atividade prática experimental, discutir cada resposta apresentada pelos alunos, mas solicitar que a mantenham sem fazer alterações.

Concluído, propor a segunda atividade prática, ver abaixo:



Atividade experimental II - Acesse o PDF clicando na imagem ao lado

Discutir, novamente, cada resposta feita pelos alunos, salientando que não alterem, para que depois o conteúdo seja sistematizado com a resposta deles.

ETAPA V: Exploração da função afim e sua relação com a Física

Nesta etapa, é para, você, ao notar que precise revisar o conceito de função afim, gráficos e depois relacionar com a Física.

Para ter acesso, faça a leitura do Qr-Code da explicação de uma Função Afim ou Função Polinomial do 1º grau com atividades de fixação.



SUGESTÃO!



SCAN ME

Respostas, clique aqui!

ETAPA V: Sistematização do conhecimento e tarefas de fixação

Inicialmente, retomar a primeira atividade prática e discutir com os alunos, em especial, os seguintes tópicos:

- (a) Qual o tipo de gráfico vocês obtiveram? Que função matemática vocês estudaram e é semelhante a esse gráfico? Por que vocês dizem isso?
- (b) O que precisamos fazer para determinar o coeficiente angular do gráfico?
- (c) Você saberia calcular e determinar o coeficiente angular do gráfico?
- (d) O que podemos concluir da relação
- (e) Como poderiam sintetizar em uma lei o que foi realizado na atividade prática?

Feitas as discussões, retomar a segunda atividade prática e discutir sobre os seguintes tópicos:

- (a) Quais elementos que apareceram na tela do simulador;
- (b) Havia uma resistência mínima e máxima fornecida pelo programa?
- (a) Qual o tipo de gráfico que se formou? Que função matemática você estudou e é semelhante a esse gráfico? Por que você diz isso?
- (b) Você saberia calcular e determinar o coeficiente angular do gráfico?
- (c) Qual é a equação que resumiria as conclusões feitas no software?

Em seguida, com as respostas das duas atividades práticas o professor pode construir com os alunos o conhecimento associado à primeira atividade (sobre a Primeira Lei de Ohm) e à segunda atividade (prática, sobre a Segunda Lei de Ohm). A construção, individual ou coletiva, de um mapa conceitual também é uma possibilidade interessante.

Feitas as discussões e sistematizações prévias, o professor disponibilizará o material a seguir para a leitura sobre os Resistores e as Leis de Ohm, a partir do Código Qr abaixo:



Uns cinco minutos antes de finalizar o tempo previsto do encontro, o professor pede aos estudantes que, individualmente, escrevam se ainda persistem houberam dúvidas sobre o tema abordado nesta aula e/ou sintetizem o conhecimento.

Carta III: Navegando na Diversidade e Superando Desafios com Criatividade e Tecnologia

Prezado(a) Colega Professor(a),

As palavras de Comênio, que nos convidam a “ensinar tudo a todos”, ecoam em nossos corações como um ideal inspirador. No entanto, a realidade da sala de aula nos confronta com a imensa diversidade de estilos de aprendizagem, inteligências e experiências que nossos alunos trazem consigo.

Diante dessa complexa realidade, surge o desafio de adaptar nossas práticas pedagógicas para atender às necessidades de cada um. Como podemos garantir que todos os alunos, independentemente de suas origens ou realidades, tenham acesso a um aprendizado significativo e de qualidade?

A ideia de partir do senso comum para construir o aprendizado é, sem dúvida, um princípio fundamental. Mas qual senso comum utilizar como referência? Como podemos conectar os saberes dos alunos, muitas vezes marcados por realidades socioeconômicas desafiadoras, com os conceitos abstratos da Eletrodinâmica?

É nesse ponto que a criatividade e a sensibilidade do professor assumem um papel crucial. Devemos buscar exemplos e analogias no cotidiano dos alunos, por mais simples que pareçam. A natureza, as roupas que vestimos, as estruturas das cidades, tudo pode se tornar um ponto de partida para a construção do conhecimento científico.

É importante reconhecer que a educação, por si só, não é capaz de transformar o mundo. Precisamos do apoio do governo e da comunidade para garantir que nossas escolas tenham infraestrutura adequada, recursos didáticos de qualidade e formação continuada para os professores.

Somente com um esforço conjunto e com a implementação de políticas públicas eficazes poderemos construir um sistema educacional que realmente atenda às necessidades dos nossos alunos e prepare-os para os desafios do futuro.

Ao abordar os conceitos de nós, ramos e malhas, podemos utilizar uma estratégia interdisciplinar que aproxima a ciência da realidade dos alunos. Ao relacionar esses conceitos com elementos do cotidiano, como nós e malhas em roupas e ramos de plantas, facilitamos a compreensão e despertamos o interesse dos alunos.

Além disso, podemos explorar a história da ciência e explicar como os primeiros cientistas utilizavam o latim como língua universal de comunicação. Ao traduzir seus trabalhos para outras línguas, buscavam termos semelhantes que permitissem aos estudiosos e leitores entender do que se tratava.

Essa abordagem interdisciplinar nos permite conectar o conhecimento científico à linguagem universal, promovendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

A jornada de ensino da Eletrodinâmica exige criatividade, flexibilidade e um compromisso com a justiça social. Através de uma abordagem interdisciplinar, contextualizada e que valorize

Com os mais sinceros votos de sucesso,
Professor Eliel Felizardo.

PLANO DE AÇÃO DIDÁTICO

Componente curricular: Física

**Conteúdo programático:
Nós, ramos e malhas**

**Duração:
4 horas-aula**

**Habilidade:
EM13CNT301**

Resultados de aprendizagem esperados:

- Definir o que é um nó numa perspectiva da eletricidade e identificá-lo em um circuito elétrico.
- Diferenciar os ramos das malhas que fazem parte de um circuito elétrico.
- Dialogar sobre a nomenclatura dos termos utilizados na Física.

AVALIAÇÃO: A avaliação se dará ao longo do processo de construção da aprendizagem, na percepção dos nós, ramos e malhas de um circuito elétrico nos exercícios propostos.

METODOLOGIA

ETAPA I: Kahoot sobre os conceitos



Para introduzir os conceitos, iniciar com um questionário digital para ter acesso aos conhecimentos prévios sobre circuitos elétricos.

Acesse o Qr-Code abaixo, onde utilizando o Kahoot realizaremos atividades introdutórias do conteúdo de nós, ramos e malhas:

Kahoot! é uma plataforma de aprendizado baseada em jogos, usada como tecnologia educacional em escolas e outras instituições de ensino. Seus jogos de aprendizado, "Kahoots", são testes de múltipla escolha que permitem a geração de usuários e podem ser acessados por meio de um navegador da Web ou do aplicativo Kahoot. Para maiores informações de como uma conta no Kahoot e como utilizá-lo acesse:

<https://canaltech.com.br/internet/o-que-e-kahoot/>



ETAPA II: Sistematização do conhecimento

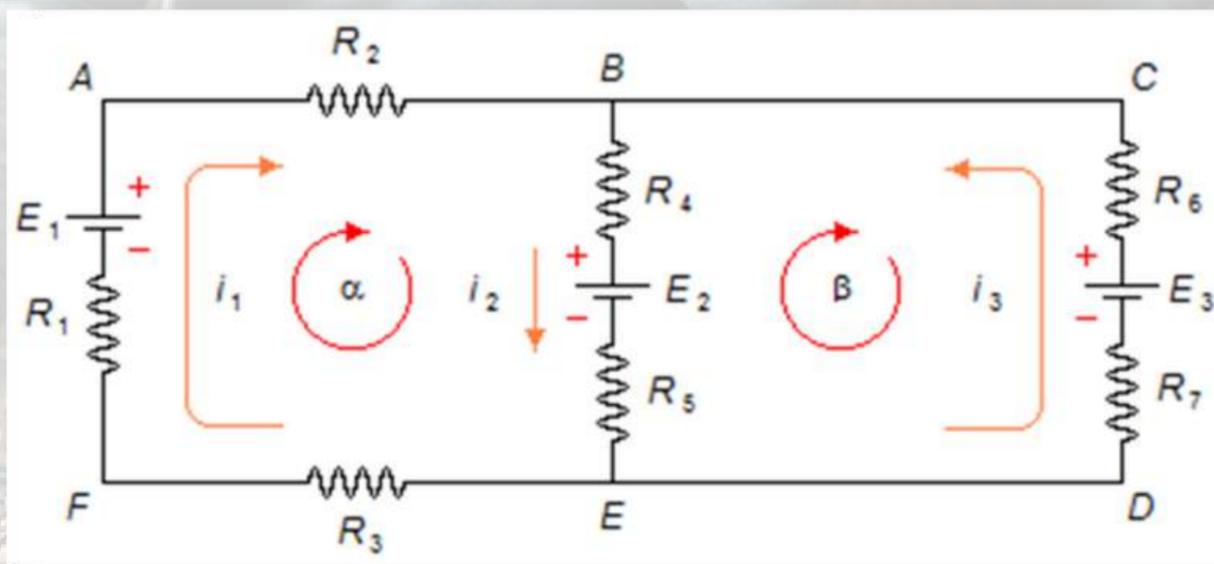
Feito o Kahoot e verificando as respostas de cada pergunta, utilizar a estratégia do *one minute paper*, em que os alunos escreverão uma pergunta no *Google Forms* sobre o que ficaram na dúvida do conteúdo de nós, ramos e malhas.



Logo após, o professor deve recolher todas as perguntas e as respostas do Kahoot e começar a explicação dos conceitos, utilizando a teoria abaixo:

NÓS, RAMOS E MALHAS

Quando lemos o título nós, ramos e malhas, intuitivamente nos lembramos de alguma peça de roupa de tricô (“malha”); os ramos nos remetem a uma árvore e nós ao cadarço dos tênis, não é? No entanto, na Física esses são alguns termos utilizados para utilizar na associação de resistores, geradores e capacitores. Engraçado, não? Considere um circuito elétrico como o da figura abaixo:



Nó: ponto do circuito em que dois ou mais fios de diferentes partes do circuito estejam ligados.

Ramo: é o caminho entre dois nós. A corrente elétrica num ramo é sempre a mesma.

Malha: caminho fechado, constituído por um ou mais ramos.

TAREFA: Identifique no circuito acima quais são os nós, os ramos e as malhas e escreva abaixo: (os nós são identificados por uma letra, os ramos, por duas, a letra de início e a letra de fim do ramo, e por fim, as malhas são identificadas por uma sucessão de letras, em número variável, no mínimo, duas).

Nós:

Ramos:

Malhas:

Nesta etapa, primeiramente, o (a) professor (a) com o uso do Datashow projetar um circuito simples e faz a análise dele com os alunos. Em seguida, em um circuito mais elaborado explica as definições de nó, ramo e malha e interage com os alunos para criar novos significados para uma mesma palavra adquiridas com a leitura e o que mudou das primeiras percepções do jogo on-line.

Consequente, utilizando o Kahoot realizar novamente as atividades sobre o conteúdo abordado.

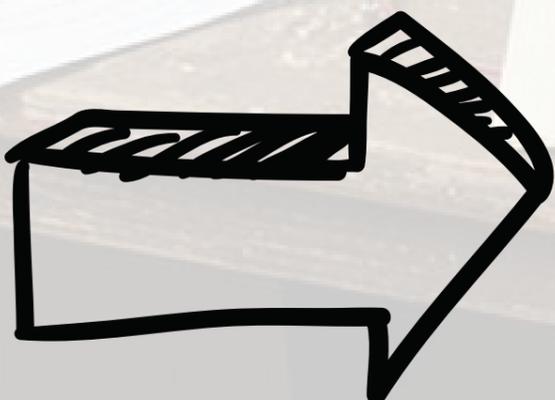


ETAPA III: Diálogo sobre a linguagem da ciência

A curiosidade é um potencializador para a aprendizagem e é uma ferramenta que o professor deve usar para despertar o aprendizado nos seus alunos.

Sendo assim, para a construção de um novo conceito de nós, ramos e malhas, é interessante que o professor dialogue com os seus alunos sobre a evolução da linguagem da ciência (no passado e atualmente), por isso, o professor, com o uso do Datashow ou desenhos no quadro, discutirá sobre ciência, tecnologia e sociedade ao longo do tempo, a partir do livro: Tópicos em Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Disponível no Qr-Code abaixo:

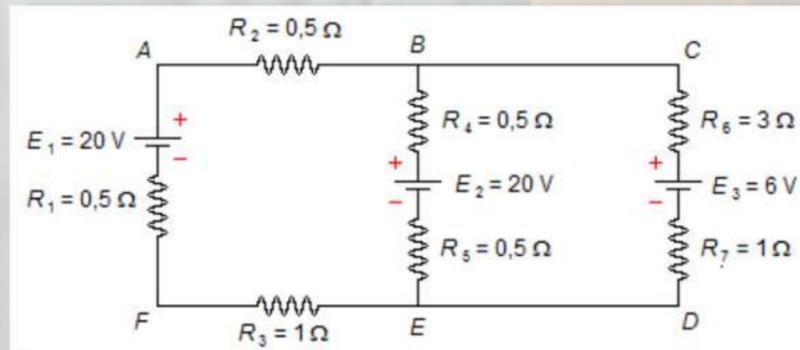


ETAPA IV: Exercícios adicionais

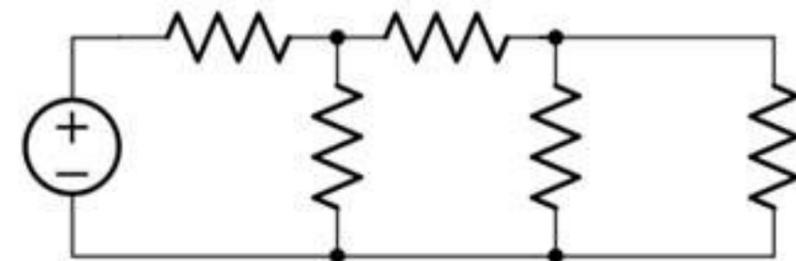
Na última etapa, o professor entrega as tarefas do conteúdo abordado.

ATIVIDADES

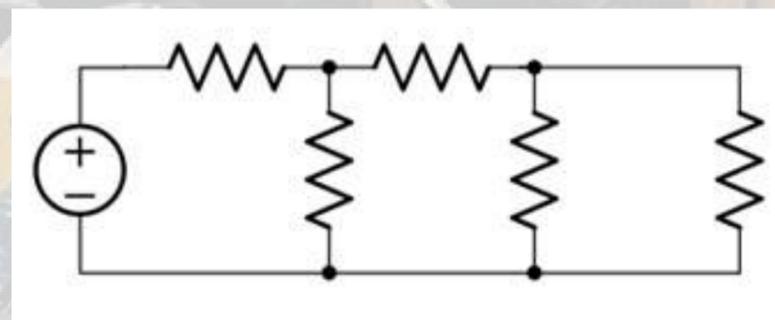
1) Identifique no circuito abaixo os nós, ramos e malhas.



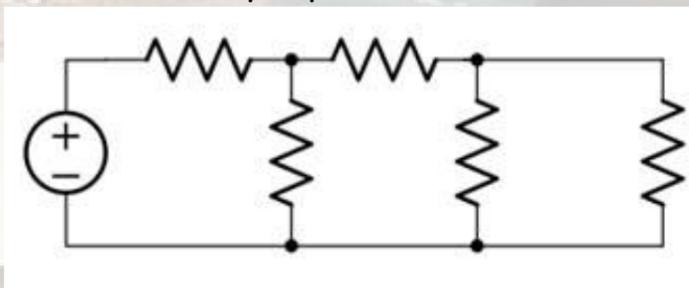
2) Quantos nós existem no diagrama abaixo? Por quê?



3) Quantos ramos existem no circuito a seguir? Poderia identificá-los?



4) Quantas malhas há neste circuito? Explique.



Acesse as respostas clicando [aqui](#)

Carta IV: Despertando o Poeta Interior: O Professor como Guia na Jornada do Aprendizado

Prezado(a) Colega Professor(a),

Em minhas reflexões sobre o papel do professor, deparei-me com uma frase inspiradora de Gaston Bachelard: “A primeira tarefa do poeta é despertar em nós uma matéria que quer sonhar (1998, p. 30)”. E me ocorreu que, de certa forma, o professor também é um poeta, pois tem o poder de despertar nos alunos essa “matéria que quer sonhar”, de revelar algo que está escondido em seu âmago.

Assim como o poeta, o professor guia os alunos em uma jornada de descobertas, desvendando os mistérios do conhecimento e abrindo portas para novos horizontes. Através da paixão pelo ensino e da criatividade, o professor transforma a sala de aula em um palco de sonhos, onde o aprendiz se torna uma experiência transformadora.

Nossa missão, como educadores, vai além da mera transmissão de informações. Buscamos despertar a curiosidade, a investigação, o senso crítico, o diálogo e os sonhos em nossos alunos, preparando-os para um futuro melhor. Somos o espelho que reflete seus questionamentos, seus anseios e suas esperanças, inspirando-os a buscar o conhecimento com entusiasmo e paixão.

Ao desempenharmos nosso papel no ato pedagógico, é fundamental revisitarmos nossas próprias concepções e as dos alunos sobre os fenômenos que nos cercam. Esse processo de revisão nos permite dar um novo significado ao mundo, construindo pontes entre o conhecimento científico e a realidade dos alunos.

Ao olharmos para uma árvore, por exemplo, a palavra “ramo” assume um significado “antigo” e familiar. No entanto, ao analisarmos as entranhas de um aparelho elétrico, “ramo” adquire um novo significado, relacionado aos circuitos elétricos.

O erro, muitas vezes visto como algo negativo, deve ser encarado como uma ferramenta valiosa para a construção do conhecimento. Ao permitir que nós e nossos alunos cometamos erros, abrimos espaço para o aprendiz e a reflexão crítica.

Ensinar as Leis de Kirchhoff, por exemplo, pode ser um desafio, pois envolve conceitos da Álgebra Linear que nem todos os alunos dominam. A busca por soluções para sistemas de equações, especialmente aqueles com três ou mais incógnitas, transcende os limites da Física e se insere em um território mais amplo da necessidade humana de compreender e modelar o mundo ao nosso redor.

Essa necessidade não surge de uma aplicação específica, mas sim de uma inquietação intrínseca do intelecto em desvendar padrões, relações e estruturas subjacentes aos fenômenos naturais e sociais. A álgebra, nesse contexto, emerge como uma ferramenta poderosa, capaz de abstrair e formalizar problemas complexos, permitindo-nos enxergar além das aparências e estabelecer conexões entre elementos aparentemente díspares. A resolução de sistemas de equações, portanto, não é apenas uma habilidade técnica, mas um reflexo da nossa busca incessante por ordem e significado em um universo caótico e complexo.

No entanto, essa dificuldade pode se tornar uma oportunidade para despertar o desejo de aprender e sonhar, incentivando os alunos a superarem seus obstáculos e descobrirem novas formas de pensar.

Ao abraçarmos a poesia do aprendiz e despertarmos a “matéria que quer sonhar” em nossos alunos, transformamos a sala de aula em um espaço mágico, onde o conhecimento se torna uma aventura empolgante e transformadora. Lembremo-nos: o professor é o poeta que guia os alunos nesta jornada, inspirando-os a sonhar, criar e transformar o mundo.

Com os mais sinceros votos de sucesso,
Professor Eliel Felizardo

PLANO DE AÇÃO DIDÁTICO

Componente curricular: Física

**Conteúdo programático:
Leis de Kirchhoff (Lei dos nós e Lei das malhas)**

**Duração:
4 horas-aula**

**Habilidade:
EM13CNT301**

Resultados de aprendizagem esperados:

- Explorar situações que envolvem a Lei dos Nós nos circuitos elétricos.
- Aplicar os conceitos na solução de situações-problemas envolvendo a Lei das Malhas.

AVALIAÇÃO: A avaliação se dará ao longo do processo de construção da aprendizagem.

Introdução

Aprender a usar as leis de Kirchoff num circuito de resistores, alimentado por uma fonte de corrente contínua vale muito a pena: trata-se de “fazer física”, muito mais do que “decorar fórmulas”. De forma bastante resumida, fontes de corrente contínua transferem energia para as cargas que, ao se moverem por um circuito, dissipam a energia adquirida nos resistores. É muito curioso: a única “fórmula” que usaremos daqui para a frente diz que $\varepsilon = Ri$. Só isso! Tem mais! Aprenderemos a resolver praticamente qualquer circuito que contenha fontes e resistores. Claro, circuitos mais complexos levarão a procedimentos proporcionalmente mais trabalhosos. Mas saberemos como fazer. Vamos lá?

ETAPA I: Lei das Malhas

Por mais complexo que seja um circuito elétrico, podemos identificar nele “caminhos”, pelo menos um, que tenham um ponto de partida qualquer e nos levem de volta a esse mesmo ponto de partida.

Estes são denominados caminhos fechados, ou malhas fechadas. Como já comentado anteriormente, para algumas finalidades, a corrente elétrica num condutor lembra a água que pode circular num encanamento. Então, lá vai a primeira “restrição”: ao percorrer uma malha, não é permitido retornar sobre os próprios passos. Por que? Tentemos entender com uma analogia: uma vez que água circule por um encanamento, com ou sem ramificações, num determinado trecho não poderemos ter, ao mesmo tempo, água indo e voltando, não é? O exemplo mais direto é o de um circuito série “puro”, como o da Figura 1.

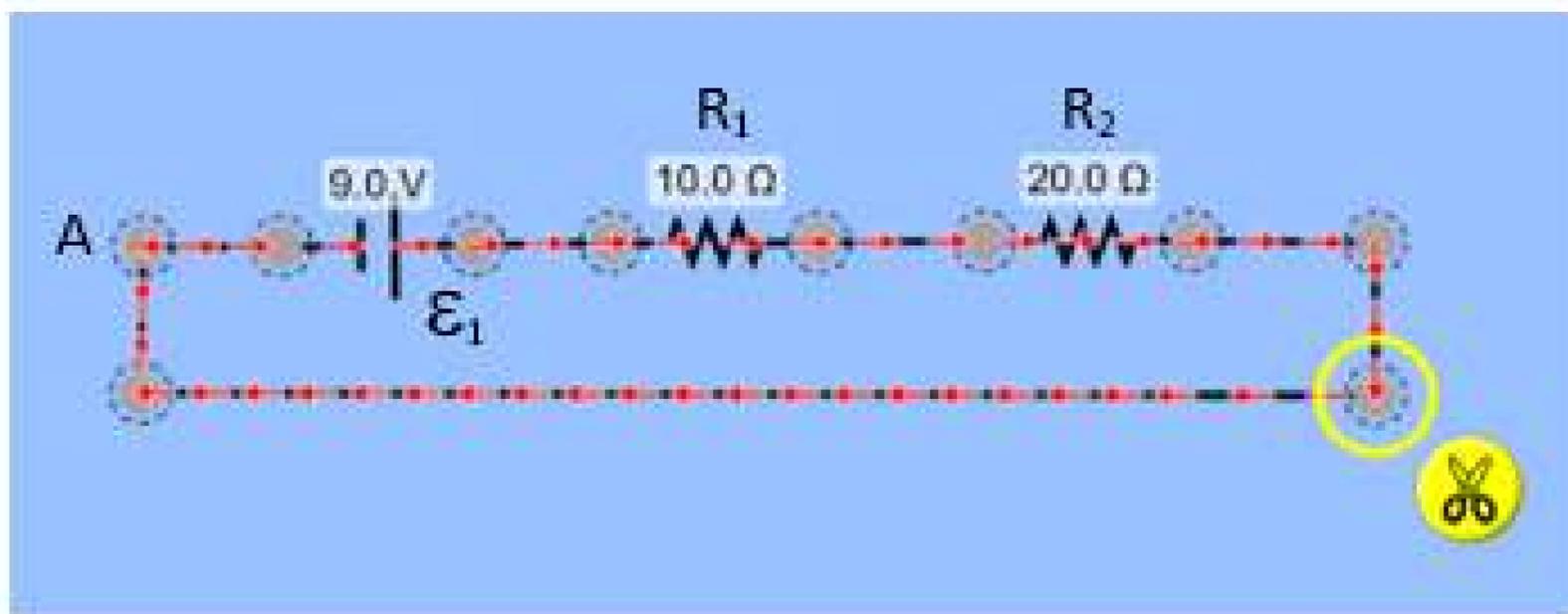


Figura 1. Um circuito série “puro”. Se sairmos do ponto A, só há um caminho para voltar até o mesmo ponto. Este caminho pode ser percorrido no sentido horário ou no sentido anti-horário, tanto faz. Este caminho é denominado “malha fechada” ou, abreviadamente, malha. (As figuras foram todas retiradas do simulador PHET).

As setas vermelhas indicam o sentido da corrente convencional, aquele que cargas positivas teriam se elas se movessem num fio. “*Há, mas num fio só elétrons podem se mover!*”, poderá argumentar algum aluno. A resposta é um tanto curiosa: a maior parte dos efeitos elétricos de elétrons (movendo-se no sentido anti-horário, no circuito da Figura 1) é a mesma que ocorreria se considerássemos cargas positivas, movendo-se no sentido horário, como representado pelas setas vermelhas na Figura 1. Daqui para a frente, salvo exceções que serão previamente alertadas, o sentido da corrente será o convencional, aquele do movimento das cargas positivas. Note: a bateria é representada por um risco maior e por um risco menor. **O risco maior representa o polo positivo, e o menor, o polo negativo**, como na Figura 2.

Muito bem. Agora, vamos à primeira regra. Ao percorrer uma malha (um caminho fechado, que volta ao ponto de partida, sem retornar sobre o caminho já percorrido), **ao atravessar uma fonte, ela terá o sinal do polo de saída da travessia**. Vamos entender: se a fonte ϵ_1 da Figura 1, ou da Figura 2, for percorrida entrando pelo polo negativo e saindo pelo polo positivo (sentido horário na Figura 1), ela será anotada como “ $+\epsilon_1$ ”. Caso contrário, ela será anotada como “ $-\epsilon_1$ ”.

Há uma justificativa para estes sinais? Sim, podemos pensar que uma carga positiva, ao entrar na fonte pelo polo negativo, e ao sair desta fonte pelo polo positivo, ganha energia. Esta energia, positiva porque é um ganho, ao ser dividida pelo valor da carga, resulta em uma diferença de potencial ϵ_1 .

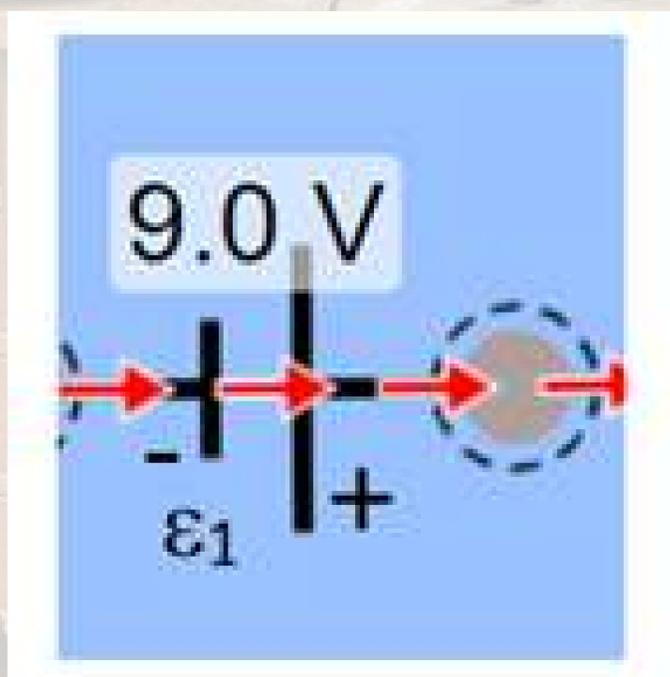


Figura 2. Uma fonte de corrente contínua. O polo positivo é representado pelo risco maior, e o negativo, pelo risco menor.

Vamos agora à segunda regra. Ao atravessar um resistor, no sentido da corrente convencional, a carga **transformará** energia em calor. Esta transformação de energia, para cada carga que atravessa o resistor, será anotada como “ $-Ri^2$ ”. Se o percurso for tal que o resistor seja atravessado no sentido oposto ao da corrente (convencional), a energia, para cada carga, será anotada como “ $+ Ri^2$ ”. Como interpretar estes sinais? Ao percorrer um resistor no sentido da corrente, o potencial na entrada do resistor é menor que o potencial na saída deste mesmo resistor. Se escolhermos percorrer o resistor no sentido inverso ao da corrente que o atravessa, o sinal do produto Ri é positivo porque o potencial na entrada do resistor é menor do que o potencial na saída.

Agora, já sabemos tudo o que precisamos saber para enunciar (e entender!) a primeira lei de Kirchoff, conhecida também como “lei das malhas”: “**a soma algébrica das quedas de tensão numa malha fechada é sempre igual a zero**”. Note que “queda” pode ser tanto uma diminuição da tensão (sinal negativo) quanto uma subida (sinal positivo).

Porque igual a zero? A lei das malhas, de fato, é uma lei de conservação de energia. No circuito da figura 1, por exemplo, a fonte ε_1 transfere energia para as cargas que materializam a corrente elétrica. Esta mesma energia reaparece nos resistores sob forma de calor. Então, a transferência de energia feita da fonte para as cargas, somada à dissipação desta mesma energia sob forma de calor nos resistores, resulta em uma soma (algébrica) nula.

Como primeiro exemplo, vamos escrever tudo o que acontece na (única) malha da Figura 1. Saindo do ponto A, e percorrendo a malha no sentido horário, teremos:

$$+\varepsilon_1 - R_1 i_1 - R_2 i_2 = 0 \quad (1)$$

A primeira observação é a de que as correntes, de fato, são a mesma, $i_1 = i_2 = i$. Claro, é intuitivo: como a quantidade de água que passa por segundo num mesmo cano poderia ser diferente em dois pontos diferentes de um mesmo cano?

Então, se colocamos os valores da Figura 1 nesta equação, teremos (a unidade de medida de todos os termos é volt, ou V):

$$+ 9 - 10 i - 20 i = 0, \text{ ou } 9 = 10i + 20i = i (10 + 20)$$

Como este é um circuito muito simples, podemos (nem sempre isto será possível de forma tão fácil!) calcular a corrente i (agora, com as unidades, V para volts, Ω para ohms):

$$i = \frac{9V}{(10+20)\Omega} = 0,3 \text{ A}$$



Tarefas para você fazer para checar se tudo foi compreendido adequadamente.

Tarefa 1. Escreva a equação (1), mas desta vez percorrendo a malha no sentido inverso (anti-horário). Muda alguma coisa? O resultado do cálculo muda?

Tarefa 2. Monte o circuito da figura 1 no simulador PHET, com os mesmos valores de tensão da fonte e dos resistores que estão lá. Coloque um amperímetro no circuito. O professor ajudará nesta tarefa: o amperímetro precisa ser colocado em série no circuito. Para isto, o circuito precisará ser aberto, e o amperímetro colocado entre as duas extremidades que aparecem quando o circuito é aberto. O professor explicará tudo isto cuidadosamente.

E então? A leitura do amperímetro “fecha” com o cálculo feito pelo professor no exemplo?

Tarefa 3. Repita a tarefa 2, colocando o amperímetro em diferentes pontos da figura 1 (ou coloque mais amperímetros no circuito, sem retirar os anteriores, dá no mesmo). E então? O que acontece com as leituras de corrente dos amperímetros?

Tarefa 4. Monte novamente o circuito da figura 1, mas desta vez com apenas um resistor, de 30 ohms. Note que $30 \text{ ohms} = 10 \text{ ohms} + 20 \text{ ohms}$ (a soma dos dois resistores que apareciam no circuito anterior). Agora, escreva a lei das malhas para este circuito (é ainda mais fácil que o exemplo dado pelo professor!) Com a equação que você escreveu, calcule a corrente neste novo circuito.

E então, notou alguma coisa a respeito do valor da corrente, com relação ao exemplo feito pelo professor?

Tarefa 5. Com o circuito da tarefa 4 montado no PHET, insira um amperímetro e faça a medida da corrente. “Fecha” com a conta anterior?

Para terminar: você “descobriu” que, num circuito série puro, todos os resistores poderão ser substituídos por apenas um, cujo valor seja igual à soma destes. Este resistor pode ser chamado de *Requivalente*. Escrevendo como uma fórmula, teríamos algo assim:

$$R_{\text{equivalente}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (2)$$

Esta é a fórmula do resistor equivalente de um circuito série. Note também que qualquer número de resistores, a partir de dois, pode ser conectado em série; vale sempre a expressão (2).

Você talvez tenha achado um pouco exagerado o trabalho de escrever a equação da malha, e depois calcular a corrente. Porque não usar direto a fórmula (2)? A “promessa” que pode ser feita a você é a seguinte: “montar” a equação usando a lei das malhas é uma forma “muito poderosa” de fazer contas em circuitos elétricos. Se você aprender bem a lei das malhas, e a lei dos nós, que vem a seguir, você poderá trabalhar com circuitos muito mais complicados! Tudo o que você aprendeu servirá para resolver problemas muito mais difíceis (ok, não se assuste, você não precisará resolver problemas muito mais difíceis! Mas, se quiser, você poderá!)

ETAPA II: Lei dos Nós

O circuito da Figura 3 apresenta uma nova característica: saindo, digamos, do ponto A e percorrendo o circuito, há mais de uma possibilidade de caminho. Usando as letras superpostas à figura 3 como indicativo, podemos percorrer o caminho (malha fechada): A -> D -> polo negativo -> polo positivo -> A. (O caminho inverso também vale). Mas há outro caminho (malha fechada, também): A -> B -> C -> D -> polo negativo -> polo positivo -> A. Os sentidos das correntes (setas em vermelho, sobre o fio) foram indicados pelo próprio simulador (PHET), mas se você preferir, pode adotar o sentido inverso, sem problemas. Vamos explorar este novo circuito: comecemos pela malha A - D - polo negativo - polo positivo - A. Escrevendo a lei das malhas, temos:

$$-i_1 R_1 + \varepsilon = 0 \quad (3)$$

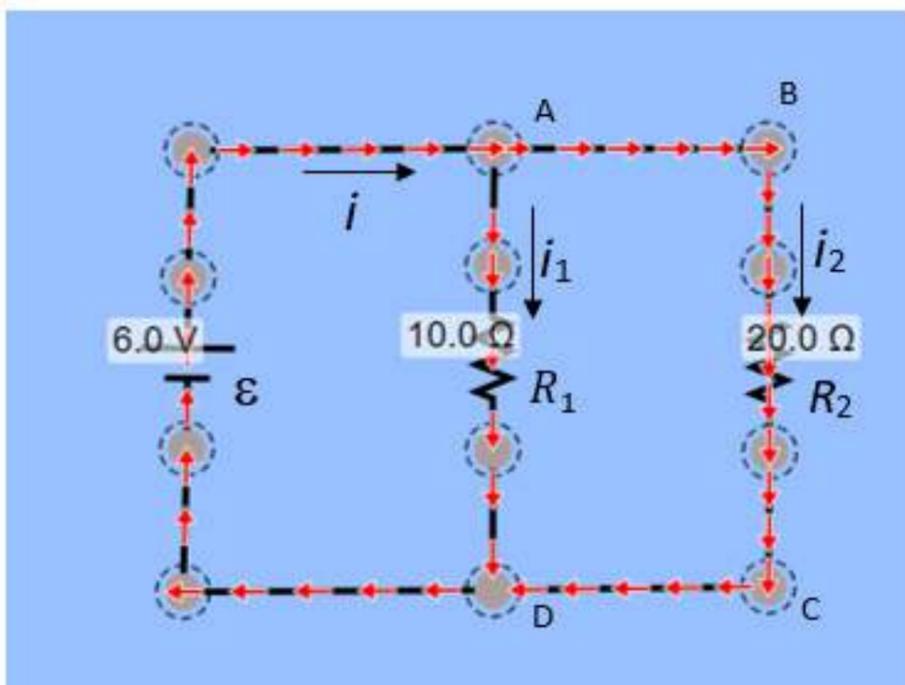


Figura 3. Um circuito paralelo “puro”. Há mais de um caminho para sair do polo positivo e depois retornar ao polo negativo (veja o texto).

A equação que resultou é muito simples e (neste caso) dá para obter a corrente i_1 :

$$i_1 = \frac{\varepsilon}{R_1} = \frac{6V}{10\Omega} = 0,6A$$

De maneira equivalente, é possível calcular a corrente i_2 , usando a malha fechada:

A -> B -> C -> D -> polo negativo -> polo positivo -> A:

$$i_2 = \frac{\varepsilon}{R_2} = \frac{6V}{20\Omega} = 0,3A$$

Agora, com estes dois resultados, buscaremos uma forma intuitiva de visualizar o que seria a assim chamada “lei dos nós”. Olhe o ponto A, na figura 3, e imagine que lá está um conector em forma de “T” (numa linguagem de eletricidade, chamaremos este ponto de “nó”). Numa das três “pernas” do T chega (imagine) um cano de água; de uma das outras duas pernas, (sempre no campo da suposição) saem 0,6 litros de água por segundo, e pela terceira perna, saem 0,3 litros de água por segundo. É inevitável: o primeiro cano deverá, necessariamente, fornecer a água que sai pelos dois outros canos. Dito em uma linguagem simplificada: tudo o que chega no ponto A também precisará sair deste mesmo ponto. Caso contrário, teríamos aí um acúmulo de água (ou um “sumidouro”), o que não faria sentido.

Entendido este aspecto, vamos pensar em corrente elétrica. O enunciado do que ocorre com as correntes elétricas no ponto A seria assim: “a soma das correntes elétricas que chegam em A é igual à soma das correntes elétricas que saem de A”. Esta é uma forma particular da lei dos nós! A forma geral poderia ser escrita assim: “**a soma algébrica das correntes num nó é sempre zero**”. Esmiuçando um pouco esta forma de escrever: todas as correntes que **chegam** num nó são tomadas como sendo positivas; as que **saem**, são tomadas como negativas. (O contrário também funcionaria, mas esta forma parece mais intuitiva, e vamos adota-la daqui para a frente.)

A primeira tarefa que vamos propor para você fazer é muito fácil: qual seria o valor da corrente i , na figura 3? Vamos ajudar um pouco: i chega no nó A, i_1 sai do nó A e i_2 também sai. Tínhamos combinado: as correntes que chegam são anotadas com um valor positivo, e as que saem, com um valor negativo. Desta forma, para o nó A,

$$+i - i_1 - i_2 = 0 \quad (4)$$

O cálculo de i é muito fácil deste jeito, não é? (Experimente calcular!)

A segunda tarefa consiste em recriar o circuito da figura 3 no PHET, com os mesmos valores para a fonte e para os resistores, e colocar amperímetros de tal modo que eles meçam as correntes i , i_1 e i_2 . As medidas dos amperímetros conferem com as dos cálculos?

Tarefa 3. Há algum outro nó no circuito da Figura 3? Uma pequena ajuda: o ponto B não precisa ser considerado um nó, pois se o considerássemos assim, uma só corrente chegaria e essa mesma corrente sairia. Chegaríamos a uma conclusão inútil (mas correta): , ou . Então, um nó que forneça informações não redundantes, como a acima, deve envolver três, ou mais, correntes.

Tarefa 4. Vamos agora explorar algumas propriedades interessantes de um circuito em paralelo, e para isso usaremos o PHET novamente. Monte o circuito da figura 3 adicionando chaves liga – desliga, como na Figura 4. (O ideal seria fazer esta tarefa em um grupo de três alunos, para poder tentar adivinhar o que vai acontecer, e depois, confirmar (ou não) no simulador.)

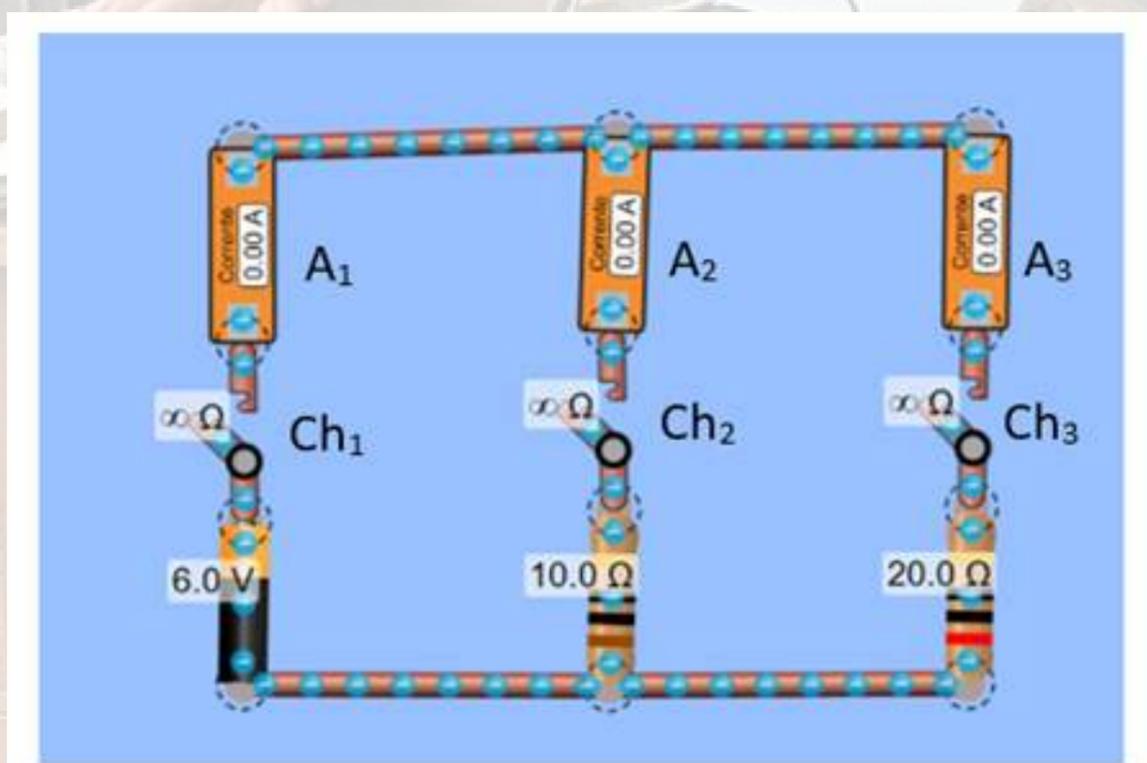


Figura 4. Circuito paralelo com chaves (Ch1, Ch2 e Ch3), e amperímetros A1, A2 e A3.

Note que, agora, a forma de representar a fonte e os resistores lembra como seriam estes objetos na vida real. A primeira parte da tarefa é livre: ligue e desligue qualquer uma das três chaves, deixe duas ligadas e uma desligada, ligue todas. Explore, e veja se você consegue entender o que está acontecendo.

Explorou o suficiente? Então, agora vamos anotar na tabela abaixo, de forma ordenada, estas possibilidades todas. Para cada combinação de chaves ligadas e desligadas, anote as leituras dos três amperímetros. Mas, para ficar mais divertido, a tabela pode ser preenchida antes de fazer funcionar o simulador. Tente: você consegue acertar os valores que os amperímetros apresentarão? Lembre-se de que o circuito da Figura 4 tem componentes com os mesmos valores daqueles do circuito da Figura 3.

Chaves	A_2	A_2	A_3
Só Ch_1 ligada			
Só Ch_2 ligada			
Só Ch_3 ligada			
Ch_1 e Ch_2 ligadas			
Ch_1 e Ch_3 ligadas			
Ch_2 e Ch_3 ligadas			
Ch_1 , Ch_2 e Ch_3 ligadas			

3- Um circuito (um pouco) mais complexo. Veja agora o circuito da figura 5. Ele é uma mistura de série e paralelo, e por isso não há “fórmulas prontas” para ele. Mas, isto não é problema para nós, pois aprendemos a operar com as leis de Kirchoff. Claro, a solução completa, “na ponta do lápis”, envolve cálculos mais demorados de fazer, mas nada que você não conseguisse, se tentasse por um tempo suficiente. Nosso objetivo, entretanto, será explorar coisas mais simples, para adquirir uma intuição maior sobre como funcionam estes circuitos. Vamos lá?

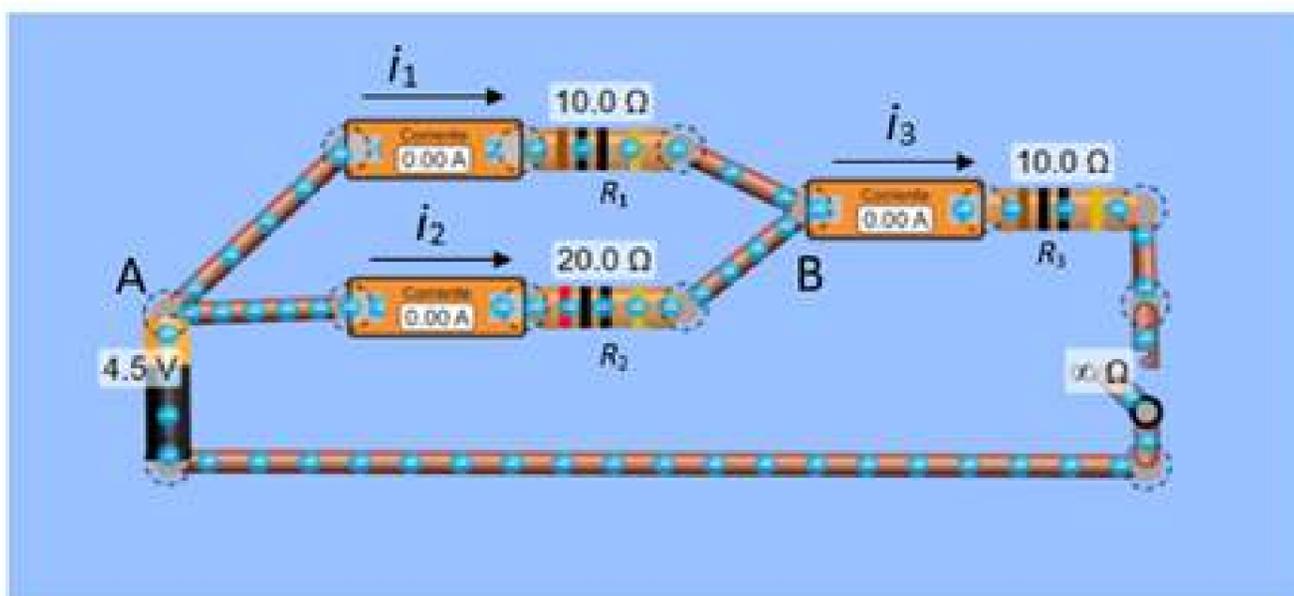


Figura 5. Vamos complicar um pouco mais? Um circuito misto.

Tarefa 1. Vamos escrever as equações para este circuito. Começando com a lei dos nós, no ponto B teremos $i_1 + i_2$ (as correntes que chegam) = i_3 (a corrente que sai). Passando a limpo:

$$i_1 + i_2 = i_3$$

Fácil, não é? Agora, ligue a chave do circuito e veja os amperímetros no simulador. A lei dos nós confere?

Tarefa 2. Desligue a chave do circuito no simulador. Agora, escreva a equação da malha que parte de A, passa por R1, B, passa por R3, passa pela fonte e retorna ao ponto A. Vamos fazer passo a passo. Quando passamos por R1, passamos no sentido da corrente i_1 , e então escreveremos $- R_1 i_1$.

Próximo passo: passamos por R3, no sentido da corrente i_3 , e então escreveremos $- R_3 i_3$.

Último passo: a passagem pela fonte. Como estamos percorrendo a malha no sentido horário, entraremos no polo negativo da fonte e sairemos pelo polo positivo. Então, escreveremos $+ \varepsilon$.

Juntando tudo:

$$- R_1 i_1 - R_3 i_3 + \varepsilon = 0$$

Conferindo: ligue a chave do simulador e verifique, substituindo os valores, que podem ser lidos nos amperímetros do circuito. A equação acima funciona?

Tarefa 3. Vamos deixar agora tudo por sua conta. Escreva a equação da malha que parte de A, passa por R2, B, passa por R3, passa pela fonte e retorna ao ponto A. (Veja o item anterior se tiver dúvidas de como se faz). Depois de escrita a equação, ligue a chave do simulador, anote as correntes, e confira. Simuladores são ótimos, é como se estivéssemos num laboratório, ligando fios, aparelhos de medida, fontes, estas coisas. Deu “certo”?

Uma última coisa: Não dá para achar todas as correntes “na ponta do lápis”? Dá, sim! Mas, como é um sistema de três equações e três incógnitas, o trabalho matemático é mais longo, e um pouco trabalhoso.

Vamos mostrar a seguir como é que faz, mas é só por curiosidade, é um desafio para quem quiser “ir até o fim”. Vamos lá: as três equações, tiradas das tarefas anteriores, e já com os valores de R e de ε , são:

$$i_1 + i_2 - i_3 = 0 \quad (5)$$

$$10 i_1 + 10 i_3 = 4,5 \quad (6)$$

$$20 i_2 + 10 i_3 = 4,5 \quad (7)$$

(Deixamos sem as unidades para evitar um excesso de símbolos). Como as duas últimas equações contêm apenas dois termos, dá para resolver de um modo mais fácil, assim:

$$10 i_1 + 10 i_3 = 20 i_2 + 10 i_3$$

Simplificando,

$$i_1 = 2 i_2$$

Agora, usando a equação (5), e substituindo o valor de i_1 obtido acima, temos

$$2i_2 + i_2 = i_3 = 3 i_2$$

Substituindo este resultado, $i_2=i_3/3$ na equação (7) e simplificando, chegamos a

$$i_3 = \frac{4,5 \times 3}{50} A = 0,27A$$

É bem simples, agora, encontrar as outras correntes:

$$i_2 = \frac{i_3}{3} = \frac{0,27}{3} = 0,09A$$

Agora, com a equação 5,

$$i_1 = i_3 - i_2 = 0,27A - 0,09A = 0,18A$$

Claro, tudo isto pode ser conferido no simulador. Nem é tão difícil, afinal!

Carta V: A Chama da Sustentabilidade: Uma Jornada Interdisciplinar pela Casa Comum

Prezado(a) Colega Professor(a),

Com o eco das palavras de São Francisco de Assis em nossos corações – “Louvai a Deus!” – somos convidados a refletir sobre nossos gestos e ações em relação à “Casa Comum”, como o Papa Francisco denomina nosso planeta na encíclica *Laudato Si'*. Mais do que uma saudação, esse chamado é um convite à mudança, à revisão de comportamentos que impactam negativamente o meio ambiente. As crises climáticas, sociais, políticas e econômicas que assolam o mundo exigem uma resposta urgente e coletiva.

No Brasil, políticas públicas como o Programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA) buscam conscientizar os estudantes sobre questões ambientais. No entanto, por diversos motivos, essa abordagem nem sempre recebe a devida atenção.

É fundamental mostrar aos nossos alunos que a preocupação com o consumo consciente não se limita à escola. Todo o mundo está engajado na discussão e na busca por soluções para preservar nossa Casa Comum e evitar crises globais iminentes.

A educação, em sua dimensão mais ampla, possui um papel crucial na esfera social. Através dela, podemos promover a cidadania, a justiça social e a sustentabilidade.

Nesse contexto, convido você, meu amigo, a se juntar a mim em uma prática interdisciplinar espontânea. Através dessa jornada, refletiremos sobre o potencial energético e o consumo consciente de aparelhos elétricos e eletrônicos.

Nosso objetivo é desmitificar conceitos equivocados e promover a ideia de que o consumo consciente é fundamental para a construção de um futuro mais sustentável.

O excesso, por outro lado, deve ser evitado, pois coloca em risco os recursos naturais do planeta e a qualidade de vida das futuras gerações.

Acredito que, juntos, podemos contribuir para a construção de um mundo mais sustentável e consciente. Através da educação, do diálogo e da ação conjunta, podemos inspirar as novas gerações a cuidarem da nossa Casa Comum com responsabilidade e amor.

Ao abraçarmos a causa da sustentabilidade e promovermos o consumo consciente entre nossos alunos, contribuimos para a construção de um futuro mais promissor para todos. Através da educação, podemos inspirar as novas gerações a serem agentes de transformação social e ambiental.

Com os mais sinceros votos de sucesso,
Professor Eliel Felizardo

PLANO DE AÇÃO DIDÁTICO

Componente curricular: Física

**Conteúdo programático:
Energia elétrica e consumo consciente**

**Duração:
8 horas-aula**

**Habilidade:
EM13CNT301**

Resultados de aprendizagem esperados:

- Dar sentido à fórmula de potência de diferentes dispositivos com base na exploração de diferentes experimentos, exploração esta mediada pelo professor/pesquisador.
- Explorar com os alunos diferentes interpretações da fórmula associada ao uso da energia elétrica.
- Despertar nos alunos a ideia da sustentabilidade

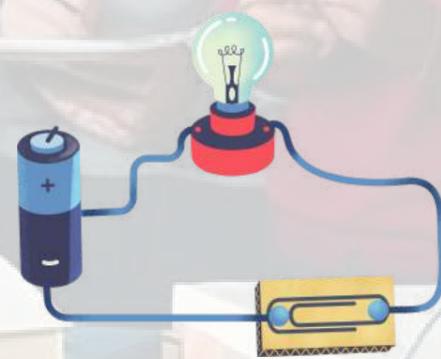
AValiação: A avaliação se dará ao longo do processo de construção da aprendizagem, com ênfase nos cálculos de potência (regra intuitiva e formal), o cálculo e as simulações de diferentes problemas com os comprovantes de energia elétrica e a avaliação por pares do podcast sobre as bandeiras tarifárias.

ETAPA I: Medindo a potência de alguns aparelhos elétricos

- Você já perguntou aos seus alunos qual é a potência de alguns aparelhos, mesmo que sejam simples, que eles usam em suas residências?
- Você já discutiu sobre os impactos sociais, políticos e econômicos que interferem na educação?
- Você já usou esses conhecimentos deles como base para criar uma abordagem didática do conceito de potência elétrica?

Para responder a essas perguntas e construir uma ação didática, utilizaremos a tomada para a medição de potência elétrica de dispositivos do cotidiano com a finalidade de verificarmos a potência e desmistificar o consumo energético das nossas casas.

Veja a descrição abaixo:



DISPOSITIVO PARA A MEDIÇÃO DE POTÊNCIA ELÉTRICA DE DISPOSITIVOS DO COTIDIANO

O dispositivo apresentado abaixo é similar às tomadas convencionais, exceto pelo fato de um dos fios de conexão, rígido, possuir um pequeno anel, no qual é facilmente acoplado um amperímetro de garra. O outro fio é enrolado de modo a formar uma bobina de 10 voltas. Se o amperímetro de garra for acoplado ao terminal com um anel, a leitura que ele fornecerá é diretamente a corrente que se quer medir, desde que, bem entendido, algum dispositivo (uma lâmpada de bulbo, por exemplo) seja conectado a uma das tomadas. Se o amperímetro de garra for acoplado ao anel com 10 voltas de fio, a corrente medida será 10 vezes maior. Isso é útil quando se quer medir dispositivos de (relativamente) baixo consumo, como carregadores de celular. O aparelho de medição operará mais afastado de seu limite inferior de escala, e fornecerá, conseqüentemente, leituras mais precisas. Bem entendido, nestes casos a leitura obtida no aparelho deverá ser dividida por 10. A potência (em watt) pode então ser calculada facilmente por meio do produto de V (volt) e i (em ampères), e comparada à que é especificada pelo fabricante.



Tomada para medição de potências de aparelhos eletrônicos utilizados no cotidiano.

Dicas didáticas

- Primeiramente, apresente os elementos de medição de potência elétrica, como tomadas, multímetros e amperímetros, bem como aparelhos elétricos comuns do cotidiano.
- Em seguida, conduza o experimento, com um estudante designado para registrar as potências medidas no quadro, enquanto os outros alunos anotam esses valores em fichas de registro. Eles podem então calcular o valor da potência em Watts e compará-lo com as especificações do produto.
- Essa atividade prática proporciona aos alunos a oportunidade de entender a relação entre os aparelhos elétricos que utilizam e a potência associada a esses dispositivos. Além disso, ela reforça a importância do consumo consciente de energia e do uso responsável de aparelhos elétricos.

Orientações:

Etapa 1: Com o amperímetro de garra você vai medir a tensão da corrente da tomada, colocando o amperímetro em corrente alternada (V) e com as ponteiros você deve medir e anotar. ($\cong 220$ V);

Etapa 2: Para medir a corrente utilizando o amperímetro de garra deve modificar o seletor para ampère (A), ligar para aparelho na tomada e fazer a aferição, em seguida anotar.

Entregar aos estudantes:

Estudantes! Todos nós já ouvimos muito sobre o consumo energético que os produtos elétricos e eletrônicos. Muitas das vezes, são mitos, por isso, a partir da atividade experimental acima, anote na tabela abaixo o aparelho elétrico e a respectiva corrente elétrica.

<u>Tomada</u>	V
APARELHOS	Watts (W)
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	

ETAPA II: Transformações de unidades

EXERCÍCIOS:

Antes de fazer os exercícios de potência, vamos praticar a transformação de unidades.

Sabendo que $1\text{kW} = \text{-----} \text{ W}$

1) Determine as conversões, utilizando a regra acima:

- a) 15kW em W
- b) 170W em kW
- c) 4 kW em W
- d) 3540 W em kW

ETAPA III: Potência - Regra

Orientar: Observe os dados coletados na atividade experimental e vamos agora calcular a potência elétrica de cada aparelho.

Orientações:

Passo 1: Verificar a intensidade (A) de aparelhos elétricos ligados na tomada de voltagem aferida (V).

Passo 2: Calcular a potência em Watts (W) de cada aparelho e anotar no quadro abaixo.

CÁLCULO DE POTÊNCIA:

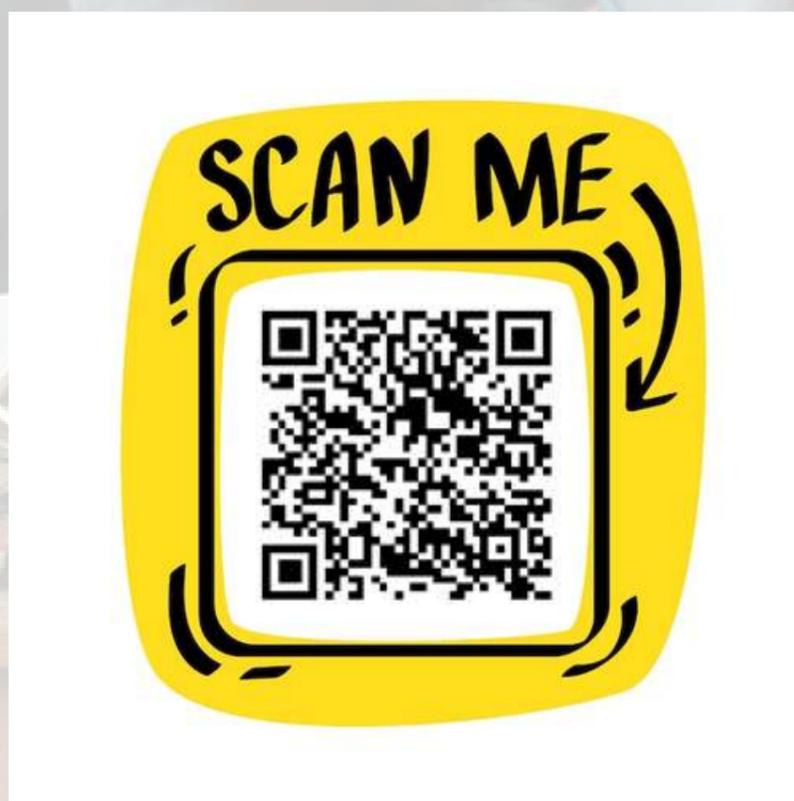
$$\text{Potência} = \text{Voltagem (V)} \cdot \text{intensidade (A)}$$

Fizemos a atividade experimental e calculamos a intensidade de alguns produtos mais utilizados em nossas casas, como o carregador do celular, o carregador do notebook, uma lâmpada acesa, entre outros. Mas, chegou a hora de determinarmos a potência elétrica desses aparelhos. Por isso, no espaço abaixo, liste os dispositivos elétricos aferidos experimentalmente e as suas respectivas potências em Watts e Quilowatts (lembre-se das conversões de medidas).

Aparelho aferido

Potência (em W e em kW)

Vamos calcular algumas potências de aparelhos que conhecemos? Acesse o código QR abaixo, que você encontrará a teoria e algumas atividades para resolver!



ETAPA V - Gasto consciente

Para iniciar o ensino sobre o gasto consciente, o professor lerá um trecho da encíclica Laudato Si' e pedirá em discussão espontânea o que os alunos entendem. É importante frisar que não é um aspecto somente religioso, mas também social e econômico em que o mundo se encontra a refletir e a procurar soluções significativas para combater o consumo desenfreado de energia.

Se nos aproximarmos da natureza e do meio ambiente sem esta abertura para a admiração e o encanto, se deixarmos de falar a língua da fraternidade e da beleza na nossa relação com o mundo, então as nossas atitudes serão as do dominador, do consumidor ou de um mero explorador dos recursos naturais, incapaz de pôr um limite aos seus interesses imediatos. Pelo contrário, se nos sentirmos intimamente unidos a tudo o que existe, então brotarão de modo espontâneo a sobriedade e a solicitude. (Francesco, 2010)

Questionar aos alunos sobre que atitudes são essas de consumidor ou de um mero explorador dos recursos naturais e quais são essas atitudes que devemos ter de modo espontâneo para sermos conscientes.

Em seguida, propor exercícios em conjunto utilizando a regra aprendida acima para determinar o gasto de energia dos aparelhos elétricos.

$$\text{Potência} = \frac{\text{Energia}}{\text{tempo}} \rightarrow \text{Energia} = \text{Potência} \cdot \text{tempo}$$

EXEMPLOS DE SITUAÇÕES-PROBLEMA

Exemplo 1: Vamos examinar o consumo e o custo de energia elétrica de Rita que possui um secador de cabelo, cuja potência $P = 800\text{W}$ e fica ligado durante meia hora (tempo = 0,5h), esse aparelho gasta a seguinte quantidade de energia:

$$\text{Energia} = \text{Potência} \cdot \text{tempo} \rightarrow E = 800 \cdot 0,5 \rightarrow E = 400\text{Wh}$$

Supondo que (um quilowatt-hora) custa R\$ 1,40, quanto custará essa secagem de cabelo?

Para obter a resposta, multiplica-se o valor do pela energia gasta, também em kWh.

Sabemos que $E = 400\text{Wh}$, transformamos de W para kW ($800\text{ W} = 0,800\text{ kW}$), e calculamos a energia (em kWh, a unidade da companhia de energia): $E = 0,4\text{kWh}$. Então:

$$\bullet \text{ R\$ } 1,40 \cdot 0,4 = \text{R\$ } 0,56$$

Agora, calcule o custo de energia elétrica se Rita usar o secador de cabelo durante 30 dias.

$$\text{R\$ } 0,56 \cdot 30 = \text{R\$ } 16,80$$

Exemplo 2: Mariana tem em sua casa um chuveiro, de 7000 W de potência e o seu banho demora até cantar quatro músicas do cantor Gustavo Lima, com o aparelho funcionando durante 15 minutos. Determine a quantidade de energia gasta e o custo de energia elétrica do banho. (Suponha que custe R\$ 1,40).

$$E \rightarrow 7000 \cdot 0,25 \rightarrow E = 1750\text{ Wh}$$

$$E = 1750\text{Wh} \rightarrow E = 1,75\text{ kWh}$$

$$\text{R\$ } 1,40 \cdot 1,75 = \text{R\$ } 2,45$$

Utilizando a regra acima, faça os exercícios seguintes:

1) Leia a situação-problema abaixo.

Josué comprou um ar-condicionado para a sua casa, e na caixa do produto dizia que a potência era de 1500 .

Você considera que o custo de operação deste aparelho será (baixo – médio – alto)?
Você consegue argumentar sua resposta? Uma pista: em quais condições o custo de operação do aparelho seria alto?

2) Leia os problemas a seguir e tente resolver.

a) Quantos kWh são consumidos por um produto que tem 70W de potência em 15 minutos?

b) Quantos kWh são consumidos por uma estufa de 1500W de potência em 3 horas?

c) O chuveiro elétrico de uma residência possui potência elétrica equivalente a 5000 W. Sabendo que nessa casa moram cinco pessoas e que cada uma toma dois banhos diários de 15 min, determine o consumo de energia elétrica mensal em kWh correspondente ao uso do chuveiro nas condições indicadas.

d) Em uma época de intenso calor, um aparelho de ar-condicionado com potência de 1500 W ficou ligado por mais tempo, chegando à marca mensal de consumo igual a 10500Wh. Determine por quanto tempo esse aparelho ficou ligado por dia. Este resultado faz sentido para você? Em outras palavras, o tempo te pareceu muito pequeno, ou razoável, ou muito longo? Podes explicar?

Acesse as respostas clicando aqui

ETAPA VI - Comprovante de energia elétrica

Previamente, o professor solicita aos alunos que tragam contas de luz de suas casas para serem utilizadas em sala de aula, se possível, as mais recentes.

Nesta etapa, solicitar que os alunos observem nas contas de luz quantos kWh foram consumidos e anotem no espaço abaixo:

Mês de referência = _____ kWh: _____

Feito isso, o professor solicitará que analisem o valor a ser pago:

Mês de referência = _____ Dias de consumo = _____ Valor (em R\$): _____

Logo após, em uma roda conversar sobre o gasto consciente, sobre os aspectos econômicos, políticos e sociais envolvendo a energia elétrica, as diferenças de valores da área urbana e área rural e os incentivos de se colocar placas solares.

ETAPA VII - Consumo consciente

Nesse momento, o professor organiza a turma em um semicírculo e discute que agora farão atividades que dirão respeito ao consumo energético consciente, pensando não somente neles, mas também nos familiares, amigos e comunidade.

O professor poderá iniciar mais ou menos assim: Agora iremos explorar o que está oculto nos comprovantes de energia trazidos por vocês e que às vezes não nos damos conta. Para isso, sigam as tarefas abaixo:

Observe a conta de luz apresentada e faça o que se pede:

- Determine a quantidade de kWh no mês de abril de 2022.
- Determine o valor a ser pago nessa conta de luz.
- Determine o valor de 1 kWh.
- Utilizando o valor de 1kWh calcule o custo de energia em uma casa em que moram 4 pessoas, o chuveiro tem 8000W de potência e cada pessoa demora 15 minutos no banho, tomando 2 banhos ao dia.
- Com o valor calculado acima (item c), pergunta-se: Que atitudes da família podem reduzir o gasto, de modo que o consumo se torne mais consciente. Tente argumentar no que as medidas que você sugeriu como resposta aumentarão (ou diminuirão) o conforto, a higiene, a saúde das pessoas. Você acha que as medidas que você sugere deveriam ser impostas a todos os membros da casa, ou “negociadas”? Tente argumentar sua resposta.
- Com o valor calculado acima (item c), pergunta-se: Em uma escola há 10 salas de aula com lâmpadas de 70W e ficam ligadas durante 8h. Calcule a quantidade de energia e o consumo.
- Com o valor da questão f, responda e justifique: que atitudes a escola poderia tomar para diminuir o consumo de energia? Neste caso, é razoável uma tentativa de diminuir o consumo? Tente justificar os argumentos a favor da tentativa de diminuição do consumo, e os argumentos contra esta tentativa.
- Utilize seu smartphone e pesquise. Após, compartilhe com os colegas formas de consumo de energia mais eficientes.

ETAPA VIII - Bandeiras tarifárias

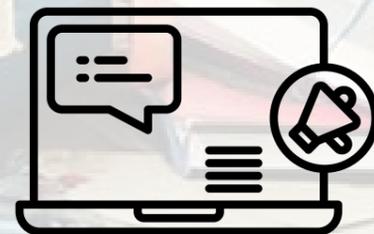
Inicialmente retomando em um esquema no quadro todos os tópicos já discutidos nos encontros (Energia elétrica, gasto consciente, consumo consciente, aspectos econômicos, sociais e políticos do consumo de energia, entre outros), após o professor passará a tarefa de fazer um podcast consciente, ou seja, nessa aula eles pensarão, criarão roteiro e gravações para um podcast voltado para as formas de economia de energia elétrica que todos podem praticar (em casa, escola, entre outros).

Uma dica para ajudar a montar um roteiro para seu *podcast* é seguir as instruções abaixo:

DICAS PARA MONTAR O ROTEIRO

- Introdução
- Apresentação do convidado
- Transição
- Assunto X
- Assunto y
- Pergunta para o convidado

ETAPA IX - Bandeiras tarifárias



Questionar os alunos: “Você sabe qual a diferença que a bandeira tarifária faz em nossas contas mensais”? Fazer uma discussão no grande grupo, permitindo que todos opinem. Feito isso, todos irão acessar o site da CPFL (<https://www.cpfl.com.br/bandeiras-tarifarias>), concretizando assim a conversa de como de fato funciona a cobrança na bandeira de energia elétrica, usando os dados extraídos em aulas anteriores.

Logo após, para finalizar essa etapa os alunos irão desenvolver duas tarefas:

TAREFA 1: Jogar na plataforma on-line Wordwall (<https://wordwall.net/resource/54760480>);

TAREFA 2: Com base no jogo que acabamos de usar, junte-se a um colega e crie a sua própria atividade sobre o consumo consciente (após todos irão experimentar o jogo dos seus colegas).

ETAPA X - Bandeiras tarifárias

Nesta aula os grupos irão apresentar seus podcasts para os colegas, fazendo-se uma avaliação em pares (vide modelo abaixo).

AVALIAÇÃO DOS PODCASTS

No decorrer de cada uma das apresentações elabore seu parecer, com base nos estudos realizados, considerando:

- Os principais componentes de um podcast, comentando/opinando sobre possíveis complementações no trabalho do/a colega.
- Os estudos acerca das bandeiras tributárias, explicações e exemplos vistos em aula.



O CONSUMO CONSCIENTE COM O USO DO SIMULADOR

No material a seguir, disponibilizamos um guia de como trabalhar o consumo consciente com o uso do simulador PHET.

Em cada etapa, se encontra o material necessário, uma descrição sucinta, a organização da turma, mas o tempo necessário, deixamos em aberto para que você [professor] possa trabalhar de forma espontânea e os alunos construam as habilidades de manusear o software e de compreenderem um pouco mais sobre o consumo consciente.

Para ter acesso a este material acesse ao Qr Code abaixo, imprima e utilize!



Bom trabalho!

As sugestões de aulas que seguem não foram aplicadas, mas no mesmo viés experimental, acreditamos que possa ser útil e rico em aprendizado.

Carta VI: Navegando pelos 'Minimundos' da Aprendizagem: Uma Abordagem Dialógica e Chevalardiana para o Ensino da Associação de Resistores

Prezado(a) Colega Professor(a),

A jornada do ensino, como bem se sabe, não se resume a um mapa pré-definido e um destino único. Em cada sala de aula, encontramos diversos “minimundos”, cada um com suas paisagens, culturas e formas de pensar. É nesse universo rico e plural que reside a beleza e o desafio da nossa missão: guiar os alunos em sua jornada de aprendizado.

Ao contrário de alunos passivos e meramente receptivos a conteúdos prontos, as novas gerações clamam por voz, participação ativa e protagonismo na construção do conhecimento. Essa mudança exige de nós, professores, uma postura mais dinâmica e engajada, buscando estratégias que transformem a sala de aula em um palco de descobertas e construção coletiva.

A experimentação, ferramenta fundamental para a aprendizagem significativa, permite que os alunos explorem os conceitos por si mesmos, formulando hipóteses, testando-as e construindo seus próprios conhecimentos. A sistematização, por sua vez, organiza e consolida os saberes adquiridos, dando-lhes forma e significado.

A modelagem matemática, utilizada de forma dialógica e contextualizada, oferece uma poderosa ferramenta para o ensino da associação de resistores. Através da construção de modelos matemáticos que representam os fenômenos físicos, os alunos podem:

Visualizar e compreender conceitos abstratos: A tradução de conceitos físicos em linguagem matemática permite aos alunos visualizar as relações entre as variáveis e os princípios físicos envolvidos.

Explorar diferentes cenários e situações: Através da manipulação das variáveis no modelo matemático, os alunos podem investigar diversos cenários e situações, aprofundando sua compreensão dos conceitos.

Desenvolver habilidades matemáticas: A modelagem matemática contribui para o desenvolvimento de habilidades matemáticas essenciais, como a resolução de problemas, a análise crítica e o pensamento lógico.

Inspirados na teoria da Transposição Didática de Yves Chevallard, podemos construir uma abordagem pedagógica que valoriza a interação e a construção de saberes. Essa abordagem se caracteriza pela:

centralidade do aluno: O aluno assume o papel principal no processo de aprendizagem, construindo seu próprio conhecimento através da experimentação, da reflexão e do diálogo;

interação como ferramenta: A interação entre os alunos, entre o professor e os alunos e entre os alunos e o conhecimento é fundamental para a construção de saberes;

valorização do erro: O erro é visto como parte natural do processo de aprendizagem, uma oportunidade para o aprendizado e a reflexão.

A avaliação deve ir além da mera verificação de respostas corretas. É fundamental considerar o processo de construção do conhecimento, os erros cometidos, as hipóteses formuladas e as argumentações dos alunos. Essa avaliação formativa permite acompanhar o desenvolvimento individual de cada aluno e fornecer feedback construtivo para auxiliar na sua aprendizagem.

Ao abraçarmos uma abordagem dialógica, chevalardiana e baseada na experimentação e na modelagem matemática, podemos transformar o ensino da associação de resistores em uma experiência significativa e engajadora para os alunos. Juntos, podemos construir uma educação que valoriza a diversidade, a autonomia e a construção coletiva do conhecimento.

Com os mais sinceros votos de sucesso,
Professor Eliel Felizardo

PLANO DE AÇÃO DIDÁTICO

Componente curricular: Física

**Conteúdo programático:
Associação de resistores em série**

**Duração:
8 horas-aula**

**Habilidade:
EM13CNT308**

Resultados de aprendizagem esperados:

- Desenhar diagramas de associações de resistores.
- Calcular a resistência equivalente de resistores associados em série.
- Manipular softwares que simulam os cálculos sugeridos acima.

AVALIAÇÃO: A avaliação se dará ao longo do processo de construção da aprendizagem, com ênfase nos cálculos de associação de resistores em série e nas simulações de diferentes problemas.

ENCONTRO 1: Caso de Ensino:

Etapa 1: Iniciar o encontro formando grupos de dois a três estudantes e distribuir uma cópia do caso para cada um dos grupos, veja abaixo:

“Quando eu tinha treze ou quatorze anos, montei um laboratório na minha casa. Ele consistia numa velha caixa de madeira na qual eu coloquei algumas prateleiras. (...) Eu também tinha um acumulador e um banco de lâmpadas. Para construir o banco de lâmpadas, desci a uma loja que vendia tudo a dez ou cinco centavos, comprei alguns bocais que você pode atarraxar a uma base de madeira e conectei-os a pedaços de fio de campainha. Ao fazer diferentes combinações de interruptores - em série (...) Mas o que eu não havia percebido era que a resistência de uma lâmpada depende de sua temperatura; então os resultados dos meus cálculos não foram os mesmos que aquela coisa que saía do circuito. Mas não estava tudo bem, já que quando as lâmpadas estavam em série, todas meio acesas, elas NÃO brilhavaaaaaavam, NÃO era muito lindo, era um pouco decepcionante!” (Richard Phillips Feynman Deve ser brincadeira, sr. Feynman. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, tradução de Cláudia Bentes David).

Suponham que vocês sejam o jovem Feynman (o físico Feynman aparece por uma ou duas vezes no filme “Oppenheimer”, ligado ao Projeto Manhattan e à bomba atômica) e queiram descobrir o motivo que as lâmpadas associadas (em série) não brilhavam muito e não era muito bonito visualmente. Por isso, você deve encontrar uma solução para estes problemas: por que as lâmpadas não brilhavam muito? Por que a temperatura afetava os cálculos feitos por ele? E a tensão aplicada a estes circuitos qual deve ser e o que afeta?

Etapa 2: o professor destina um tempo (10 min) para que os estudantes, após terem feito a leitura do caso, façam perguntas com o objetivo de esclarecer a tarefa.

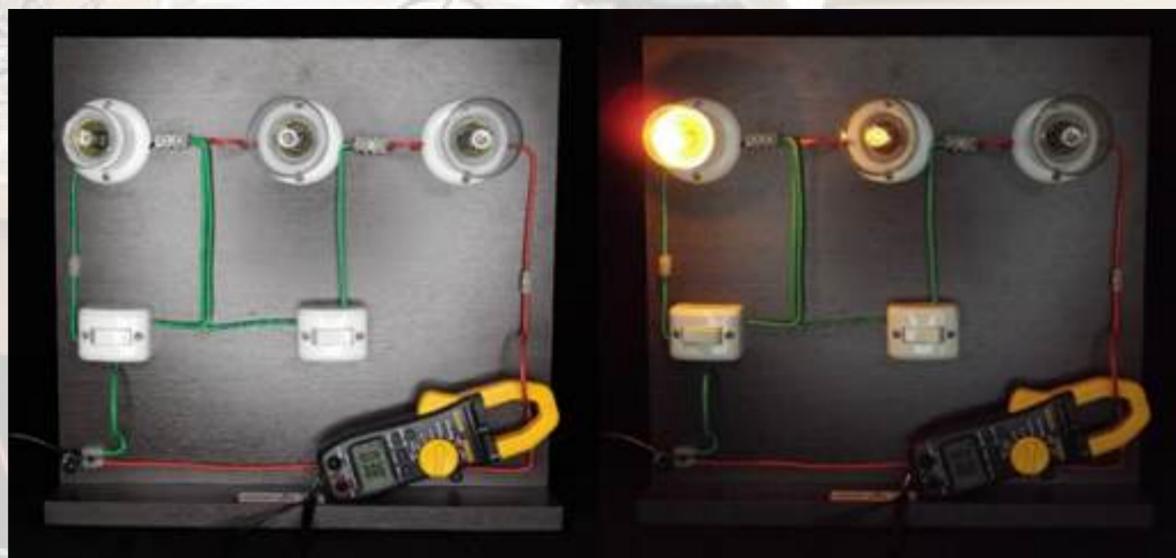
Etapa 3: os estudantes analisam o caso, levantam os dados disponíveis, identificam problemas, propõem questões e refletem sobre os conhecimentos que eles possuem e que podem auxiliar na resolução do caso. Por sua vez, o professor promove uma discussão sobre o caso, colocando-o também questões e guiando a discussão em direção a pontos importantes do problema, mas jamais dando previamente as respostas a essas questões. (Tempo estimado: 20 min).

Etapa 4: o professor sorteia um membro de cada grupo para expor oralmente suas soluções para a situação apresentada, que será discutida ao final do próximo encontro.

(É importante que o professor tenha o registro das soluções apresentadas pelos grupos: anotação, foto, gravação de áudio, etc.). (Tempo estimado: 20 min)

ENCONTRO 2: Experimentação Guiada: ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

O painel dupla face desenvolvido pela UCS com a verba do CNPq servirá para explorar o conceito de associação em série. A exploração do painel se torna bastante contra intuitiva no momento em que as lâmpadas conectadas em série são aquelas cujas etiquetas do fabricante especificam 70 W, 220 V; 40 W, 220 V e 25 W, 220 V (o painel só produz os resultados aqui descritos quando as lâmpadas são de filamento). A lâmpada que brilha mais é aquela cuja etiqueta é a de 25 W (lâmpada à esquerda na imagem à direita). As medições de corrente (todas as correntes são iguais) e de DDP permitem “decifrar” facilmente a charada. Os estudantes gostam de perguntar porque o painel não foi montado com três chaves, uma para cada lâmpada. Rapidamente eles percebem que, se existissem três chaves, e se todas elas fossem acionadas ao mesmo tempo, a configuração produziria um curto circuito. Diversas outras atividades e explorações são descritas em CATELLI, F. V. Villas Boas, F. S. SILVA. Modelos em ambientes de aprendizagem de Física: circuitos elétricos simples. In: João Bernardes da Rocha Filho. (Org.). Física no Ensino Médio: Falhas e Soluções. 2 ed. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2015, v. 1, p. 69-78.

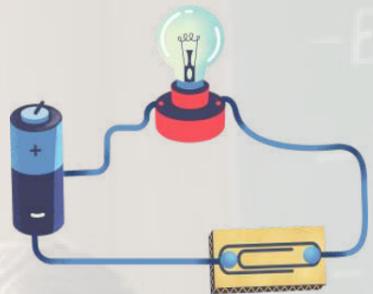


Face do painel onde três lâmpadas (apagadas na imagem da esquerda e acesas na da direita) estão conectadas em série.

Inicialmente o (a) professor (a) explicará que esta é uma associação em série, fazendo uma analogia a um cano de água em que se liga a torneira e vai abastecendo três torneiras ligadas umas às outras com canos de diferentes diâmetros.

Em seguida, o (a) professor (a) desenha no quadro um circuito semelhante, colocando três resistências e duas tomadas e uma fonte de energia.

Feito isso, pede que um aluno (a) faça as anotações no quadro e que todos também anotem em seus cadernos, juntamente com o desenho.



O experimento é desenvolvido em algumas etapas, descritas abaixo:

Etapa 1: Com o voltímetro medir a diferença de potencial ($\cong 220V$)

Etapa 2: Colocar três lâmpadas de filamento, explicar aos alunos o motivo de serem lâmpadas de filamento e não lâmpadas de LED, pois estas já possuem um circuito elétrico que se ajusta segundo a tensão na qual a lâmpada é ligada (110 V ou 220 V).

Etapa 3: Medir a tensão de cada uma das lâmpadas e anotar (V_1 , V_2 e V_3)

Etapa 4: Perguntar aos alunos o que vai acontecer quando se ligar o painel na tomada. Pedir também que eles anotem as respostas.

Etapa 5: Questionar os alunos sobre o fato de a lâmpada de menor potência (25W, informando que essa potência só é obtida quando a lâmpada está ligada em 220V) é a que mais brilha, a de 42W brilha um pouquinho e a lâmpada de 70W parece estar apagada. Anotar as respostas.

Etapa 6: Indagar: E se eu tirar a lâmpada de 70W, o que acontecerá? Anotar as respostas.

Etapa 7: Tirar a lâmpada de 70W. Anotar as observações.

Etapa 8: Após, explicar que o cálculo do resistor equivalente de uma associação em série é dado pela fórmula:

$$R=R_1+R_2+R_3$$

Etapa 9: Pedir que os alunos calculem o valor da resistência equivalente. Anotar o resultado.

Encontro 3: Atividade computacional



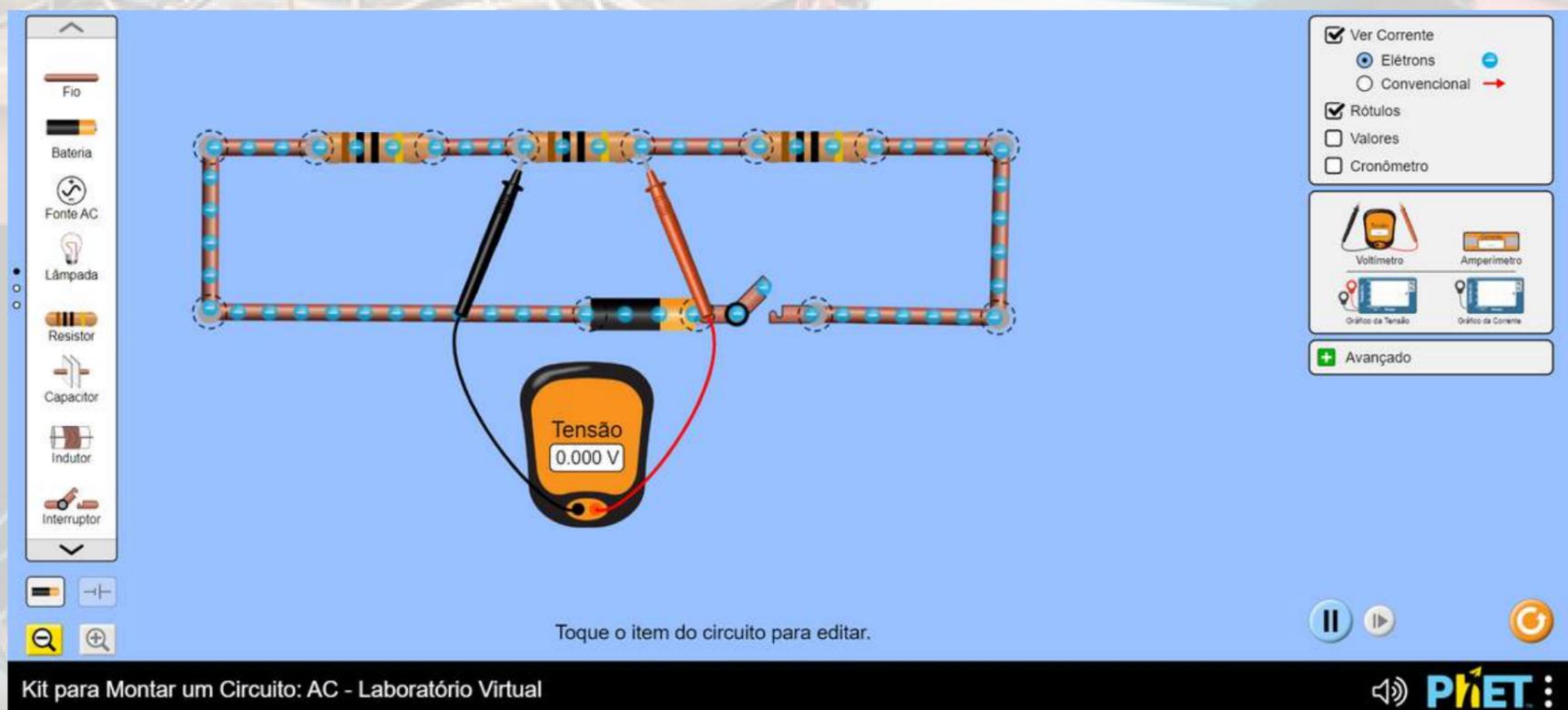
Resolvendo problemas de associação em série com o auxílio de simuladores

Como fazer a associação de resistores em série com diferentes quantidades de lâmpadas?

1) Abra o simulador “Kit para Montar um Circuito: AC - Laboratório Virtual” (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab)

2) Inicialmente, atue na interface da forma que desejar, explorando o simulador. Anote alguma coisa interessante que você notou.

3) Agora, faremos uma exploração um pouco mais dirigida. As lâmpadas e resistores disponíveis na simulação oferecem a opção de regular a resistência. Para isso clique no componente e quando aparecer a barra na parte inferior da tela regule a resistência. O mesmo vale para as baterias. Inicialmente associe três resistores de diferentes voltagens em série, colocando amperímetros nas extremidades da associação. Ligue a associação a uma bateria. Ligue o interruptor e verifique o valor medido da corrente. Use a figura abaixo como referência para montar o circuito de resistores.



3.1. Use o voltímetro para medir as tensões em cada resistor.

3.2. Tire um resistor da associação e verifique novamente o valor da corrente e a tensão em cada resistor.

3.3. Substitua dois resistores em série por lâmpadas de mesma resistência.

3.4. Ligue e observe o valor das correntes, a tensão em cada lâmpada e o brilho.

3.5. Acrescente mais uma lâmpada à associação em série e verifique a tensão em cada lâmpada e o brilho delas.

4. Faça um esquema (desenho) que represente o experimento realizado na simulação e indique o valor da corrente, das resistências e da tensão em cada elemento.

SISTEMATIZAÇÃO DO CONTEÚDO:

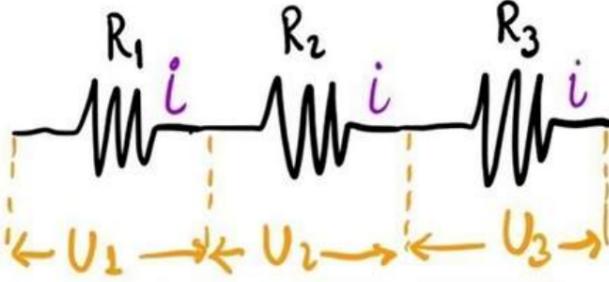
Para iniciar a sistematização do conteúdo, o professor retomará o caso de ensino e as soluções apresentadas por cada grupo.

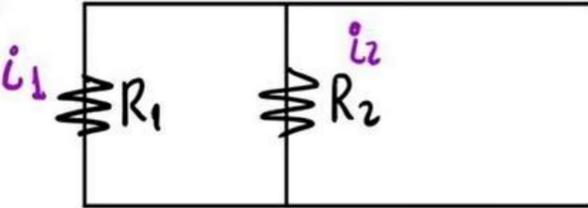
O professor fará uma discussão com os grupos sobre as soluções e quais apresentam resultados melhores para a questão proposta, após, proporá que os alunos pesquisem a teoria da associação em série em seu livro didático (referência básica) e montem um mapa conceitual sobre a associação em série, tendo as representações, como calcular e exemplos de exercícios resolvidos (conforme modelo abaixo).

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Resistor: 

@prof Henrique jt

Em série =  (Mesmo i)
 $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$
 $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$

Em Paralelo =  (Mesmo U)
 $i = i_1 + i_2 + \dots$
 $R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ ou $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

• Dica: Para Resistores Iguais $R_{eq} = \frac{R}{n}$ → n° Resistores

Fonte: Study maps

Ao final do encontro, o professor solicitará que cada estudante faça cinco situações-problemas sobre associação em série e entregue ao professor. O professor recolherá estas questões e fará adaptações que sejam necessárias para a compreensão, concordância, etc. Na próxima aula será disponibilizado uma lista de exercícios para os alunos realizarem em sala de aula com as perguntas elaboradas por eles.

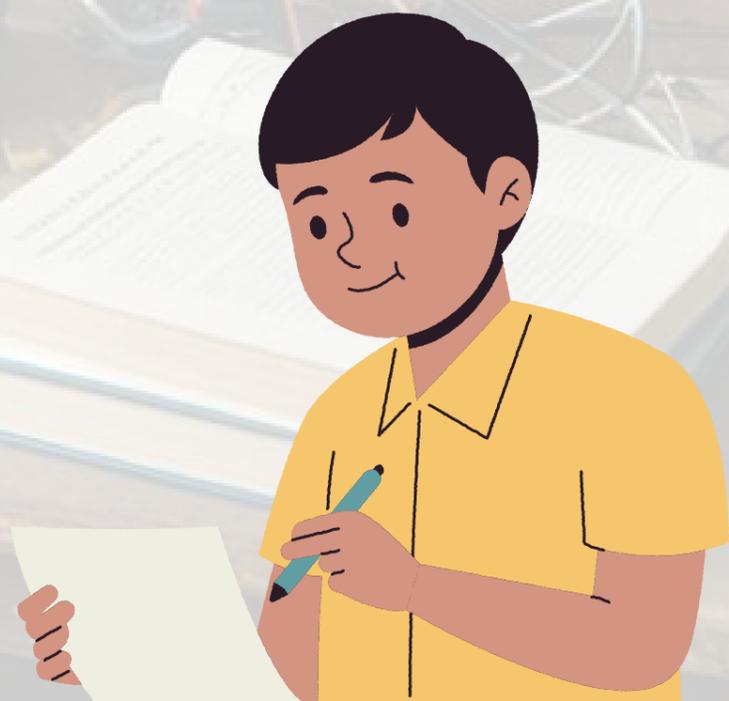
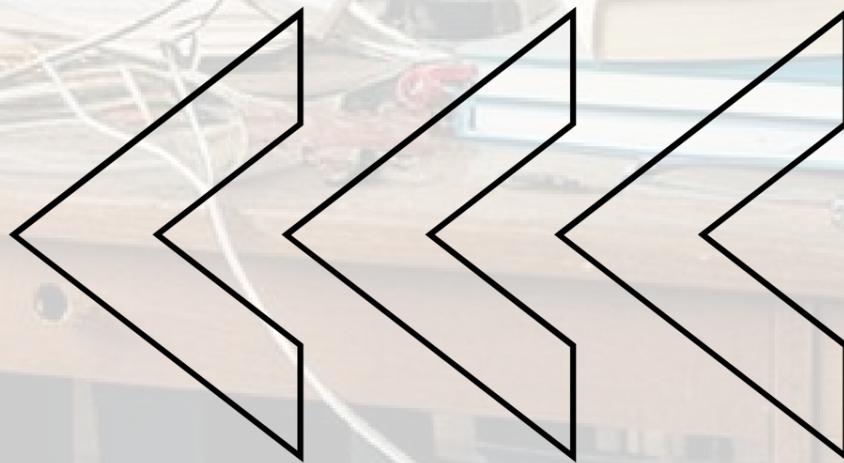
Encontro 4: Exercícios em sala de aula

Etapa 1: o professor separará a turma em duplas e/ou trios, entregará o material e solicitará que todos os integrantes façam os registros das resoluções dos exercícios.

Etapa 2: várias vezes, durante a aula, o professor intercala períodos de exposição dialogada (duração não superior a 10 min) com exercícios selecionados, isto é, sorteará alguns exercícios para que os alunos apresentem sua solução para o grupo.

Etapa 3: ao final da aula, o professor recolherá aleatoriamente os registros de um membro do grupo. Esse procedimento servirá para o professor analisar os erros, bem como os acertos imediatos, para avaliar se teve interesse e comprometimento dos estudantes.

No Qr-Code abaixo, você, professor encontrará uma lista de atividades que possa ser utilizado com os seus estudantes, caso opte por essa estratégia.



PLANO DE AÇÃO DIDÁTICO

Componente curricular: Física

**Conteúdo programático:
Associação de resistores em paralelo**

**Duração:
8 horas-aula**

**Habilidade:
EM13CNT310**

Resultados de aprendizagem esperados:

- Desenhar por meio de diagramas associação de resistores.
- Calcular resistores em paralelo.
- Manipular softwares que simulam os cálculos apresentados acima.

AVALIAÇÃO: A avaliação se dará ao longo do processo de construção da aprendizagem, com ênfase nos cálculos de associação de resistores em paralelo e as simulações de diferentes problemas.

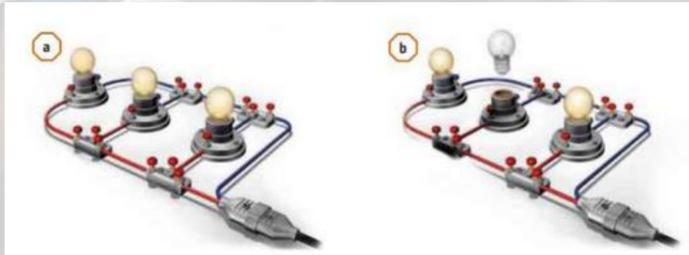
ENCONTRO 1: Think-pair-share: ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

Think-pair-share

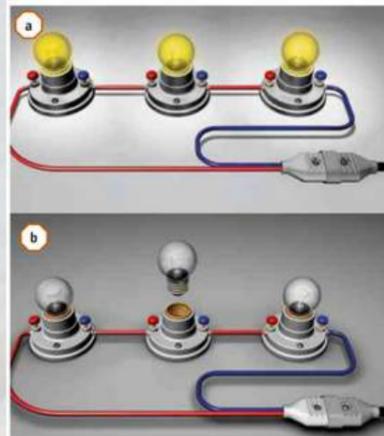
ETAPA 1: Pense: o professor fará com que os estudantes se coloquem a pensar por meio da pergunta a seguir. Os estudantes terão três minutos para pensar sobre a questão (esta etapa será feita individualmente).

OBSERVE AS IMAGENS:

I)



II)



Em sua opinião, há diferença nas imagens e nas associações dos resistores? Em caso afirmativo, você poderia informar qual (is)?

ETAPA 2 – Discuta com um par: usando parceiros designados, vizinhos próximos ou companheiros de mesa, os estudantes formarão duplas para discutir sobre a resposta de cada um. Eles são estimulados pelo professor a comparar as suas notas (mentais ou escritas) e identificar as respostas que acham melhores, mais convincentes, ou mais originais.

ETAPA 3 - Compartilhe com o grande grupo: depois que os estudantes conversarem em pares por alguns momentos (novamente, um tempo de um minuto) o professor pedirá que os pares compartilhem suas ideias com o restante da turma. (Isso pode ser feito por meio de um sorteio, ou ordem alfabética, ordem de grupo, etc.) O professor irá escrever essas respostas no quadro ou gravá-las usando um aplicativo do celular, para os estudos posteriores.

ENCONTRO 2: Experimentação Guiada: ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

O lado do painel apresentado na figura abaixo (com as lâmpadas apagadas, à esquerda, e acesas, à direita) corresponde à conexão de 3 lâmpadas de filamento, em paralelo. (As lâmpadas são de filamento por configurarem, desta forma, resistores “puros”: a indutância e a capacitância associadas são desprezíveis). As três chaves permitem qualquer combinação desejada de lâmpadas acesas. Para cada lâmpada há um anel de medição de corrente, por meio de um amperímetro de garra. Há um quarto anel para a medição da corrente total do circuito. As lâmpadas possuem potências e tensões de 70 W, 220 V, de 40 W, 220 V e 25 W, 220 V.

As duas chaves, ligadas em paralelo, respectivamente, a cada uma das duas lâmpadas mais à esquerda, permitem, quando ligadas, que a corrente “desvie”, praticamente por completo, através delas. Assim, a lâmpada cuja chave é conectada não acende (poderia até ser retirada). Ao mesmo tempo, as outras lâmpadas têm seus brilhos aumentados.



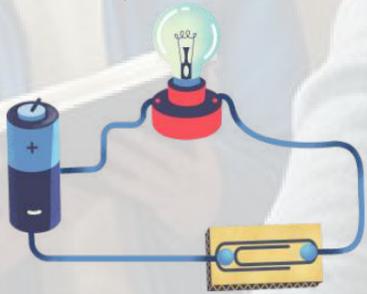
Face do painel onde três lâmpadas (apagadas na imagem da esquerda e acesas na da direita) estão conectadas em paralelo.

Inicialmente o (a) professor (a) explicará o motivo que esta é uma associação em paralelo, fazendo uma analogia, por exemplo, com uma casa, em que uma pessoa chega e liga a lâmpada da cozinha, depois a apaga, liga a da sala, etc. Ele argumenta, assim, que apagar ou acender qualquer lâmpada não afeta o estado (ligado / desligado) de todas as outras lâmpadas.

Em seguida, o (a) professor (a) desenha no quadro um circuito semelhante, colocando três resistências, três tomadas e uma saída de energia.

Feito isso, pede que um aluno (a) faça as anotações no quadro e pede que todos anotem em seus cadernos, juntamente com o desenho.

O experimento será desenvolvido em algumas etapas, descritas abaixo:



Etapa 1: Com o voltímetro, medir a diferença de potencial ($\cong 220V$)

Etapa 2: Colocar três lâmpadas de filamento, explicar aos alunos o motivo de serem lâmpadas de filamento e não lâmpadas de LED, pois estas já possuem um circuito elétrico que se ajusta segundo a tensão na qual a lâmpada é ligada (110 V ou 220 V).

Etapa 3: Medir a tensão de cada uma das lâmpadas e anotar (V_1 , V_2 e V_3).

Etapa 4: Perguntar aos alunos o que vai acontecer quando se ligar o painel na tomada. Pedir que anotem as respostas, para posterior conferência e discussão.

Etapa 5: Questionar os alunos acerca do motivo de se desligar a lâmpada de 70W as outras ficarem ligadas. Anotar as respostas.

Etapa 6: Indagar: E se eu tirar a lâmpada de 42W, o que acontecerá? Anotar as respostas.

Etapa 7: Tirar a lâmpada de 70W, eles verificam o que aconteceu. Pedir para que eles anotem as observações.

Etapa 8: Após, explicar que a regra do resistor equivalente da associação em paralelo é dada pela fórmula:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

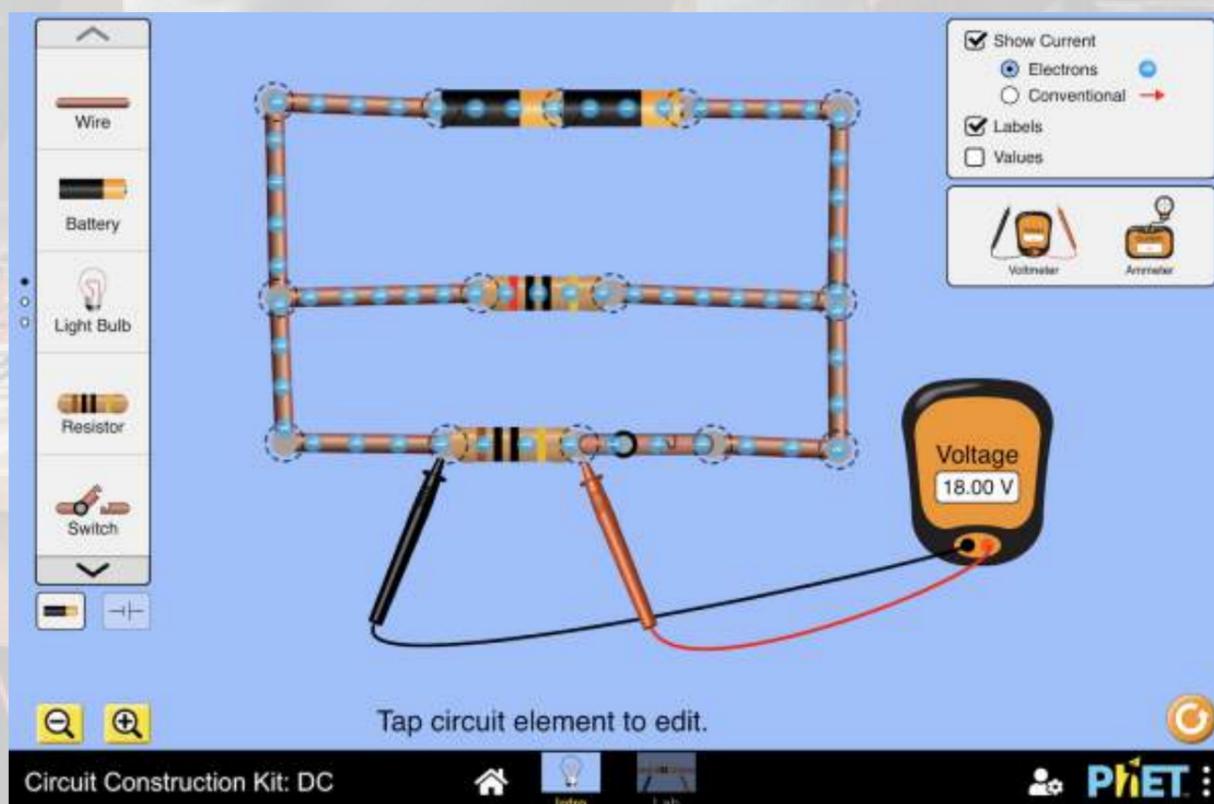
Etapa 9: Pedir que os alunos calculem o valor da resistência do resistor. Anotar o resultado.

ENCONTRO 3: Experimentação computacional



1. Abra o simulador “Kit para Montar um Circuito: AC - Laboratório Virtual” (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab)
2. Reinicie a simulação e associe três resistores de 10Ω em paralelo, colocando amperímetros em cada ramo da associação.
3. Ligue a associação a uma bateria de 12V.

Ligue o interruptor e verifique o valor da corrente em cada ramo e a tensão em cada resistor. Use a figura abaixo como referência para montar o circuito de resistores em paralelo.



4. Tire um resistor da associação (clique em cima do resistor e use a tecla “delete”) e verifique novamente o valor da corrente e a tensão em cada resistor.
5. Substitua os dois resistores em paralelo por lâmpadas de mesma resistência. Ligue o circuito e observe o valor das correntes, a tensão em cada lâmpada e o brilho.
6. Acrescente mais uma lâmpada à associação em paralelo e verifique a tensão em cada lâmpada e o brilho delas.

Tarefa: Faça esquemas que representem os circuitos testados na simulação, indicando o valor da corrente, das resistências e tensões em cada elemento.

SISTEMATIZAÇÃO DO CONTEÚDO:

Para iniciar a sistematização do conteúdo, o professor retomará o caso de ensino (Etapa 1 do TPS) e as soluções apresentadas por cada grupo.

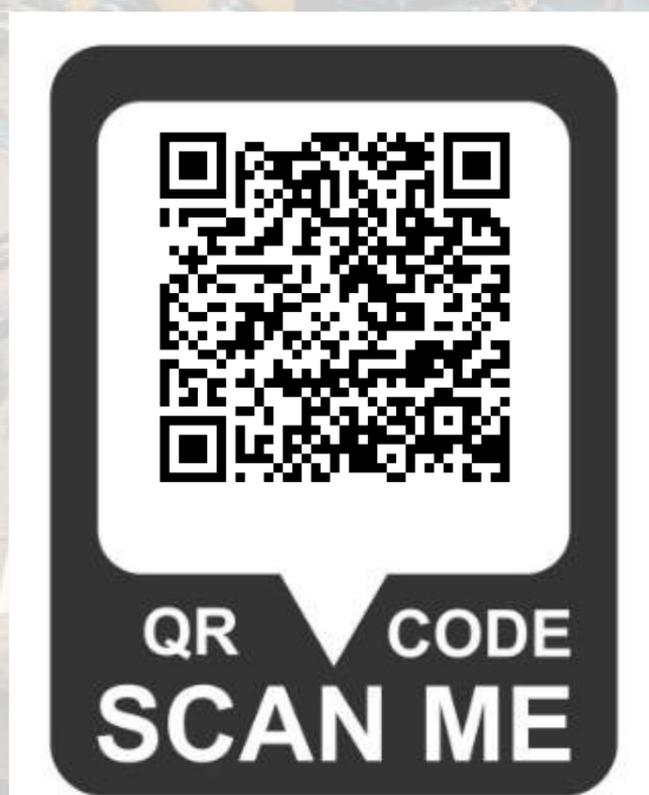
O professor fará uma discussão com os grupos sobre as soluções e quais apresentam resultados mais convincentes para a questão proposta. Após, proporá que os alunos pesquisem a teoria da associação em paralelo e, inicialmente, respondam:

- Qual a diferença entre as associações da questão inicial?
- Qual figura representa a associação em série? Por que você acha isso?
- Que figura representa a associação em paralelo? Você poderia explicar?

É importante que o professor se atente às respostas dos alunos e os indague quais razões os levaram a escolher as situações como sendo associações em série e em paralelo.

Feito isso, o professor explicará que a figura I é uma associação em paralelo e a figura II é uma associação em série e exporá os motivos, utilizando o experimento físico, retomando as anotações dos alunos e o experimento digital, em seguida, utilizando o livro de referência solicitará que os alunos façam um resumo da associação em paralelo, contendo definição, fórmula e exemplos. Por fim, é proposta a resolução de exercícios do livro didático.

Professor (a) no Qr-Code abaixo você encontrará tarefas sobre associação de resistores.



ENCONTRO 4: Exercícios (grupos com tarefas diferentes)

ETAPA 1: o professor apresentará os objetivos da atividade (revisar o conteúdo estudado a partir do simulador PHET) com destaque para a importância da participação ativa e colaborativa de todos, seja em benefício próprio ou dos colegas. É muito importante que todos deem a sua colaboração, que será registrada pelo professor. Em seguida, solicitará que a turma se organize em seis duplas.

ETAPA 2: cada grupo receberá um problema diferente por meio de um Qr-Code.

QR-Codes das questões a serem propostas:

PROBLEMA 1:



PROBLEMA 2:



PROBLEMA 3:



PROBLEMA 4:



Esses problemas devem ser solucionados com base em pesquisa e discussões. O professor passará uma lista com o número de integrantes do grupo, em cada um deles, para que cada estudante assine seu nome. Ou seja, o grupo Problema 1 será destinado aos estudantes 1 e 2, o grupo Problema 2 terá os integrantes 2 e 3, assim por diante, com os demais grupos. Durante esta etapa, a lista fica com o grupo, e um dos componentes, com a ciência de todos, fará anotações, ao lado dos nomes, registrando a participação de cada um. Para tanto, o professor explicará que a participação consiste em: questionar/problematizar, responder, procurar resolver, explicar ou demonstrar alguma forma de colaboração. Também durante esta etapa, o professor deve passar de grupo em grupo, orientando, dando dicas, não respostas, conforme entender que os estudantes estejam encaminhando a solução para o problema.

ETAPA 3: tendo cada um dos grupos resolvido o problema que lhe coube, o professor recolhe as listas com os nomes dos participantes de cada grupo e forma novos grupos, desta vez: Grupo 1, com os estudantes de número 1; Grupo 2, com os estudantes de número 2; e assim por diante.

ETAPA 4: socialização e discussão coletiva, com esclarecimentos, contando com a participação de todos, para o fechamento do estudo proposto.

One Minute Paper

Ao final de todo este processo da associação dos resistores em série e em paralelo, serão entregues aos alunos filipetas (pequenas tiras de papel) para que os alunos escrevam possíveis dúvidas que ainda existam sobre os conceitos construídos e trabalhados sobre as associações em série e em paralelo.



PLANO DE AÇÃO DIDÁTICO

Componente curricular: Física

**Conteúdo programático:
Associação mista de resistores**

**Duração:
8 horas-aula**

**Habilidade:
EM13CNT308**

Resultados de aprendizagem esperados:

- Desenhar diagramas de associação de resistores.
- Calcular diferentes grandezas (tensão, corrente, resistência) de associações mistas de resistores
- Manipular softwares que simulam os cálculos referidos acima.

AVALIAÇÃO: A avaliação se dará ao longo do processo de construção da aprendizagem, com ênfase na simulação do problema dado.

Etapa 1: Inspiração

Ler a reportagem a seguir do Jornal Zero Hora de 2018:

Mais de 90% das escolas estaduais precisam de reforma na rede elétrica

Levantamento é da própria Secretaria Estadual de Educação; colégio em Viamão está sem luz há quatro meses devido a curto-circuito

Instaladas em prédios antigos e com manutenção escassa ao longo dos anos, mais de 90% das 2,5 mil escolas estaduais necessitam de algum tipo de reforma na rede elétrica. O levantamento é da própria Secretaria Estadual de Educação (Seduc). Nesta semana, GaúchaZH acompanhou o caso de dois colégios às escuras. A Escola Érico Veríssimo, em Viamão, está sem luz há quatro meses devido a um curto-circuito que atingiu a estrutura. Em Porto Alegre, a Escola Lucas de Oliveira enfrenta a falta de energia depois que a fiação foi roubada no início do mês.

Nesta semana, o governo gaúcho liberou R\$ 53,3 milhões em recursos para 349 instituições de ensino realizarem reformas e melhorias. Do total de colégios contemplados no Programa Autonomia Financeira, 73 vão destinar o valor para obras emergenciais na área elétrica.

De acordo com o secretário Ronald Krummenauer, um plano foi elaborado para minimizar as dificuldades da comunidade escolar.

— Um dos problemas que constatamos ser comum a mais de 90% das escolas está relacionado à parte elétrica. Muitas têm mais de 50 anos e nunca haviam recebido qualquer tipo de melhoramento — observa.

Por conta disso, a Seduc conversou com 11 universidades no Rio Grande do Sul para firmar um convênio. De forma voluntária, os alunos prestes a se formar nos cursos de Engenharia e Arquitetura e professores, sob supervisão de engenheiros da Secretaria Estadual de Obras, desenvolvem projetos de reforma elétrica nas escolas.

— Dessa forma, os custos são reduzidos e há agilização do processo — salienta Krummenauer.

O diretor-administrativo da secretaria, Rogerio Leal, detalha que foram criados 11 polos, cada um com uma universidade, e 70 estagiários foram contratados.

— Alguns trabalhos já estão sendo executados — garante Leal.

Neste convênio, conforme a Seduc, o repasse inicial para as obras é de R\$ 40 milhões, com prioridade para os 200 casos de maior gravidade. Os recursos são oriundos de um empréstimo junto ao Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (Bird), além de contrapartida do governo do Estado.

Quatro meses sem luz

Após reportagem do Diário Gaúcho revelar que alunos da Escola Érico Veríssimo, de Viamão, estavam com as aulas prejudicadas devido à falta de energia elétrica há quatro meses, a Secretaria Estadual de Educação (Seduc) assinou contrato nesta sexta-feira (29) com a empresa ST Construtora, que vai receber R\$ 33 mil para a reforma. A expectativa é que as obras iniciem na próxima terça-feira, dia 3 de julho.

A falta de energia na escola foi provocada depois de um curto-circuito na rede elétrica. O fato aconteceu em 23 de fevereiro. Desde então, os alunos precisam contar com a claridade natural para conseguir estudar.

Só falta religar a energia

Na Escola Felipe de Oliveira, em Porto Alegre, o retorno da energia elétrica depende apenas da CEEE. Depois do furto da fiação, no início do mês, a Seduc garantiu o conserto e a segurança do prédio no período da noite. Agora, de acordo com a direção do colégio, é necessária a religação da energia pela concessionária. A solicitação já foi feita pela própria secretaria junto à empresa de energia. Questionada pela reportagem, a CEEE informou que uma equipe deve visitar a escola nesta sexta-feira (29). “Se estiver de acordo, a energia será restabelecida”, informa a nota.

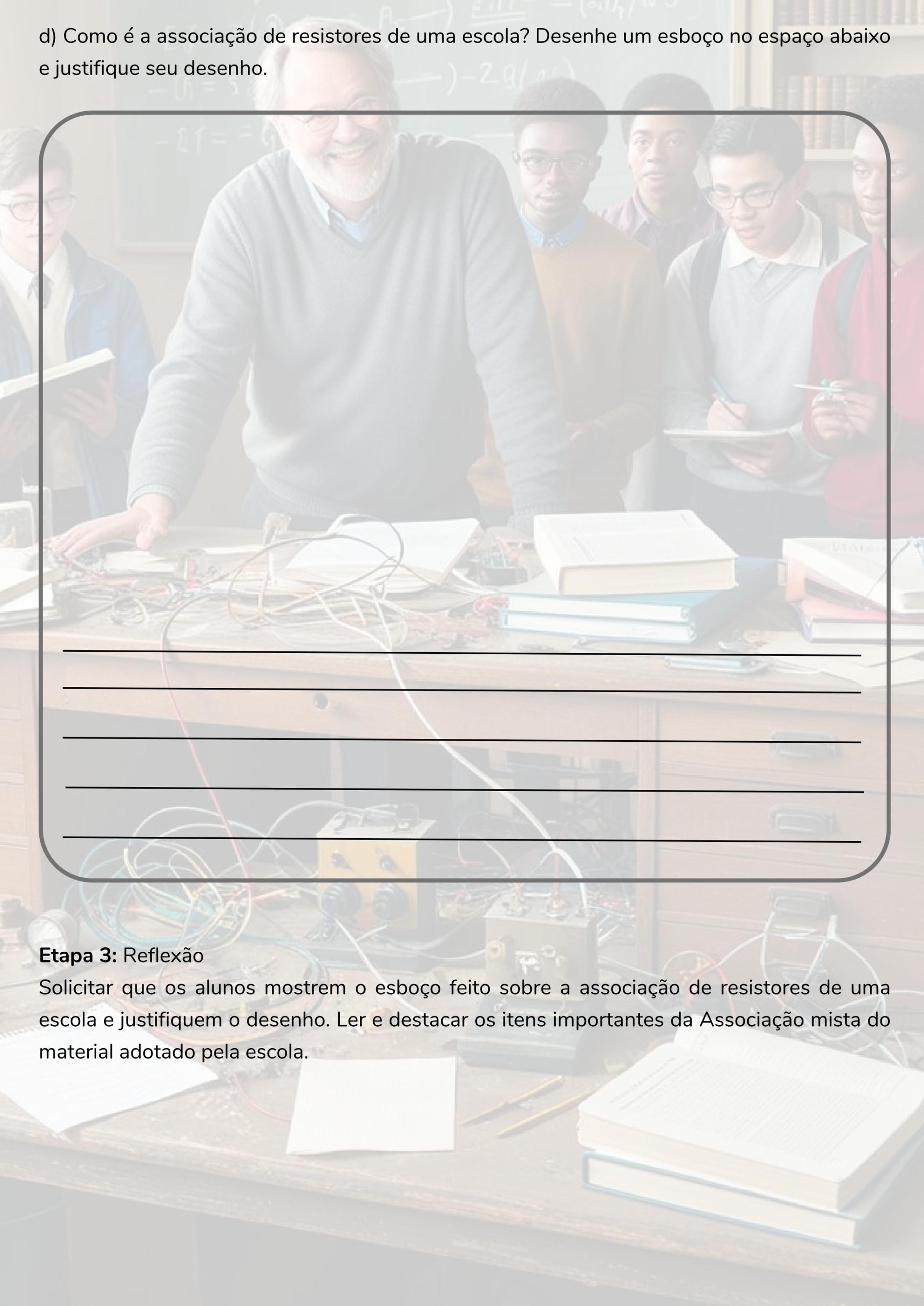
Referência: SILVA, Francine. **Fiação Reprovada.** Disponível em:
<https://gauchazh.clicrbs.com.br/educacao-e-emprego/noticia/2018/06/mais-de-90-das-escolas-estaduais-precisam-de-reforma-na-rede-eletrica-cjj05t5ag0hk101paaxq2oozt.html>.
Acesso em: 23/03/2023

Etapa 2: Problematização

Perguntar aos alunos:

- a) Em sua opinião, por que aconteceu o curto-circuito na Escola Érico Veríssimo de Viamão?
- b) O que eles acham que será o próximo conteúdo a ser construído em aula.
- c) Você percebe alguma relação do conteúdo estudado com o tema desta reportagem? Você poderia explicar?

d) Como é a associação de resistores de uma escola? Desenhe um esboço no espaço abaixo e justifique seu desenho.



Etapa 3: Reflexão

Solicitar que os alunos mostrem o esboço feito sobre a associação de resistores de uma escola e justifiquem o desenho. Ler e destacar os itens importantes da Associação mista do material adotado pela escola.

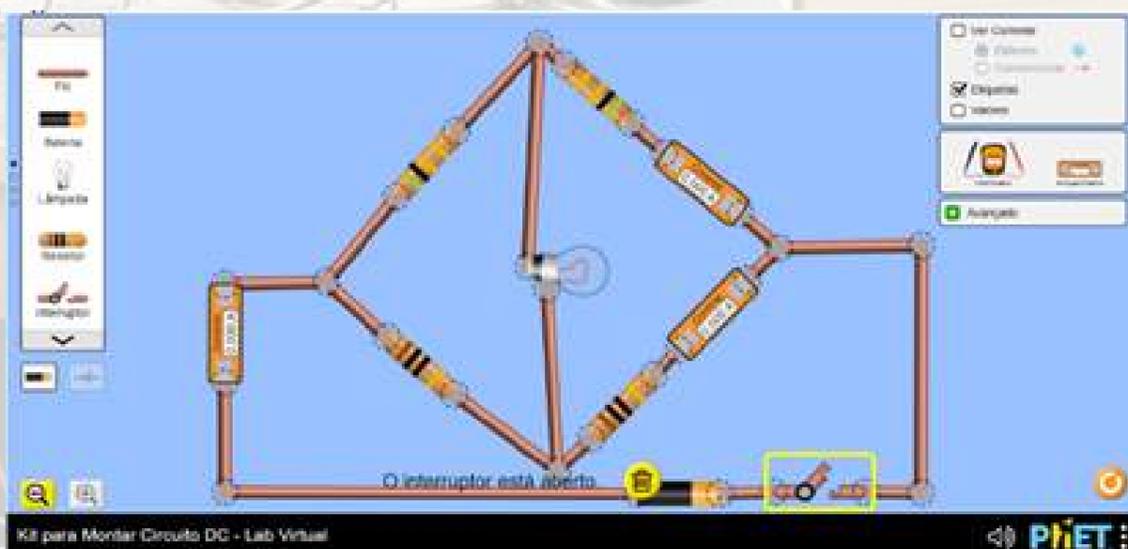
Etapa 4: Transpiração

Tarefa 1: Verifique seu esboço e veja se você consegue identificar as associações em série e em paralelo. Caso contrário, desenhe uma sala de aula que contemple esses conteúdos.

Tarefa 2: Quatro lâmpadas com resistências de $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 1\Omega$, $R_3 = 3\Omega$ e $R_4 = 2\Omega$ são ligadas em uma sala de aula, e a corrente elétrica é de 220W. Calcule a resistência equivalente do circuito.

Tarefa 3: Com o simulador *PhET* Colorado faça o que se pede:

- Acesse a página do simulador PhET
(<https://phet.colorado.edu/en/simulations/circuit-construction-kit-ac>)
- Nessa simulação experimental, utilizar fios, fonte de tensão (bateria), três amperímetros, quatro resistores, uma lâmpada e um interruptor.
- Monte a Ponte de Wheatstone, conforme a figura abaixo:



Ponte de Wheatstone. Fonte: FRAZÃO, 2021

Questionamentos sobre o experimento:

1. Por que a lâmpada não acende quando o interruptor é fechado (Utilize os voltímetros)?
2. Passa corrente elétrica por essa lâmpada? Justifique.
3. Se trocarmos a lâmpada por outra de resistência diferente, ela acenderá? Explique.
4. A associação de quatro resistores representada na figura 1 é denominada ponte de Wheatstone, qual a finalidade dessa associação? Pesquise com seu smartphone e escreva.

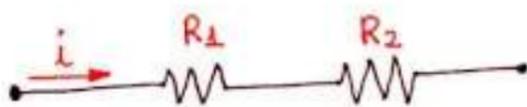
Etapa 5: Síntese

Mapa conceitual sobre as associações em série, em paralelo e mista. Deve conter: Nome da associação, representação, aplicação, fórmula para o cálculo e um exemplo de resolução, conforme o modelo abaixo.

São circuitos compostos por resistores associados tanto em paralelo quanto em série

Associação em série

Quando associados em série, os resistores são percorridos pela mesma corrente elétrica:



Os resistores R_1 e R_2 estão ligados em série.

Resistência equivalente

Série

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots$$

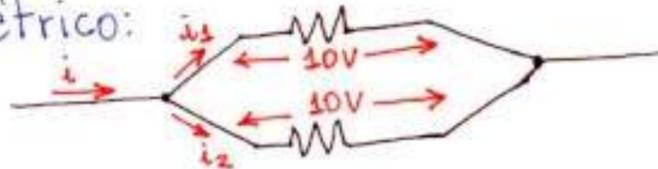
Paralelo

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

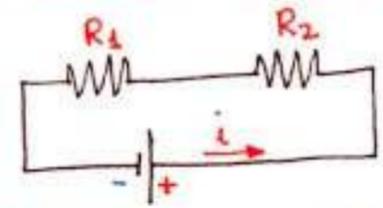
Circuitos mistos

Associação em paralelo

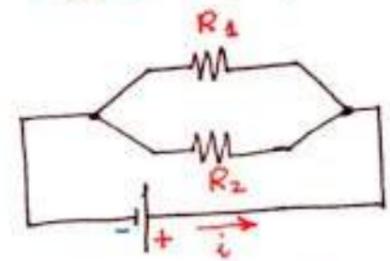
Quando associados em paralelo, os resistores estão sob o mesmo potencial elétrico:



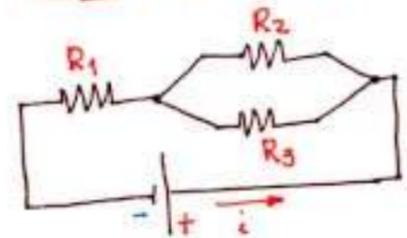
Circuito em série



Circuito em paralelo



Circuito misto



Fonte: Brasil Escola

REVISÃO DOS CONTEÚDOS

Componente curricular: Física

Conteúdo programático:

Efeito Joule, Resistores, Leis de Ohm, Nós, ramos, malhas, Leis de Kirchhoff e Associação de resistores

**Duração:
3 horas-aula**

**Habilidade:
EM13CNT301
EM13CNT308**

Resultados de aprendizagem esperados:

- Revisar os conteúdos vistos e explicar aos colegas de grupo como se resolve e as diferenças de associações, resistores, leis de Ohm, potencial elétrico, Leis de Kirchhoff, entre outros.

AVALIAÇÃO: A avaliação se dará ao longo do processo de construção da aprendizagem, com ênfase no diálogo, na aprendizagem desenvolvida ao longo do processo.

Utilizando o Método dos Trezentos, que resumidamente, consiste em uma metodologia em que os estudantes se ajudam mutuamente por meio de grupos potencialmente colaborativos a partir de grupos mistos que são formados com estudantes com bom rendimento e outros com baixo rendimento nas aulas.

**Para acessar a lista de revisão dos conteúdos,
acesse o arquivo PDF clicando no ícone!**



AVALIAÇÃO DOS CONTEÚDOS

Componente curricular: Física

Conteúdo programático:

Efeito Joule, Resistores, Leis de Ohm, Nós, ramos, malhas, Leis de Kirchhoff e Associação de resistores

Duração:
3 horas-aula

Habilidade:
EM13CNT301
EM13CNT308

Resultados de aprendizagem esperados:

- Dar sentido à fórmula de potência de diversos dispositivos com base na exploração de diferentes experimentos, exploração esta mediada pelo professor/pesquisador.
- Explorar com os alunos diferentes interpretações da fórmula associada ao uso da energia elétrica.
- Despertar nos alunos a ideia da sustentabilidade.

AVALIAÇÃO: A avaliação se dará ao longo do processo de construção da aprendizagem, com ênfase nos cálculos de potência, o cálculo e as simulações de diferentes problemas com os comprovantes de energia elétrica e a avaliação por pares do podcast sobre as bandeiras tarifárias.

Para acessar a lista contemplando a avaliação dos conteúdos, acesse o arquivo PDF clicando no ícone abaixo!



Caro (a) estudante!

Levando em consideração o investimento que você realizou durante esta avaliação e visando aproveitá-la como parte integrante do processo de aprendizagem, vamos receber aperfeiçoamento em relação às questões propostas nesta avaliação após a sua realização. Responda:

É possível você completar/aperfeiçoar as respostas apresentadas?

A prova estava de acordo com o que foi trabalhado em aula?

O que você daria como sugestão para a avaliação?

Caro (a) estudante!

Feita a análise e devolução das avaliações, proponho a ampliação do prazo para o fechamento desta etapa. Para tanto, considerando a importância do "envolvimento" como uma responsabilidade que deve ser assumida para quem quer aprender, peço que:

1. Resolva novamente todas as questões que você errou, em novo documento (papel sulfite ou caderno);
2. Para cada uma das questões, você deve:
 - a) Analisar o (s) erro (s) cometido;
 - b) Justificar o motivo, identificando os procedimentos incorretos, buscando na teoria, argumentos e justificativas.

A entrega deste trabalho, por aqueles que estiverem dispostos a investir na melhoria da qualidade de suas aprendizagens, deve ser entregue em dois documentos, ou seja, a prova já analisada e a nova, em que foram feitos os aperfeiçoamentos juntamente com o Diário de Bordo no dia determinado.

AUTOAVALIAÇÃO DOS CONTEÚDOS

Pensando no seu rendimento nas aulas, preencha a sua autoavaliação abaixo:

AUTOAVALIAÇÃO NA DISCIPLINA

Considerando o que foi promovido na disciplina, atribuir a cada aspecto um percentual que expressa sua conduta e aproveitamento dos estudos:

Li **todos** os textos indicados:

Realizei **todas** as atividades propostas em **cada uma** das aulas:

Participei ativamente em **todas** as aulas:

Pensando na avaliação da disciplina e do método empregado para aperfeiçoamento na dissertação de mestrado para outros professores realizar, responda abaixo:

AVALIAÇÃO NA DISCIPLINA

1. Qual a sua satisfação em relação a essa disciplina?

() muito satisfeito () satisfeito () pouco satisfeito () insatisfeito

2. Destaque dois aspectos que, na sua percepção, merecem destaque nessa disciplina.

3. Destaque dois aspectos que possam contribuir para a melhoria dessa disciplina.

4. Qual sua opinião em relação à bibliografia indicada/utilizada na disciplina?

() muito satisfeito () satisfeito () pouco satisfeito () insatisfeito

5. Qual a sua satisfação em relação aos procedimentos e metodologia utilizada na disciplina?

() muito satisfeito () satisfeito () pouco satisfeito () insatisfeito

6. Apresente todos os comentários que julgar pertinentes à avaliação da disciplina.



$$-E\delta = \dots$$
$$-U = \dots$$
$$-2\tau = \dots$$

Sugestões de respostas

Handwritten notes on a spiral notebook.

A single sheet of white paper with handwritten notes.

A stack of books on a desk.

Reflexões!



atic
 $\xi = R_{lv}(b_1)$
 $\xi = R_{ns}(u_0)$
 $\xi = N/\rho_0 \dot{\xi}$
N

Equation
 $T_e - A \left[\xi \right]_v = \left[F \right]_b \Rightarrow T_{\xi}$
 $Ct = \left[z \right]_{\rho}^{|\xi|} = \left[\gamma \right]_{\rho}^{|\xi|} = 2 T_{\xi}$
 $Tc/w \left[\xi \right]_{\rho}^{|\xi|} = \left[\xi \right]_{\rho}^{|\xi|} = X T_e$

Laboratory
 $F_{(v)} = H_{(v)} = \dots$
 $F_{(v)} = F_{\rho}$
 $H_{(v)} = \xi N(y) \left[\dots \right] H_{(v)}$
 $\xi = \xi(y)$

Carta VII: Entre Apostilas e Lições de Vida: Uma Reflexão sobre a Essência da Educação

Meu amigo,

É inegável o fato de que vivemos em um mundo globalizado e capitalizado e a “ideia” de quem tem mais prestígio são instituições em que preparam para os exames de seleção para cursos de Medicina, Direito e Engenharia em universidades de prestígio. Mas, me angustia, assim como acredito que nosso amigo Paulo Freire se angustia, na época da Ditadura Militar e repressão política, ao ver o ensino que estava sendo proposto no período em que viveu e deixou inúmeros textos para refletirmos sobre a arte de ser educador.

Entendo meu amigo, que não posso nadar contra a maré e em alguns momentos preciso fechar os meus olhos para o que a educação está se tornando: uma franquilha de ensino, como defendido por Pieroni em 1998 e isso decorre nitidamente da editora e do apostilar que o educandário vai optar. O professor terá que, ao longo do ano letivo, vencer os conteúdos ali propostos para manter o seu emprego e seu sustento. O que aconteceu com as premissas pelas quais os pais do Movimento Escola Nova no Brasil, como Anísio Teixeira, lutaram para construir em um país onde a educação era deixada de lado?

Seria uma grande quimera minha voltar com o sistema, hoje taxado de “tradicional” em que o professor preparava as aulas com carinho e ali depositava a amorosidade por ensinar e preparava as listas, embora algumas puramente repetitivas, eram o seu ofício que ali mostravam e levantavam a bandeira e diziam com o peito estufado: “EU SOU PROFESSOR!”

Lembro-me de um poema escrito por autor desconhecido, mas conhecido como ‘O professor, o relógio e a lição de vida’ em que um jovem encontra um senhor de idade e pergunta-lhe se lembrava dele, e o velho responde que não e o moço responde que se tornou professor porque aquele homem a sua frente tinha lhe inspirado a ser como ele.

Esse pergunta o que o motivou a escolher a carreira do magistério e ele relembra uma história que aconteceu quando tinha a tenra idade e tinha roubado o relógio novo de um colega de classe e o professor experiente pediu para que todos enfileirados fechassem os olhos e que iria inspecionar os bolsos de cada aluno, quando chegou do jovem, encontrou e o pegou, mas continuou até o final da fila.

O jovem indaga ao professor já velho por que não tinha dito nada e nunca mencionou esse episódio e que o educador tinha salvado a dignidade daquele garoto, e professor responde que se lembrava da situação do relógio roubado, que tinha procurado em todos, mas não lembrava de quem tinha sido, porque também fechou os olhos enquanto procurava.

Meu amigo, é isso que sinto falta nesse novo formato de educação, não ensinamos mais lições de vida, não ensinamos mais a ser cidadãos dignos e conscientes, mas seguimos uma apostila que a escola nos orienta e para não perdermos nosso “ganha pão” fizemos isso e estamos cada vez mais perdendo a nossa essência de educadores, mas nos tornando máquinas de reprodução!

Ora, embora ficássemos horrorizados ao ouvir e ver o vídeo *Another Brick in The Wall de Pink Floyd*, ao ver numa tradução simples que os alunos eram somente ‘tijolos na parede’, agora os alunos são, e ousa dizer, mercadoria para aprovação em exames de seleção e exposição para outros pais e alunos seguirem esse exemplo!

Eu sei que não será possível voltarmos aos velhos tempos da escola, mas então o que é possível fazermos? Trabalhar com o que temos, mas a cada momento oportuno trazer aspectos do cotidiano, da vivência para que exerçamos nosso papel na sociedade com empatia, caráter e, que sejamos pessoas que, mesmo na velhice, sejamos lembrados pelos nossos alunos, não pelos castigos, pelas apostilas ou quaisquer outros motivos didáticos, mas que se lembrem de lições de vida que deixamos para nossos alunos.

Com os mais sinceros votos de sucesso,
Professor Eliel Felizardo

Carta VIII: Resistindo à Besta: Uma Reflexão sobre o Poder e o Saber na Educação

Prezado(a) Colega Professor(a),

Sua reflexão sobre as palavras de Foucault e Champagnat ecoa em meu coração com força e urgência. De fato, a pergunta que você nos faz – “Que discurso e que saber você tem produzido nos seus alunos?” – é fundamental para que possamos avaliar nossa prática docente e buscar a transformação social através da educação.

O Poder na Educação: Uma Besta a Ser Enfrentada

Foucault nos alerta para a onipresença do poder, que se manifesta não apenas como repressão, mas também na produção de saberes e discursos. Nesse contexto, cabe a nós, educadores, questionar criticamente o poder que permeia o sistema educacional e buscar alternativas que priorizem a emancipação dos alunos e a construção de uma sociedade mais justa e democrática.

São Marcelino Champagnat: Um Exemplo de Inspiração

As palavras de São Marcelino Champagnat nos convidam a refletir sobre o impacto profundo que nossa prática docente exerce sobre a vida dos nossos alunos. Somos responsáveis não apenas pela transmissão de conteúdos, mas também pela formação de cidadãos íntegros, capazes de contribuir para a construção de um mundo melhor.

Chevallard e a Transposição Didática: Uma Ferramenta para a Resistência

Yves Chevallard, com sua teoria da Transposição Didática, nos oferece uma ferramenta valiosa para compreendermos o processo de transformação do Saber Sábio em Saber Ensinado. Essa transformação, no entanto, não deve ser passiva, mas sim um processo crítico e reflexivo que nos permite resistir às simplificações e distorções que podem ocorrer na transmissão do conhecimento.

Os Desafios da Resistência: Superando Obstáculos e Construindo Alternativas

A resistência ao poder dominante na educação não é uma tarefa fácil. Enfrentamos diversos desafios, como a falta de profissionais qualificados, a precariedade das condições de trabalho, a pressão por resultados e a padronização curricular imposta pelas grandes editoras.

No entanto, não podemos nos render à passividade. Devemos buscar alternativas criativas e inovadoras que nos permitam transformar a sala de aula em um espaço de aprendizagem crítica e transformadora.

Nossa Missão: Mais do que Ensinar, Induzir um Saber Novo

Nossa missão como educadores vai além da mera transmissão de conteúdos. Devemos induzir um saber novo nos nossos alunos, aperfeiçoando o seu senso comum, transformando o senso comum como um ponto de partida, que será, mais adiante, confrontado com os saberes da ciência.

Um Legado de Orgulho: Formando Cidadãos Críticos e Conscientes

Ao final de nossa jornada, podemos nos orgulhar de ter lecionado para muitos alunos, cada um com a essência da nossa prática. Teremos formado cidadãos críticos e conscientes, capazes de questionar o poder, defender seus direitos e contribuir para a construção de uma sociedade mais justa e sustentável.

Juntos, Podemos Resistir!

A luta pela transformação da educação é um desafio que exige o engajamento de todos nós, professores. Através da união, da solidariedade e da troca de experiências, podemos construir uma educação que valorize a autonomia, a criatividade e o protagonismo dos alunos.

Com os mais sinceros votos de sucesso e esperança,
De seu amigo professor, Eliel Felizardo.



CONHEÇA-NOS!



Prof. Eliel Felizardo



- Professor de Matemática aposentado por possuir miopatia neuromuscular degenerativa.

- Possui a formação inicial de Curso Normal, habilitado para Educação Infantil e Anos Iniciais do Ensino Fundamental.

- Graduado em Licenciatura em Matemática (2022) pelo Instituto Federal do Rio Grande do Sul.

- Especialista em Gestão Escolar pela Universidade Focus.

- Mestrando em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Caxias do Sul.

E-mail para contato:

eliel.felizardo@gmail.com

Prof. Dr. Francisco Catelli



- Licenciado em Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 1976).

- Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – UFRGS (1981).

- Doutor em Educação – Université Laval (1995).

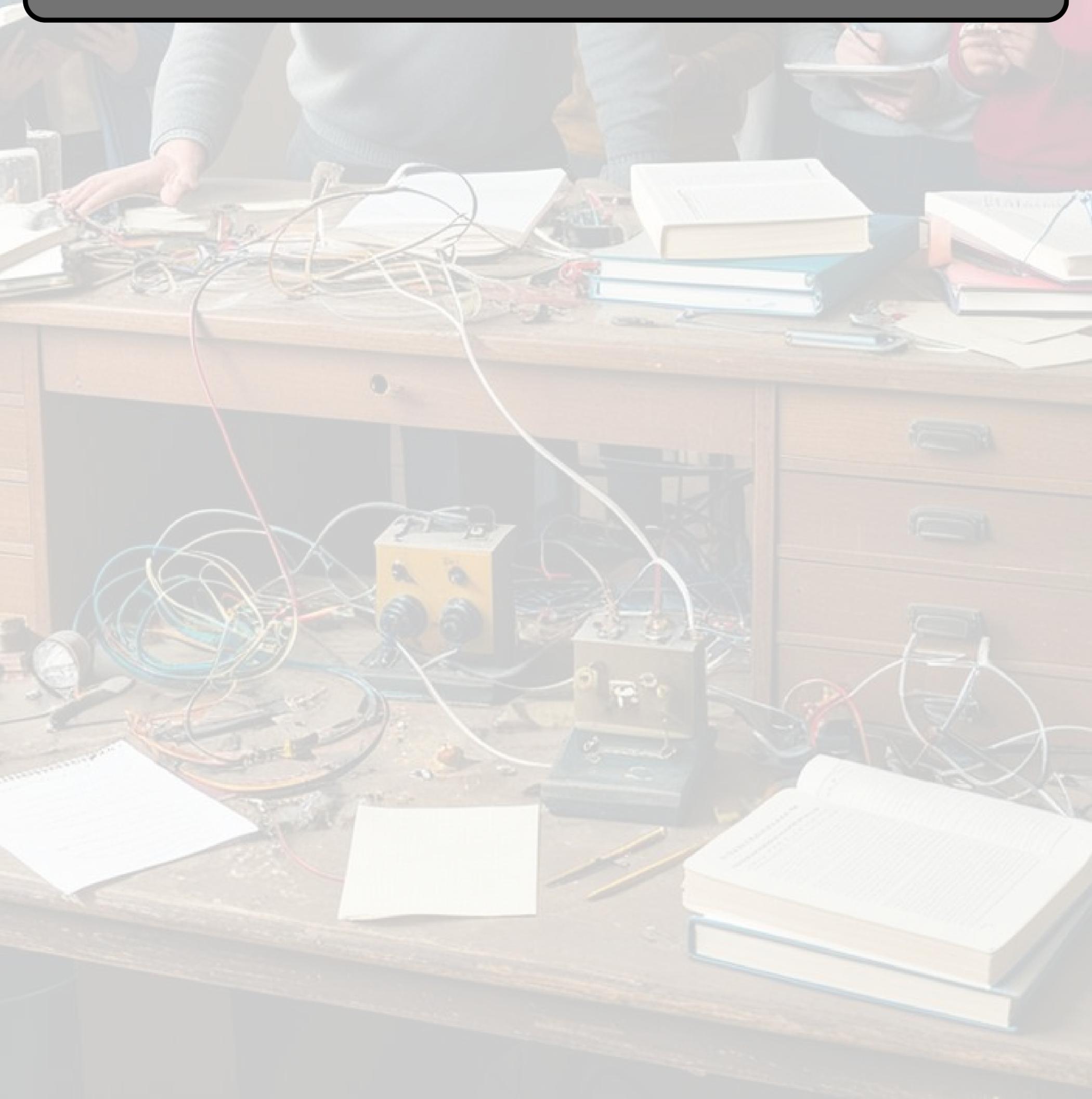
- Professor Titular – Universidade de Caxias do Sul – UCS.

- Revisor de diversos periódicos da Área de Ensino.

Este Produto Educacional é fruto da dissertação:

**TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: DA APRESENTAÇÃO LITERAL DOS SABERES AO
CONSUMO CONSCIENTE
REFLEXÕES SOBRE A APRENDIZAGEM DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO**

Para acessá-la, clique no *link* ao lado:



Referências

ANDREOLA, Balduino. Contribuição de Ernani Maria Fiori para a pedagogia política da libertação. **Cadernos de Educação**, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, ano 6 n.9, p.41-72, ago./dez., 1997.

ASTOLFI, Jean-Pierre. **A didática das ciências**. Jean-Pierre Astolfi, Michel DEVELAY; tradução Maga Sento Sé Fonseca.-Campinas, SP: Papyrus, 2014.

BACHELARD, Gaston. (1996). **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto.

_____. **A água e os sonhos: ensaio sobre a imaginação da matéria**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

BARDIN. Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Editora Edições 70, 1977.

BRASIL. **Portaria Nº-7 de 22 de junho 2009**. Ministério da Educação.

_____. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm> Acesso em: 16 mar. 2023.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BOURDIEU, Pierre. Esboço de uma teoria da prática. In: ORTIZ, Renato (org.). Pierre Bourdieu: Sociologia. Trad. de Paula Montero e Alícia Auzmendi. São Paulo: Ática, 1983 a, p. 46-81.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposicion Didactica: Del saber sabio al saber enseñado**. Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.

DURKHEIM, Émile. 2013. **Educação e Sociologia**. (Trad. Stephania Matousek) Petrópolis: Vozes.

FIGUEIREDO, Tatiane Lúcia Abreu de et al. **Integração de atividades experimentais e virtuais no ensino de circuitos elétricos através do jogo EletricGame**. 2021.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.

_____. **À sombra desta mangueira**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015.

_____. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

ELMÔR-FILHO, Gabriel; SAUER, Laurete Zanol; ALMEIDA, Nival Nunes; VILLASBOAS, Valquíria. **Uma Nova Sala de Aula é Possível: Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia**. - 1.ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2019.

FLEMMING, Diva M.; GONÇALVES, Mirian B. **Cálculo A**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2012.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de física**, volume 3: eletromagnetismo / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker ; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez Editora, 2006.

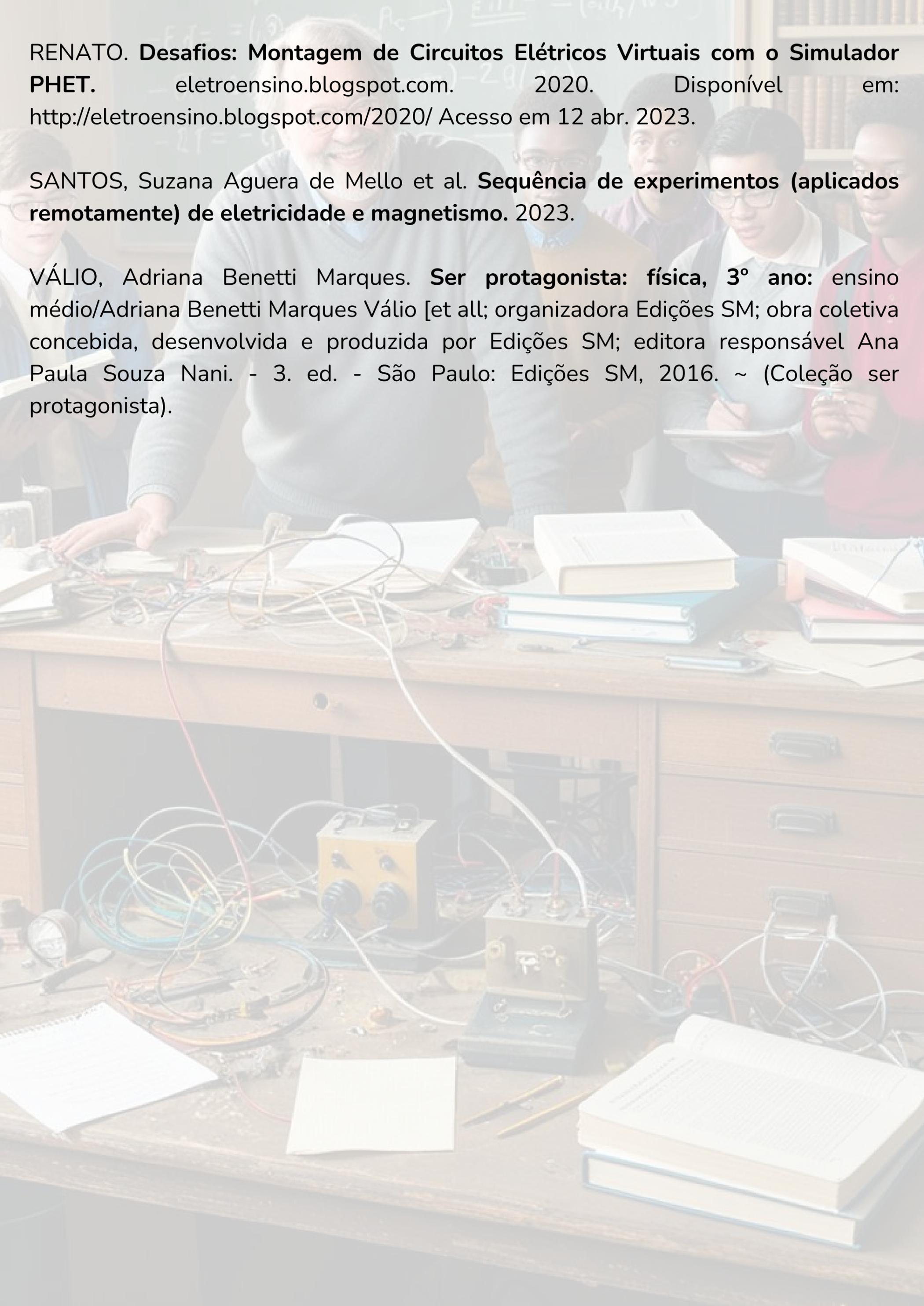
OLIVEIRA, Jeane Silveira de; TOLEDO, Eduardo Martins. **Propostas de Atividades usando as simulações do Phet Colorado**. 2019.

PEREIRA, Josiane Cristina Peres et al. **Proposta didática de atividades práticas de eletrodinâmica utilizando o simulador PHET colorado**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

RENATO. **Desafios: Montagem de Circuitos Elétricos Virtuais com o Simulador PHET.** eletroensino.blogspot.com. 2020. Disponível em: <http://eletroensino.blogspot.com/2020/> Acesso em 12 abr. 2023.

SANTOS, Suzana Aguera de Mello et al. **Sequência de experimentos (aplicados remotamente) de eletricidade e magnetismo.** 2023.

VÁLIO, Adriana Benetti Marques. **Ser protagonista: física, 3º ano: ensino médio/Adriana Benetti Marques Válio [et al; organizadora Edições SM; obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM; editora responsável Ana Paula Souza Nani. - 3. ed. - São Paulo: Edições SM, 2016. ~ (Coleção ser protagonista).**





$$-E\delta = \dots$$
$$-U = \dots$$
$$-2T = \dots$$

