



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ELETRODINÂMICA NO NOVO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIALÓGICA
SOB A PERSPECTIVA CTSA

MARIA JUCICLÉIA DA SILVA

Brasília - DF

2025



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ELETRODINÂMICA NO NOVO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIALÓGICA
SOB A PERSPECTIVA CTSA

MARIA JUCICLÉIA DA SILVA

Dissertação realizada sob orientação do Prof. Dr. Khalil Oliveira Portugal apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica” pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

Brasília - DF
2025

FICHA CATALOGRÁFICA

MARIA JUCICLÉIA DA SILVA

**ELETRODINÂMICA NO NOVO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIALÓGICA
SOB A PERSPECTIVA CTSA**

Dissertação realizada sob orientação do Prof. Dr. Khalil Oliveira Portugal apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica” pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

Aprovada em 30 de Abril de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Khalil Oliveira Portugal - Orientador
Universidade de Brasília

Dra. Joanna de Paoli – Examinador Externo
Secretaria de Educação do Distrito Federal

Dr. Felipe Guimarães Maciel – Examinador Interno
Universidade de Brasília

Dr. André Luís Miranda de Barcellos Coelho – Examinador Suplente
Universidade de Brasília

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos estudantes, àqueles para os quais este trabalho foi desenvolvido, que o futuro lhes seja amigável, que encontrem acolhida, que o conhecimento lhe seja os óculos do mundo.

Dedico também aos professores, todos! Aos que participaram de minha trajetória acadêmica, àqueles que se dedicaram a me alfabetizar nas letras e àqueles que me inspiram a prosseguir ao inalcançável horizonte dos saberes.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Khalil Oliveira Portugal, meu orientador. Por ser a bússola, a calma em mar revolto, pela perspicácia e sensibilidade, por todos os ensinamentos, pela acolhida, a quem expresso profundo respeito.

À Universidade de Brasília, onde mais me sinto em casa, por todo o conhecimento, apoio e oportunidades oferecidos ao longo da minha jornada acadêmica. Foram anos de crescimento, desafios e conquistas que levarei para toda a vida. Levo comigo não apenas o conhecimento técnico, mas também valores, experiências e memórias que moldaram minha trajetória pessoal e profissional. Sinto-me honrada por ter feito parte desta instituição que tanto contribuiu para minha formação.

Ao corpo docente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Toda minha trajetória é graças a este incrível ambiente acadêmico e social proporcionado por vocês. Serei eternamente grata.

Agradeço a todos os funcionários e colaboradores da instituição, que tornaram o ambiente universitário mais acolhedor e eficiente.

À minha amantíssima esposa, Cíntia Breve, pelo incondicional apoio e incentivo nesses mais de 730 dias, obrigada por todos eles.

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

“toda cultura científica deve começar por uma catarse
intelectual e afetiva” (Gaston Bachelard, 1977)

RESUMO

O presente trabalho descreve uma proposta de ensino que dá ênfase a uma formação integral do indivíduo, crítico e autônomo como atributos necessários para o pleno exercício da cidadania como prescrevem os documentos que regem a Educação Básica brasileira. Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), entende-se a crítica como a compreensão informada dos fenômenos naturais e culturais, e a autonomia como a capacidade de tomar decisões fundamentadas e responsáveis. Nesse sentido foi escolhida a perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) como uma abordagem capaz de promover um ensino que almeja ampliar os objetivos de ensino de Ciências para além do mero acúmulo de informações ou transposições mecânicas de técnicas de resolução de exercícios. Com Paulo Freire encontra-se uma possibilidade de se alcançar os objetivos de ensino dando ênfase a problematização da realidade, a formação da consciência crítica e a transformação social porque ele propõe um ensino problematizador, dialógico e crítico. A pedagogia de Paulo Freire e a perspectiva CTSA se alinham a esse propósito de uma formação integral do indivíduo e por isso foram escolhidas para mediar o processo de ensino-aprendizagem de Eletrodinâmica no Ensino Médio. Para tanto, tornou-se necessário a elaboração e implementação de um produto educacional, na forma de texto auxiliar que superasse a mera reprodução de conteúdos e abordagens descoladas da realidade imediata dos alunos encontradas nos livros didáticos. Incorporado aos Três Momentos Pedagógicos, por meio de atividades de leitura e pesquisa, esse produto educacional se mostrou adequado ao estimular a reflexão crítica sobre as implicações sociais e ambientais do conhecimento científico e favorecendo a aprendizagem de Eletrodinâmica para que os alunos se desenvolvam com condições de enfrentar os desafios da contemporaneidade e se constituam como sujeitos críticos e autônomos.

Palavras-chave: Ensino de Física; Eletrodinâmica; CTSA; Paulo Freire; Ensino Dialógico, Ensino Médio.

ABSTRACT

This paper describes a teaching proposal that emphasizes the integral, critical and autonomous formation of the individual as attributes necessary for the full exercise of citizenship, as prescribed by the documents that govern Brazilian basic education. According to the Base Nacional Comum Curricular (BNCC, National Common Core Curricular Framework), criticism is understood as an informed understanding of natural and cultural phenomena, and autonomy as the ability to make informed and responsible decisions. In this sense, the Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA, Science, Technology, Society and Environment) perspective was chosen as an approach capable of promoting teaching that aims to broaden the objectives of science teaching beyond the mere accumulation of information or the mechanical transposition of exercise-solving techniques. Paulo Freire offers the possibility of achieving teaching objectives by emphasizing the problematization of reality, the formation of critical awareness and social transformation, because he proposes problematizing, dialogical and critical teaching. Paulo Freire's pedagogy and the CTSA perspective are aligned with this aim of an integral formation of the individual and for this reason they were chosen to mediate the teaching-learning process of Electrodynamics in High School. To this end, it became necessary to design and implement an educational product in the form of an auxiliary text that went beyond the mere reproduction of content and approaches detached from the students' immediate reality found in textbooks. Incorporated into the Três Momentos Pedagógicos (Three Pedagogical Moments), through reading and research activities, this educational product proved to be adequate in stimulating critical reflection on the social and environmental implications of scientific knowledge and favoring the learning of Electrodynamics so that students can develop in order to face the challenges of contemporaneity and become critical and autonomous subjects.

Keywords: Physics Teaching; Electrodynamics; CTSA; Paulo Freire; Dialogic Teaching, High School.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CNT	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DCGO-EM	Documento Curricular de Goiás – Ensino Médio
d.d.p.	Diferença de Potencial
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
LD	Livro Didático
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
PISA	Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1. A BNCC como Documento Norteador do Fazer Pedagógico-----	15
2.2. Algumas Competências e Habilidades nos documentos	20
2.3. O que significa aprender?	23
2.4. Por que Paulo Freire?	24
2.5. Pedagogia Freiriana	26
2.6. Perspectiva CTSA Enquanto Abordagem Educacional.....	31
2.7. Eletrodinâmica no ensino superior	33
2.7.1 Corrente Elétrica.....	33
2.7.2 Densidade de Corrente Elétrica	35
2.7.3 Leis de Ohm	35
2.7.4 Resistividade.....	37
2.7.5 Lei de Joule (Potência Elétrica).....	38
2.7.6 Força Eletromotriz (fem)	39
3. REVISÃO DA LITERATURA	42
3.1 CTSA nos Livros Didáticos.....	44
4. METODOLOGIA DE ENSINO.....	55
4.1 Elaboração do Produto Educacional.....	56
5. METODOLOGIA DE TRABALHO	60
5.1. Os Três Momentos Pedagógicos	60
5.2 Aplicação do Produto Educacional e seus Resultados-----	61
5.3. Descrição das Aulas-----	64
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	90
7. CONCLUSÃO.....	96
Referências Bibliográficas	98
APÊNDICE A – Consulta sobre Eletricidade.....	103
APÊNDICE B - Produto Educacional-----	104

A RAZÃO NO FIM DO TÚNEL: APRESENTAÇÃO PESSOAL E EXPOSIÇÃO DE MOTIVOS PARA CURSAR O MNPEF

Me chamo Maria Jucicléia da Silva, tenho 34 anos, dos quais dez (10) anos como docente de Física nas redes públicas de ensino do Distrito Federal e Goiás. Desde o início do meu efetivo exercício cargo preocupação com minha prática em sala de aula e consequente contribuição ao ensino do meu país. Eventos recentes escancararam essas preocupações ao serem disseminadas informações anticientíficas e o impacto disso para a nossa sociedade. Como sinto o peso da responsabilidade por fazer parte do processo de formação dos estudantes, desejo realizar o melhor trabalho possível para contribuir com o ensino de ciências, especificamente da Física, e consequentemente com o bem-estar social.

Logo que iniciei como docente ficou claro que o que aprendi, aprendi para mim. Satisfazia as minhas questões e não as dos outros. A pluralidade de pensamentos, experiências de vida e situações particulares do ambiente escolar (calendário, currículo, vestibular, emocional dos estudantes, falta de recursos, desinteresse) fez emergir dúvidas sobre minha atuação e de que não bastavam minhas intenções. Como garantir os princípios e finalidades do ensino brasileiro, tais como, garantia de padrão de qualidade, consolidação e aprofundamento dos conhecimentos adquiridos previamente, preparação básica para o trabalho, cidadania, desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico, compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática e promoção humanística, científica e tecnológica do país, e ainda prepará-los para os vestibulares, avaliações externas, etc.?

Faz um tempo que percebi que não dá para abordar todo os conteúdos listados nos currículos e sumários dos livros didáticos, mas como escolher o que é essencial para contemplar uma formação integral e preparatória para vestibulares? Por mais que eu deseje ensinar o que desperta interesse, com tempo para debates, diminuir a resolução de problemas repetitivos e focados em situações irreais apenas para aplicar equações, não poderia deixá-los desassistidos durante o processo de preparação para vestibulares porque eu precisei também dessa formação para chegar até aqui,

além de que não formarei físicos no Ensino Médio e não os nortear para as múltiplas possibilidades do ensino superior estaria em desacordo com o que acredito.

Na medida do possível participo de olimpíadas do conhecimento (OBA, OBF, MOBFOG, OBSAT), mas percebo que só alguns estudantes realmente sentem-se instigados a participar e enxergam um caminho científico para seguir. Em 2021 participei da Escola Sirius para Professores do Ensino Médio (ESPEM) do Conselho Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEN), um evento de popularização do conhecimento técnico e de ponta produzido por pesquisadores do Brasil no Acelerador de Partículas Sirius. Vendo os estudantes em espanto e entusiasmo com um acelerador de partículas brasileiro, solicitei que fossem propagadores de informação de qualidade, compartilhassem em suas redes sociais o que mais interessante acharam do Sirius. Foram por um instante divulgadores científicos. Mas como mantê-los sempre engajados? Até porque leciono para todos e não apenas para um pequeno grupo de interessados.

Por tudo isso, senti a necessidade de aperfeiçoar minha prática docente para que possa de fato proporcionar uma aprendizagem significativa aos estudantes, contribuir positivamente para a melhoria da qualidade do ensino de Física e ao progresso da sociedade brasileira através da educação. Desta forma me propus o desafio de encarar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) com o propósito de me apropriar ainda mais do conhecimento que ensino diariamente há anos e de ter argumentos que alicercem minhas decisões quanto aos conteúdos a serem trabalhados em sala de aula, para além das limitações impostas pelos currículos estaduais ou pelo excesso cobrado nos vestibulares. Muitas vezes lutei, mas temi ser injusta com meus alunos. Dou ouvidos e busco ensinar o que mais desperta o interesse deles ou sigo como se fosse uma receita de bolo o sumário dos livros didáticos que dispomos? Foram essas as dúvidas que o MNPEF respondeu.

Percebo semelhança entre as ideias enunciadas por Paulo Freire em sua Pedagogia da Autonomia (1996) com a proposta do MNPEF, como por exemplo: ensinar exige rigorosidade metodológica, pesquisa, reflexão crítica sobre a prática, consciência do inacabamento, apreensão da realidade, convicção de que a mudança é possível, curiosidade, segurança, competência profissional e generosidade, comprometimento, compreender que a educação é uma forma de intervenção no

mundo, tomada consciente de decisões, saber escutar, disponibilidade para o diálogo e querer bem aos educandos.

Diante dos desafios citados e tantos outros aprendi com o MNPEF a saber fazer escolhas pautadas em sólidos argumentos que permitam-me sentir que faço o melhor possível em nome da Física e de uma formação que permita aos estudantes serem capazes de formular soluções para problemas contemporâneos e contribuir efetivamente para a melhora da qualidade de ensino do país.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Brasil, 1996), o Ensino Médio tem como uma de suas finalidades, o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico e a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos (Brasil, 1996). Objetivos que para serem alcançados requerem significativas mudanças no ensino brasileiro.

Em 2013 surge a proposta de reformulação do Ensino Médio por meio de um projeto de lei (PL 6840/2013). O PL 6840/2013 influenciou diretamente o que mais tarde foi aprovado como o Novo Ensino Médio, formalizado pela Medida Provisória 746/2016, convertida na Lei nº 13.415/2017. Em 2016, o governo Michel Temer publicou a Medida Provisória 746, inspirada em propostas como as do PL 6840. Essa Medida Provisória foi amplamente criticada por ter sido apresentada sem debate público amplo. Em 2017, foi aprovada pelo Congresso e transformada na Lei nº 13.415/2017, conhecida como a reforma do Ensino Médio ou Novo Ensino Médio.

Enquanto o Novo Ensino Médio é uma reforma da estrutura curricular e organizacional dessa etapa da educação, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é o documento que define conteúdos e competências mínimas que abrange toda a Educação Básica. Tem natureza normativa, obrigatória e define o que deve ser ensinado.

Em 2015 a primeira versão da Base Nacional Comum Curricular foi publicada. A partir de 2016 foi debatida e modificada. Em 2018 a BNCC foi publicada em definitivo como o documento norteador da Educação Básica no Brasil. Em 2022 foi iniciado seu processo de implementação que deveria findar em 2024, quando foi alterada mais uma vez.

A urgência da proposta, para além do debate político, foi justificada pelos baixos índices de proficiência dos estudantes em avaliações externas como as do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) e do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) (Silva, 2018). A melhora no desempenho dos estudantes do Ensino Médio nessas avaliações era imperativa e implicaria em aumento no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) a ser lido como evidência de qualidade do ensino ofertado no país. Outros argumentos também permearam os debates, tais como evasão escolar elevada, baixo índice de aprendizagem, necessidade de tornar

o ensino mais atrativo, dinâmico, atual, atento às expectativas dos estudantes e protagonizado por eles.

Nesse cenário, instituída com força de lei, a BNCC tem sido alvo de críticas por seu caráter prescritivo e por se basear em padrões internacionais que enfatizam a mensuração de resultados e a padronização dos processos educativos, além de ter sido financiada e influenciada por instituições privadas que atuam no campo educacional:

A BNCC visa padronizar o ensino básico no Brasil, garantindo que todos os estudantes desenvolvam competências essenciais para o exercício pleno da cidadania. Seus pontos positivos incluem a busca por maior equidade educacional, a formação integral dos alunos e um currículo flexível e interdisciplinar. No entanto, críticas apontam que seu foco em competências voltadas para o mercado de trabalho pode enfraquecer a formação crítica e reflexiva, refletindo uma agenda neoliberal. A ênfase em habilidades utilitárias poderia limitar a autonomia dos estudantes e a reflexão sobre questões sociais e políticas (Silva, *et al*, 2025, p. 2).

A BNCC limita a autonomia docente e o desenvolvimento crítico dos estudantes ao adotar uma abordagem tecnicista do currículo, ao privilegiar competências e habilidades como eixo central, o que tende a uniformizar e controlar os processos educativos. Essa perspectiva acaba por limitar uma formação voltada à criticidade e à emancipação, reduzindo a autonomia docente e dificultando a construção de vínculos com as especificidades culturais e contextuais dos estudantes.

Quanto às habilidades e competências, Branco *et al* (2019) alega que essa metodologia é moldada por um modelo neoliberal de educação, que prioriza a adaptação dos alunos às exigências do mercado de trabalho e à ordem econômica vigente, ao invés de fomentar uma educação crítica e emancipatória.

O referido documento educacional deveria estabelecer um currículo que, de fato, fortalecesse o ensino e proporcionasse uma educação emancipatória, trazendo mais qualidade, equidade e inclusão social. Ao invés disso, ao evidenciar o desenvolvimento de competências e habilidades, adota-se uma lógica na qual se fortalece o individualismo e a competição, sob o enfoque do desempenho individual e dos interesses do capital (Branco, *et al*, 2019, p. 168).

Para Branco (2019), a BNCC evidencia que a construção de uma educação emancipatória se torna um desafio difícil de ser alcançado quando se priorizam currículos baseados em conhecimentos sem reflexão crítica ou sem sistematização científica, voltados à formação de competências e habilidades restritas à execução de tarefas mecânicas e rotineiras. Com isso, um ensino centrado e limitado na

qualificação profissional acaba por relegar a segundo plano o desenvolvimento integral do indivíduo e sua formação para o exercício pleno da cidadania.

Se almejamos, de fato, que nossos alunos se tornem cidadãos emancipados, capazes de agir e interagir em prol da superação das mazelas, nas quais a sociedade está inserida, não é de um ensino que os tornem seres que se adaptem a qualquer tipo de situação que carecemos, hoje, mas, sim, de uma educação que desenvolva um espírito crítico, transformador e inovador (Branco, *et al*, 2019, p. 168).

Apesar das legítimas e amplamente debatidas, a BNCC é um documento normativo oficial que orienta a Educação Básica no Brasil, assim, para além de seus pontos negativos, cabe a nós professores, ter o olhar crítico e buscar formas de reinterpretar, adaptar e contextualizar suas orientações de maneira crítica e significativa na prática pedagógica. Devemos seguir a BNCC porque ela é uma exigência legal e normativa que orienta o currículo, os materiais didáticos, as avaliações e a formação docente. Mesmo com críticas, ela define os parâmetros mínimos para garantir o direito à aprendizagem em todo o país.

Uma maneira de trabalhar criticamente com a BNCC é justamente seguir as orientações de Paulo Freire em *Pedagogia da Autonomia* (2022): ensinar exige pesquisa, criticidade, risco, aceitação do novo, convicção de que a mudança é possível, tomada consciente de decisões, disponibilidade para o diálogo, dentre outros.

Autores como Freire (1987), Moreira (2021) e Ricardo (2007, 2018) são referência no que diz respeito à proposição de um ensino problematizador, crítico, contextualizado, dialógico e que faça parte da realidade imediata dos alunos. Trata-se de promover uma educação problematizadora, em oposição ao que Paulo Freire chamava de educação bancária (Ricardo, 2018) e que podem orientar o percurso para alcançar os objetivos do ensino expressos nos documentos normativos.

Freire propõe uma educação dialógica e problematizadora como estratégia de ensino. Para se alcançar a criticidade é fundamental a dialogicidade. Essa educação não se faz do educador sobre o educando, mas do educador com o educando. Em *a Pedagogia do Oprimido* (1987) lemos:

A educação libertadora, problematizadora, já não pode ser o ato de depositar, ou de narrar, ou de transferir, ou de transmitir “conhecimentos” e valores aos educandos, meros pacientes, à maneira da educação “bancária”, mas um ato cognoscente. Como situação gnosiológica, em que o objeto cognoscível, em lugar de ser o término do ato cognoscente de um sujeito, é o mediatizador de sujeitos cognoscentes, educador, de um lado, educandos, de outro, a

educação problematizadora coloca, desde logo, a exigência da superação da contradição educador-educandos. Sem esta, não é possível a relação dialógica, indispensável à cognoscibilidade dos sujeitos cognoscentes, em torno do mesmo objeto cognoscível (Freire, 1987, p.29).

(...) a concepção “bancária” nega a dialogicidade como essência da educação e se faz antidialógica; para realizar a superação, a educação problematizadora – situação gnosiológica – afirma a dialogicidade e se faz dialógica (Freire, 1987, p.68).

(...) para esta concepção como prática da liberdade, a sua dialogicidade comece, não quando o educador-educando se encontra com os educandos-educadores em uma situação pedagógica, mas antes, quando aquele se pergunta em torno do que vai dialogar com estes. Esta inquietação em torno do conteúdo do diálogo é a inquietação em torno do conteúdo programático da educação (Freire, 1987, p. 83).

Espera-se que os saberes ensinados tenham sentido para o aluno, na medida em que possam ser mobilizados em contextos fora dos muros escolares, internalizados em sua integralidade e exteriorizados quando se fizer necessários, seja para resolver um problema local ou global, imediato ou futuro. Ricardo (2007) sugere que a Ciência e a Tecnologia sejam assumidas como referências dos saberes escolares e a Sociedade e o Ambiente sejam tratados como cenário de aprendizagem, do qual os problemas e questões sociais significativas surgiriam como temas a serem investigados com o suporte dos saberes científicos e tecnológicos.

Um dos entraves para a promoção desse tipo de ensino são as abordagens dos conteúdos nos livros didáticos, importante ferramenta do processo de ensino e aprendizagem. Desta forma, este trabalho tem como objetivo geral a elaboração e implementação de um produto educacional do tipo texto de apoio, que possa ser utilizado como complemento aos livros didáticos, sobre o conteúdo da Eletrodinâmica escrito em uma linguagem dialógica sob a perspectiva CTSA.

Esse problema investigado inclui a elaboração de um material didático na forma de textos dialógicos que podem complementar os livros didáticos distribuídos pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), e a análise de sua aplicação. Para tanto, faz-se necessário refletir sobre o processo de ensino e aprendizagem como um todo, desde o planejamento de aulas até os processos avaliativos que possam garantir condições que favoreçam a aprendizagem a partir de uma aula, de um material ou de um método de ensino.

Assim, são objetivos específicos deste trabalho:

- Identificar os principais conceitos de Eletrodinâmica abordados no Ensino Médio, a partir das competências e habilidades, com base nos

livros didáticos e na BNCC, identificando lacunas ou limitações na abordagem contextual e crítica.

- Investigar os fundamentos da abordagem CTSA e sua aplicação no ensino de Física, com ênfase na construção de saberes voltados à cidadania e à reflexão crítica.
- Selecionar temas científicos que possam ser abordados nos seus contextos sociais e tecnológicos reais que possam ser integrados ao conteúdo de Eletrodinâmica para promover a problematização e o diálogo CTSA.
- Elaborar textos de apoio com linguagem acessível e dialógica, incorporando recursos didáticos (imagens, questões reflexivas, boxes informativos, propostas de debate etc.) sob a perspectiva CTSA.
- Aplicar o texto de apoio em turmas da 3ª série do Ensino Médio, em contexto de aula, observando sua recepção, compreensão e potencial formativo.
- Avaliar os efeitos do material elaborado na aprendizagem e no engajamento dos estudantes, com base em instrumentos como questionários, observações e relatos.
- Refletir sobre os desafios e possibilidades da produção de materiais didáticos alternativos, considerando o papel do professor-pesquisador.

Nas seções a seguir o desenvolvimento deste trabalho se dá na ordem: as competências e habilidades da BNCC como parte do fazer pedagógico, o conceito de aprendizagem que permeia este trabalho, bem como concepções de conhecimento e tendências pedagógicas que estão na espinha dorsal para se alcançar os objetivos propostos. Uma seção designada para apresentar a pedagogia de Paulo Freire e sua relação com a perspectiva CTSA como fundamentos do produto educacional elaborado, a eletrodinâmica no ensino superior a ser transposta no produto educacional em sua função utilitarista, deve ser não apenas ser reconhecida, mas fazer parte do cotidiano dos alunos.

A revisão da literatura faz referência a trabalhos publicados no âmbito do MNPEF sobre o tema Eletrodinâmica e CTSA, além de uma seção sobre a abordagem da Física nos livros didáticos. Em seguida, é relatada a elaboração e validação do produto educacional.

A metodologia do trabalho traz uma descrição detalhada do contexto de aplicação do produto educacional por meio dos Três Momentos Pedagógicos. Os instrumentos, coleta e análise de informações dos resultados de sua aplicação em relação à aprendizagem para verificação de indícios ou evidências dessa aprendizagem, com ênfase em dados qualitativos.

Na discussão dos resultados é adotada uma análise sob o enfoque interpretativo típico de um estudo qualitativo em consonância aos objetivos dos documentos normativos, a pedagogia freiriana, a perspectiva CTSA e o conceito de aprendizagem considerado sobre as performances dos alunos nas atividades propostas. Também é fornecido a percepção da docente sobre a produtividade, o engajamento e as mudanças nos discursos dos alunos, entende-se que pode ser uma ferramenta valiosa para delinear os impactos da aplicação do produto educacional.

Por fim, a conclusão engloba as considerações finais sobre a problemática abordada, os desafios enfrentados, as soluções aplicadas e abre espaço para discussões sobre possíveis temas a serem explorados em pesquisas futuras.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O quê? Como? Por quê? Certamente essas três perguntas estão presentes na discussão sobre planejamento de aulas. Fazem parte da rotina docente por promover reflexões sobre o ato de ensinar, sobre como se desenvolve o processo de ensino e aprendizagem, sobre quem são os seus protagonistas, os seus objetivos, quais ferramentas usar, sem, contudo, apontar respostas únicas ou definitivas.

Uma possibilidade para responder a essas perguntas e que deve ser levada em consideração no planejamento de aulas é tomar como referência os documentos normativos federais e estaduais que orientam e articulam os interesses, os objetivos e funções dos partícipes do processo de ensino e aprendizagem.

2.1. A BNCC como Documento Norteador do Fazer Pedagógico

A BNCC estabelece que os seus objetivos podem ser alcançados por meio de competências (mobilização de conceitos e procedimentos) e habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais). Somando-se aos propósitos que direcionam a Educação Básica para a formação humana integral e para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (Brasil, 2018, p.7).

Dentre as 10 Competências Gerais da BNCC para a Educação Básica, é possível extrair que seu objetivo é contribuir para a construção de uma sociedade mais ética, democrática, responsável, sustentável e solidária, que respeite e promova a diversidade e os direitos humanos, sem preconceitos de qualquer natureza.

A BNCC também indica que “os conteúdos curriculares estão a serviço do desenvolvimento de competências” (Brasil, 2018, p.9). Essas competências orientam sobre aquilo que todos os estudantes do país devem “saber” e “saber fazer” ao término do Ensino Médio, etapa final da Educação Básica.

O documento define competência como

Mobilização e aplicação dos conhecimentos escolares, entendidos de forma ampla (conceitos, procedimentos, valores e atitudes). Assim, ser competente, ser capaz de, ao se defrontar com um problema, ativar e utilizar o conhecimento construído (Brasil, 2018, p.16).

As habilidades expressam as aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos alunos nos diferentes contextos escolares (Brasil, 2018, p.27), elas podem ser práticas, cognitivas e socioemocionais, atitudes e valores para resolver

demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. Essas competências devem ser desenvolvidas ao longo do Ensino Fundamental e Médio aumentando o nível de complexidade e em conjunto devem atender às dez Competências Gerais da Educação Básica.

Dentre as dez Competências Gerais, pode-se destacar aquelas mais intrinsecamente ligadas às Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) e que são mais pertinentes ao ensino de Física proposto neste trabalho. São elas:

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artísticas, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, ponto de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários (Brasil, 2018, p.9).

Essas competências podem ser tomadas como metas do ensino, os objetivos a serem alcançados ao final de toda a educação básica, mas como pode ser percebido são muito abrangentes. Para a prática docente diária, deve-se especificar a disciplina que compõe uma área de conhecimento e um período letivo.

Em se tratando especificamente do Ensino de Física, pode-se acrescentar o interesse como um fator a ser levado em consideração no planejamento de aulas. Despertar o interesse dos alunos pela Física é um grande desafio. Moreira, em seu artigo, 'Desafios no ensino da física', aponta que se trata de um ensino muito problemático porque os alunos não aprendem significativamente, memorizam

mecanicamente fórmulas, definições e respostas certas apenas para serem reproduzidas nas provas, e esquecidas logo depois (Moreira, 2021).

A Física é uma ciência estimulante e complexa. Preocupa-se com questões que vão desde a natureza da matéria, como se dá a transmissão de informação, o funcionamento de máquinas e até mesmo como o universo começou. É uma ciência que opera em um espectro tão largo de conhecimento e que os produz em uma velocidade muito grande, e por isso mesmo se torna impossível saber completa e detalhadamente tudo. Muito desse conhecimento contemporâneo não está presente nos livros didáticos ou é pouco abordado, em apenas um ou dois capítulos, no final da terceira série do Ensino Médio, o que pode afetar o interesse dos estudantes, gerando frustração porque justamente as produções recentes que aparecem em noticiários, documentários, séries e filmes que lhes despertam o interesse não são contempladas nas aulas.

Ao pensar na especificidade de cada disciplina e no período letivo, os objetos de conhecimento são elucidados, ou seja, o que ensinar será respondido. Em CNT, as Competências Específicas são três, associadas por vinte e três habilidades. Pode-se observar que a BNCC “propõe a superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento” (Brasil, 2018). Não foram elaboradas para uma disciplina específica, tais como biologia, física ou química, mas sim para a área de conhecimento que as interrelacionam, Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

2.2. Algumas Competências e Habilidades nos documentos

Competências enquanto um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes, e habilidades enquanto capacidades desenvolvidas e qualidades estão na espinha dorsal da BNCC. Cada unidade federativa interpreta as competências e habilidades da BNCC e as materializa para sua realidade em seus documentos curriculares. Para o estado de Goiás, em específico, onde esta proposta de ensino foi aplicada, segue alguns dos objetivos de aprendizagem de Física que constam no Documento Curricular de Goiás para o Ensino Médio (DC-GOEM) são:

Examinar situações que envolvam risco de choque elétrico, considerando a intensidade e o caminho percorrido pela corrente elétrica para estimar riscos à integridade física individual e coletiva.

Compreender manuais de instalação ou utilização de equipamentos elétricos, relacionando informações da eletrodinâmica para avaliar diversos tipos de tecnologias.

Aplicar conhecimentos sobre circuitos elétricos, dimensionando dispositivos ou aparelhos de uso cotidiano para analisar seu funcionamento.

Identificar a presença da eletricidade no cotidiano, classificando os equipamentos elétricos a partir de seu uso em tarefas cotidianas para propor condições de uso que gerem economia no consumo de energia.

Entender a infraestrutura de rede elétrica local, analisando seus diversos componentes formadores para criar possíveis ações que contribuam para a melhoria do sistema (Goiás, 2019, p. 445-447).

Esses objetivos de aprendizagem, que são específicos da rede de ensino de Goiás, estão de acordo com as Competências Específicas (1 e 3) da área de conhecimento CNT na BNCC, dos quais destacam-se:

1. 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.

3. Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (Brasil, 2018, p.540-543).

Além das competências, sejam elas gerais ou específicas, foi estabelecido um conjunto de habilidades que “expressam as aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos estudantes nos diferentes contextos escolares” (Brasil, 2018).

Dentre essas vinte e três habilidades, aquelas que se enquadram na proposta deste trabalho são:

(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.

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

(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental.

(EM13CNT307) Analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis.

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

(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta. (Brasil, 2018, p. 541-545).

Os objetivos, sejam os específicos ou gerais, estaduais ou federais expostos acima são ambiciosos tornando cada vez mais difícil e complexo o planejamento de uma simples aula. Em nenhum trecho dos documentos há indicativos de um ensino voltado para a testagem, preparatório para provas e vestibulares. Pelo contrário, propõe uma educação voltada para a cidadania. O desenvolvimento desse conjunto de habilidades exige métodos de ensino em que os estudantes sejam ativos, criativos e autônomos.

Essa mudança de perspectiva do ensino ressignifica a função da escola e do professor, que não deve se restringir a transmitir informação, mas que o conhecimento seja aplicado na resolução de problemas das demandas atuais. O processo de ensino-aprendizagem deve ser capaz de mobilizar saberes que ajudem a enfrentar essas demandas quer sejam atuais ou do futuro.

A BNCC afirma que

No novo cenário mundial, reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável requer muito mais do que o acúmulo de informações (Brasil, 2018, p. 14).

Nesse sentido, cabe refletir sobre o objetivo central da educação, garantir as ferramentas necessárias para que o aluno se desenvolva, enfrente desafios e se constitua como sujeito crítico. As competências e habilidades propostas pela BNCC não apenas estruturam o processo educativo, mas também revelam uma das facetas do aprender: desenvolver-se integralmente, mobilizando saberes para lidar com os desafios do mundo contemporâneo.

Portanto, há que se pensar no estudante, seus conhecimentos prévios, suas vivências, cultura, situação socioeconômica, interesses, seu papel no processo de ensino-aprendizagem. Tampouco deixar de lado a escola, os recursos disponíveis, os

objetivos que constam no plano político pedagógico, as avaliações, a comunidade na qual está inserida, enfim, são tantas as perguntas que devem ser satisfeitas para elaborar uma aula, dentre elas, que tipo de aprendizagem se pretende alcançar?

2.3. O que significa aprender?

A aprendizagem é um processo central para a constituição do ser humano como sujeito histórico, social e cultural. A psicologia da aprendizagem fornece uma definição para a palavra ‘aprender’, que auxiliará no entendimento do que é a aprendizagem proposta neste trabalho, segundo a teoria de aprendizagem adotada e as metodologias envolvidas nesse processo.

Aprender vem do latim *aprehendere* que significa agarrar, pegar, apoderar-se de algo (Nunes e Silveira, 2011). Está relacionado à mudança, à significação e à ampliação das vivências internas e externas do indivíduo. Aprende-se o que é necessário em determinada cultura para nos tornarmos parte dela, modifica-se o que já se sabe. É específico para cada pessoa, posto que não se pode aprender no lugar do outro (Nunes e Silveira, 2011).

A aprendizagem pode ocorrer de diversas formas, mas interessa-nos aquela que ocorre de forma sistemática em instituições de ensino, que está relacionada ao desenvolvimento da sociedade que por sua vez define o que os indivíduos devem saber. Segundo Vygotsky (1989), a aprendizagem é um processo crucial no desenvolvimento individual, tornando o indivíduo mais complexo a si e ao mundo ao seu redor:

(...) o mundo não deve ser visto como um complexo de objetos completamente acabados, mas sim como um complexo de processos, no qual objetos aparentemente estáveis, nada menos do que suas imagens em nossas cabeças (nossos conceitos), estão em incessante processo de transformação. Aos olhos da filosofia dialética, nada é estabelecido por todos os tempos, nada é absoluto ou sagrado. Vê-se em tudo a marca do declínio inevitável; nada resiste exceto o contínuo processo de formação e destruição, a ascensão interminável do inferior para o superior (Vygotsky, 1989, p. 79.).

Nunes e Silveira (2011) afirmam que “as diversas situações de aprendizagem modificam as capacidades cognitivas e cerebrais” que por sua vez “ampliam nossas capacidades de produção de bens, de recursos e de relações, de transformações e adaptações” (p.12). Devido à plasticidade cerebral, o ser humano possui capacidades complexas de aprendizagens, podendo ocorrer em situações formais ou informais, planejada ou espontânea. Múltiplas aprendizagens vão surgindo e sendo

incorporadas àquelas já existentes permitindo a emergência de novas visões, comportamentos, sentimentos e ideias (Nunes e Silveira, 2011, p. 13).

As aprendizagens podem acontecer através de diferentes estratégias (tendências pedagógicas) que permitem o envolvimento ativo com o objeto de conhecimento, mediados por instrumentos simbólicos como a linguagem, o pensamento e outros processos psicológicos.

A aprendizagem dos alunos na dimensão cognitiva é vista como um processo contínuo de elaboração de relações entre conhecimentos anteriores dos alunos e as novas informações que são disponibilizadas no processo de ensino (Abib, 2018, p. 146).

De acordo com o exposto, pode-se conceber a aprendizagem como um processo no qual a pessoa “apropria-se de” ou torna seus certos conhecimentos. Assim, para contribuir com uma aprendizagem consoante com as propostas atuais da Educação Básica, os indícios de aprendizagem que buscamos nas atividades realizadas pelos estudantes são: compreender as Ciências como ferramenta para agir no mundo, produzir significados em contextos diversos para enfrentar questões de vida em sociedade, pensar o mundo cientificamente, expressar em linguagem própria das CNT, conhecimento conceitual da Física, especificamente da Eletrodinâmica, contextualização histórica, social e cultural com ênfase nas aplicações de conhecimento científico e tecnológico, e nas implicações éticas, sociais, econômicas e ambientais.

2.4. Por que Paulo Freire?

Dentre as várias concepções de conhecimento e aprendizagem encontradas na literatura, a pedagogia de Paulo Freire pode ser descrita como uma pedagogia crítica, que busca formar sujeitos conscientes, ativos e transformadores da realidade, e, portanto, adequada para contribuir com uma aprendizagem sob uma perspectiva CTSA de forma dialógica.

Lemos em Pedagogia da Autonomia (2022) que ensinar exige rigorosidade metodológica, pesquisa, reflexão crítica sobre a prática, consciência do inacabamento, apreensão da realidade, convicção de que a mudança é possível, curiosidade, segurança, competência profissional e generosidade, comprometimento, compreender que a educação é uma forma de intervenção no mundo, tomada

consciente de decisões, saber escutar, disponibilidade para o diálogo e querer bem aos educandos.

As concepções de conhecimento e aprendizagem não devem ser tomadas como absolutas, mas como parte de um processo com múltiplas variáveis que tentam relacionar caracteres internos e externos aos alunos. Essas concepções de conhecimento estão ligadas à Teoria do Conhecimento, ou seja, trata de como entendemos o conhecimento, sua origem e aquisição, e são os fundamentos para a prática docente diária exemplificadas pelas chamadas tendências pedagógicas.

Alves (2009) enfatiza a importância das tendências pedagógicas desde o planejamento das aulas e evidencia que a prática social é comum a professores e alunos.

As tendências pedagógicas têm basicamente sua origem em movimentos sociais, filosóficos e antropológicos em determinados momentos da história humana, terminam assim por influenciar as práticas pedagógicas associadas às expectativas da sociedade (Alves, 2009, p.1).

Estudiosos como Saviani (2003), Libâneo (1990) e Gasparin (2012) exploram as origens e desenvolvimento das tendências pedagógicas no Brasil, segundo os autores, a pedagogia histórico-crítica é oriunda da pedagogia crítico-social dos conteúdos que foi considerada sinônimo de pedagogia dialética, no sentido da dialógica, “direcionando o ensino para a superação dos problemas cotidianos da prática social e, ao mesmo tempo, buscando a emancipação intelectual do aluno” (Alves, 2009, p.3).

A proposta pedagógica, portanto, derivada dessa teoria dialética do conhecimento tem como primeiro passo ver a prática social dos sujeitos da educação. A tomada de consciência sobre essa prática deve levar o professor e os alunos à busca do conhecimento teórico que ilumine e possibilite refletir sobre seu fazer prático cotidiano (Gasparin, 2012, p. 6).

Essa tendência que se diz dialógica propõe exatamente dialogar com os alunos sobre o tema a ser estudado, mostrar a eles o quanto já conhecem sobre o assunto, evidenciando, que a temática desenvolvida em sala de aula, está presente na prática social, ou seja, em seu dia a dia. Sendo assim, a assimilação das características fundamentais de um conceito será muito mais fácil para o aluno quando os traços definidores desse conceito se apresentarem com as imagens visuais correspondentes (Alves, 2009). Esse diálogo leva a práxis defendida por Paulo Freire em sua pedagogia. A relação dialética entre o homem e o mundo manifesta-se pela defesa de

uma leitura da realidade compartilhada que se dá em tempo real, histórica e socialmente situada (Ricardo, 2018).

A BNCC traz apontamentos para a promoção de aprendizagens sobre os pilares das abordagens construtivista e histórico-cultural quando pontua a valorização do contexto sociocultural, desenvolvimento de competências cognitivas e sociais, educação para uma formação crítica e contextualizada. Entretanto, a pedagogia de Paulo Freire não se enquadra totalmente como construtivista ou histórico-cultural, mas dialoga com aspectos dessas correntes.

Uma designação possível é Pedagogia Crítico-Libertadora que tem como fundamento a educação como prática da liberdade e da transformação social. O educador tem papel mediador e sujeito político que aprende com o educando, este, protagonista do processo que lê o mundo antes da palavra. Valoriza o contexto social e a linguagem como mediadores da aprendizagem cujo objetivo é a conscientização (consciência crítica) e emancipação.

Contudo, a questão de como alcançar os objetivos do ensino permanece em aberto. A perspectiva CTSA apresenta-se como uma ferramenta que dá aos conteúdos escolares uma interpretação de forma integrada como destacado na BNCC sem negligenciar nenhum de seus aspectos.

Abib (2018) afirma que na área de ensino de Ciências, particularmente da disciplina Física, a aprendizagem deve estar voltada para finalidades mais abrangentes do que a aprendizagem de conteúdos, “envolve as relações entre Ciência, Tecnologia, sociedade e meio ambiente, fundamentais para um trabalho compatível com um ensino voltado à participação autônoma e crítica na sociedade contemporânea” (Abib, 2018, p. 147). Deve-se preocupar igualmente, com o desenvolvimento de conteúdos procedimentais (habilidades) e atitudinais, que envolvem valores e postura ética para a formação dos alunos.

2.5. Pedagogia Freiriana

A BNCC não propõe um método de ensino, mas indica que para atender a essa nova perspectiva é imprescindível considerar a dinâmica social contemporânea, marcada pelas rápidas transformações decorrentes do desenvolvimento tecnológico que atinge diretamente os estudantes. Sua formação deve considerar meios para o enfrentamento dos novos desafios sociais, econômicos e ambientais, acelerados pelas mudanças tecnológicas do mundo contemporâneo.

Em Paulo Freire encontra-se uma possibilidade de se alcançar alguns dos objetivos do ensino externados na BNCC na forma de competências e habilidades, apesar das críticas. Também na LDB, tais como, formar pessoas em todas as suas dimensões: intelectual, emocional, ética, física e social, formar cidadãos críticos, conscientes de seus direitos e deveres, capazes de participar ativamente da sociedade (Brasil, 1996). A pedagogia freiriana pode potencializar o processo de ensino-aprendizagem ao propor um ensino problematizador, dialógico e crítico por meio da perspectiva CTSA.

A partir da pedagogia freiriana, ao se objetivar ensinar um conteúdo de Física, Eletrodinâmica, por exemplo, os estudantes devem ser primeiramente provocados para que a partir de suas respostas (orais ou escritas) estruturem-se as próximas aulas. Assim, também se elucida os conhecimentos prévios e se estabelece o que será discutido posteriormente, fazendo emergir os chamados temas geradores.

Freire (1987) afirma que os temas geradores são fundamentais em um ensino que se diz crítico, problematizador, dialógico:

Enquanto na prática “bancária” da educação, anti-dialógica por essência, por isto, não comunicativa, o educador deposita no educando o conteúdo programático da educação, que ele mesmo elabora ou elaboram para ele, na prática problematizadora, dialógica por excelência, este conteúdo, que jamais é “depositado”, se organiza e se constitui na visão do mundo dos educandos, em que se encontram seus “temas geradores”(Freire, 1987, p. 58).

Esses temas geradores são uma estratégia para horizontalizar o processo de ensino-aprendizagem, permite que os educandos façam parte desse processo desde o início, no próprio planejamento junto ao educador. O conteúdo programático deve ser de ambos, o universo temático que é o conjunto de temas geradores deve estabelecer relações do tipo pessoa-mundo ligados à experiência existencial dos educandos.

Os temas geradores são definidos por Freire da seguinte forma:

(...) se chamam geradores porque, qualquer que seja a natureza de sua compreensão como a ação por eles provocada, contêm em si a possibilidade de desdobrar-se em outros temas que, por sua vez, provocam novas tarefas que devem ser cumpridas (Freire, 1987, p. 53).

A opção por temas geradores não pode contradizer a dialogicidade, pelo contrário, deve endossá-la. A tarefa do educador dialógico é devolver o universo temático como problema e não como dissertação (Moreira, 2021), ou seja, educar não

é transferir conhecimento pronto, mas provocar a reflexão crítica sobre a realidade. A tarefa do educador é apresentar os temas da realidade vivida pelos alunos de forma questionadora, instigando-os a pensar, investigar, duvidar e dialogar.

O educador não deve entregar respostas fechadas, mas convida os estudantes a problematizar o mundo, a enxergá-lo como algo em constante transformação, que pode e deve ser compreendido e transformado por meio do pensamento crítico. Por ser a conscientização o objetivo final do seu método, Paulo Freire instiga a não tratar o conteúdo (conhecimento científico) como algo pronto, abstrato e distante, como um discurso que o aluno apenas escuta e repete, sem se envolver ou compreender de verdade.

A conscientização, processo em que o indivíduo se torna consciente de sua realidade social e política, é o objetivo maior da educação para Freire. Essa conscientização deve levar à ação transformadora, e é por meio dela que o educando passa de um ser passivo a um agente ativo da mudança social (Andrade, 2024, p. 2359).

Segundo Freire, “a educação verdadeira é práxis, reflexão e ação do homem sobre o mundo para transformá-lo” (Freire, 1977, p. 25). Essa transformação é alcançada através de um processo de conscientização, no qual os educandos adquirem a consciência crítica de sua realidade, reconhecendo sua capacidade de agir sobre ela. Andrade (2024) argumenta que essa educação deve permitir o desenvolvimento da autonomia, romper com o ciclo de opressão e criar as condições para que o educando se torne um sujeito ativo em sua comunidade e na sociedade como um todo.

Para isso, Freire propõe em sua obra a superação da chamada educação bancária em relação a uma educação dita libertadora. Para ele, a educação bancária anula ou minimiza o poder criador dos educandos, estimula sua ingenuidade e não sua criticidade.

Em lugar de comunicar-se, o educador faz “comunicados” e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção “bancária” da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los.

(...) Na visão “bancária” da educação, o “saber” é uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam nada saber.

(...) O educador, que aliena a ignorância, se mantém em posições fixas, invariáveis. Será sempre o que sabe, enquanto os educandos serão sempre

os que não sabem. A rigidez destas posições nega a educação e o conhecimento como processos de busca (Freire, 1987, p. 33-4).

É ainda mais enfático ao apontar a posição do educador bancário: é o que educa, o que sabe, o que pensa, o que diz a palavra, o que disciplina, o que opta, prescreve, atua e escolhe os conteúdos programáticos. Por fim, é o sujeito do processo de ensino-aprendizagem, restando aos educandos a posição de meros objetos. Quanto mais se lhes imponha passividade, tanto mais ingenuamente, em lugar de transformar, tendem a adaptar-se ao mundo, à realidade parcializada nos depósitos recebidos (Freire, 1987, p. 34).

A educação bancária mantém uma consciência ingênua enquanto a pedagogia da pergunta, da autonomia, desenvolve a consciência crítica. Sobre esse tema, Freire distingue duas maneiras de compreender o mundo, a consciência ingênua da consciência crítica. Não apenas as distingue, mas orienta qual deve ser combatida (ingênua).

Enquanto a prática “bancária”, por tudo o que dela dissemos, enfatiza, direta ou indiretamente, a percepção fatalista que estejam tendo os homens de sua situação, a prática problematizadora, ao contrário, propõe aos homens sua situação como problema. Propõe a eles sua situação como incidência de seu ato cognoscente, através do qual será possível a superação da percepção mágica ou ingênua que dela tenham. A percepção ingênua ou mágica da realidade da qual resultava a postura fatalista cede seu lugar a uma percepção que é capaz de perceber-se (Freire, 1987, p. 42).

A consciência ingênua tende a interpretar os problemas de forma simplista, demonstrando fragilidade na análise crítica e aceitando a realidade como algo imutável. Além disso, recorre frequentemente a explicações de natureza mágica ou descoladas da lógica racional. É justamente por tudo isso que deve ser combatida porque não resulta na percepção dos educandos de que podem inserir-se no mundo como transformadores dele.

Em contraposição, a consciência crítica é aquela que promoverá transformações do sujeito e do ambiente no qual está inserido, que caminha para a autonomia e, portanto, se mostra como um caminho possível para alcançar a finalidade do ensino médio e os objetivos de aprendizagem encontrados nos documentos normativos.

A consciência crítica vai além das aparências: compreende que a realidade pode ser transformada, é questionadora, investigativa e profundamente inquieta. Busca compreender os fatos por meio da verificação, rejeita explicações simplistas ou místicas, valoriza o diálogo e está aberta a constantes revisões.

Freire estabelece, portanto, uma educação crítica e dialógica, nas suas palavras ela se propõe a “envolver os alunos no processo de construção do conhecimento e transformação da sociedade. É exatamente esta unidade dialética a que gera um atuar e um pensar certos na e sobre a realidade para transformá-la” (Freire, 1987, p.14).

Esse ensino proposto por Freire está voltado para práticas sociais, posicionamento político, liberdade em aprender e ensinar. Se mostra adequado para promover uma aprendizagem que se molda às finalidades do ensino como disposto na LDB e na BNCC. Em nossa avaliação Paulo Freire propõe uma práxis educacional que transcende a simples utilização de conhecimentos na prática, pois implica reflexão, ação e transformação, tanto da realidade vivida como do sujeito que a vive, rompendo com práticas tradicionais de ensino, a fim de que a realidade seja percebida e que se transforme em objeto de reflexão.

Especificamente em *Pedagogia do Oprimido* (1987), encontramos apontamentos para uma aprendizagem que se dá por meio da criticidade, diálogo, problematização e conscientização. Pode-se destacar que, para alcançar uma educação dialógica estudar implica apropriar-se do significado dos conteúdos, estabelecendo relações entre esses conhecimentos, a realidade dos alunos e os contextos históricos, sociais e culturais em que foram produzidos.

Moreira (2021) resume “a educação problematizadora funda-se na relação dialógico-dialética entre educador e educando, ambos aprendem juntos” (p. 126). Na educação dialógica o educando deve assumir uma postura de sujeito do ato de estudar e adotar uma postura crítica e sistemática, precisa conhecer e por isso precisa do outro. Esse ato de conhecer é um processo social e o diálogo é justamente o elo desse processo.

Por vezes, a pedagogia freiriana é conhecida como a pedagogia da pergunta por esta ser a própria essência do conhecer. O ato de perguntar está intrinsecamente relacionado ao existir, ao ser, ao estudar, ao pesquisar e ao conhecer. É fundamental que o educando exercite a curiosidade, questione e formule perguntas, pois é por meio do questionamento que se constrói o conhecimento.

2.6. Perspectiva CTSA Enquanto Abordagem Educacional

A Competência Específica 3 de CNT na BNCC, propõe analisar situações-problema e avaliar as aplicações do conhecimento científico e tecnológico nas diversas esferas da vida humana com ética e responsabilidade. Sugere que compreender os processos que envolvem os avanços científicos e tecnológicos é essencial para um debate fundamentado sobre os impactos da tecnologia nas relações humanas e suas implicações éticas, morais, políticas e econômicas, e sobre seus riscos e benefícios para a humanidade e o planeta (Brasil, 2018, p. 544). Mesmo não estando explícito, a perspectiva CTSA se mostra capaz de contribuir no desenvolvimento desta competência e das habilidades que constam na seção 2.1 a fim de se alcançar as finalidades e/ou objetivos da Educação Básica.

Santos e Mortimer (2002) defendem um currículo com ênfase CTS¹ por enxergarem que é uma necessidade do mundo contemporâneo.

Não se trata de mostrar as maravilhas da ciência, como a mídia já o faz, mas de disponibilizar as representações que permitem ao cidadão agir, tomar decisão e compreender o que está em jogo no discurso dos especialistas.

[...] tratam das inter-relações entre explicação científica, planejamento tecnológico e solução de problemas, e tomada de decisão sobre temas práticos de importância social (Santos e Mortimer, 2002, p. 112).

Segundo Ricardo (2018), CTSA é uma inovação metodológica alinhada ao enfoque sócio-histórico que “almeja ampliar os objetivos de ensino de Ciências para além do mero acúmulo de informações ou transposições mecânicas de técnicas de resolução de exercícios” (p.37) e está fundamentada na proposição de que o ensino de Ciências, além de proporcionar conhecimentos para compreender os fenômenos da natureza, também deve considerar as relações entre Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente.

Martínez (2012) sugere que o enfoque CTSA quando voltado para o ensino pode ser articulado de uma forma que altera nosso relacionamento com a sociedade e com a natureza:

É uma forma de problematizar a visão positivista e instrumental da ciência e da tecnologia, resgatando-lhes as implicações sociais, políticas, culturais,

¹ Embora este trabalho adote a perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), conservamos as siglas C&T (Ciência e Tecnologia) e CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) quando citadas em autores que compõem o referencial teórico, mantendo-as conforme aparecem nos textos originais.

éticas e ambientais como aspectos relevantes para entender o empreendimento científico como processo histórico e humano mediado por diversos interesses, ideologias e pontos de vista em disputa.

(...) Assim, ensinar Ciências no contexto contemporâneo deve ir além da mera apresentação de teorias, leis e conceitos científicos, implicando a reflexão sobre o que estudantes entendem por ciência e tecnologia na sociedade em que vivem (Martínez, 2012, p.4).

Segundo Hammel (2019), a perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) tem estado presente em muitas pesquisas relacionadas ao ensino porque:

destaca-se como marco inicial a ciência e a tecnologia, tornando-se estas referências dos saberes curriculares, e a sociedade e o ambiente é o local de aprendizagem, a partir do qual podemos adotar temas ou problemas a serem investigados, no qual podem ser aplicados os conhecimentos científicos e tecnológicos aprendidos, a fim de buscar uma solução, uma tomada de decisão ou um juízo de valor. (Hammel, 2019, p. 260).

O enfoque CTSA é uma importante ferramenta para que se atinja um ensino capaz de promover a formação de sujeitos críticos, conscientes de seu papel social e ambiental, capazes de tomar decisões informadas e responsáveis diante dos impactos da ciência e da tecnologia na sociedade e no meio ambiente. Incentivar transformações sociais e ambientais por meio do engajamento dos educandos, não apenas com a compreensão da informação científica, mas também com a reflexão crítica, a tomada de decisões conscientes e a atuação efetiva diante de questões de Ciência e Tecnologia que afetam diretamente nossas vidas e nosso bem-estar.

Nesse sentido, a perspectiva CTSA pode auxiliar na promoção de um ensino problematizador e dialógico inspirado na pedagogia de Paulo Freire quando se propõe a romper com a consciência ingênua e argumenta em favor da consciência crítica. Essa confluência de ideias se materializa com a investigação de palavras/temas geradores, como enfatiza Nascimento e Linsingen (2006):

O enfoque CTS enquanto método de investigação temática proposto por Freire rompe com o tradicionalismo curricular do ensino de ciências uma vez que a seleção de conteúdos se dá a partir da identificação de temas que contemplem situações cotidianas dos educandos (Nascimento e Linsingen, 2006, p.108).

Quanto à tecnologia, especificamente, Ricardo, na coleção Ensino de Física (2018), discorre como seu potencial tem sido reduzido a uma simples aplicação da ciência, servindo apenas para justificá-la. Na maioria das vezes não é reconhecida

como uma prática produtora de saberes próprios e, portanto, uma possível referência de saberes a ensinar (Ricardo, 2018, p.41).

Outro ponto que se torna necessário refletir são os instrumentos avaliativos, as provas corriqueiras de múltipla escolha e pontuais não parecem ser suficientes para contemplar as diversas formas de expressão do conhecimento. Luckesi (2005) defende avaliações processuais (não pontuais) e formativas que possam integrar as diferentes atividades que são desenvolvidas em sala de aula. As atividades diárias também podem ser pensadas como instrumento avaliativo. A execução das atividades planejadas diariamente, em que não for atribuída uma nota, pode aumentar a motivação dos estudantes e o engajamento sem o receio do erro que desconta pontos da sua média necessária para aprovação.

Assim a aprendizagem de conteúdos pode adquirir significado para o estudante contribuindo para dar uma solução integral para os problemas reais que os cerca. Moreira (2021) defende que são as situações que dão sentido aos conceitos, devem fazer sentido para o estudante. As primeiras situações devem ser do entorno deles, concordando com o que preconiza Paulo Freire.

2.7. Eletrodinâmica no ensino superior

Em diversos livros texto, a sequência de conteúdos no ensino superior não diverge muito daquela praticada na educação básica, em se tratando da eletrodinâmica, tem-se: definição de corrente elétrica, primeira e segunda lei de Ohm, potência elétrica (lei de Joule), energia elétrica, força eletromotriz e circuitos elétricos.

2.7.1 Corrente Elétrica

Pode ser iniciada com a definição de corrente elétrica: movimento de elétrons de um polo negativo para um polo positivo, quando há uma diferença de potencial (d.d.p.) entre placas ou dois pontos de um fio condutor como ilustrado na figura 1. A d.d.p. é geralmente definida em termos do trabalho e do campo elétrico. A d.d.p. entre dois pontos A e B é definida como o trabalho por unidade de carga que deve ser realizado por uma força externa para mover uma carga de teste positiva do ponto A ao ponto B, contra o campo elétrico, a depender da natureza do material.

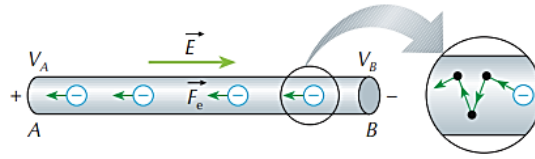


Figura 1: Ligando o condutor ao gerador, há uma ddp $V_A - V_B$ entre os terminais do condutor e o movimento dos elétrons é ordenado sob ação de \vec{E} (Ramalho, 2009).

Existem situações em que muitos portadores de carga se deslocam através de uma região do espaço. Quando as extremidades de um fio metálico são ligadas a uma bateria, no interior do fio passa a existir um fluxo de elétrons, do polo negativo em direção ao positivo. No interior de uma lâmpada fluorescente ligada existem fluxos de elétrons e de íons positivos. No interior do Sol, devido às altas temperaturas e à sua rotação, elétrons, prótons e outros núcleos leves (portadores de carga positiva) estão em movimento contínuo. No interior da Terra também existem cargas em movimento, como evidencia a existência do campo magnético que deflete as bússolas na sua superfície (Bechara, 2014, 242).

Assim, a intensidade i da corrente através de uma dada secção do fio condutor é definida como a quantidade de carga que atravessa esta secção por unidade de tempo (Nussenzveig, 1997):

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.0)$$

A unidade de corrente no SI é o *ampère* [A]. A saber, $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$. Destaca-se também a *quantidade de carga* Q , dada por:

$$Q = n \cdot e \quad (1.1)$$

em que, $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, é a *carga elétrica elementar*.

A carga elétrica é uma característica de corpos materiais mesmo uma partícula pequena, como um elétron, não é a carga elétrica, ele apenas possui carga elétrica. Corpúsculos que possuem carga elétrica costumam ser chamados de portadores de carga. Na natureza são encontrados os mais variados portadores de carga. Eles podem ser elétrons, prótons, pósitrons, núcleos atômicos, íons ou muitas outras partículas ou sistemas de partículas.

2.7.2 Densidade de Corrente Elétrica

A corrente elétrica i é uma grandeza escalar e, portanto, não pode conter informações detalhadas acerca das direções e sentidos dos movimentos dos portadores de carga. Por esse motivo, é conveniente representar os fluxos de portadores de carga por meio do vetor *densidade de corrente elétrica*, geralmente representado por \vec{J} .

É sabido, desde a mecânica clássica, que toda alteração do estado de movimento de um corpo é precedida de uma força. Sobre as cargas elétricas considera-se a *força elétrica* \vec{F} que surge associada a um *campo elétrico* \vec{E} . Quando se liga um condutor metálico a uma fonte de tensão, como uma pilha ou bateria, em seu interior existe um campo elétrico que pode ser considerado razoavelmente uniforme. Este campo externo existe em todos os pontos do interior do metal.

Este campo causa forças em todas as cargas existentes no interior do metal, tanto nos íons positivos como nos elétrons livres. A força sobre um íon é contrabalançada pelas forças que os outros elementos do metal causam sobre ele, e ele não se move. A força sobre um elétron livre, por outro lado, causa uma aceleração sobre ele, fazendo com que sua velocidade aumente. Assim, a corrente dentro de um meio material resulta da resposta das partículas carregadas deste meio às forças eletromagnéticas a elas aplicadas. A grandeza *densidade de corrente* J é proporcional à força por unidade de carga como encontrado em Griffiths (2010).

$$\mathbf{J} = \sigma \vec{F} \quad (1.2)$$

A dependência da natureza do material é expressa pela constante empírica de proporcionalidade característica do material σ , *condutividade elétrica* que varia de um material para outro.

2.7.3 Leis de Ohm

Ao considerar \vec{F} como uma *força eletromagnética*, a eq. 1.2 expande para:

$$\mathbf{J} = \sigma(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (1.3)$$

Entretanto, como a velocidade das cargas elétricas é pequena em alguns casos, o segundo termo pode ser desconsiderado, restando:

$$\mathbf{J} = \sigma \vec{E} \quad (1.4)$$

Essa, portanto, é a chamada *lei de Ohm* (microscópica), útil para uma grande variedade de materiais isotrópicos líquidos e sólidos (não para gases) (Nussenzveig, 1997), entretanto, a equação 1.4 é um caso particular da equação 1.2.

Todavia, para obtermos a *lei de Ohm* como adotada no EM algumas considerações devem ser satisfeitas. Ao considerar um trecho $d\ell$ de um fio condutor de secção transversal S sobre o qual a corrente \mathbf{j} é longitudinal e homogênea, como mostra a Figura 2, a diferença de potencial dV entre as secções A e B:

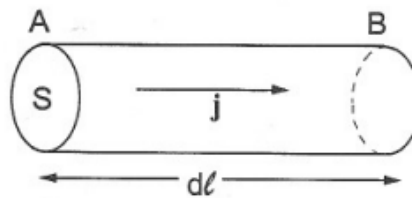


Figura 2. Trecho de fio condutor (Nussenzveig, 1997).

$$V_A - V_B \equiv dv = \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = E \, dl \quad (1.5)$$

Assim, a *intensidade da corrente* que atravessa esse trecho do fio é:

$$i = \int_S \mathbf{j} \cdot \hat{\mathbf{n}} \, dS = j \cdot S = \sigma E S \quad (1.6)$$

Todas as equações que expressam a densidade de corrente e as integrações, obviamente, não são tratadas na Educação Básica, a derivação a seguir nos permite obter as leis de Ohm como são usualmente tratadas na Educação Básica com suas limitações e exceções na abordagem.

$$dV = \frac{i}{\sigma S} \, dl \quad (1.7)$$

Quando considera-se a secção S constante e ℓ como comprimento do fio, como ilustrada na Figura 3, a ddp entre A e B é dada por:

$$V_A - V_B \equiv V = R i \quad (1.8)$$

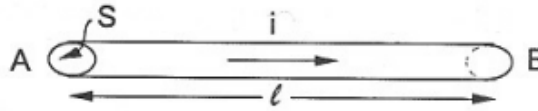


Figura 3. Fio de seção constante (Nussenzveig, 1997).

Conhecida na Educação Básica como Primeira Lei de Ohm (*resistência elétrica*) e de onde obtém-se a Segunda Lei de Ohm, da *resistividade*:

$$R = \frac{l}{\sigma S} \equiv \rho \frac{l}{S} \quad (1.9)$$

A Primeira Lei de Ohm (macroscópica) costuma ser definida como a razão entre a d.d.p e a corrente elétrica, sendo constante para o mesmo material desde que não sofra significativas variações de temperatura, por esse motivo não se trata verdadeiramente de uma lei, funciona mesmo como uma regra geral. A resistência é uma função da geometria do arranjo e da condutividade do meio (σ), é portanto uma constante de proporcionalidade (Griffiths, 2010). Com ela é possível mostrar que a corrente total (i) que flui é diretamente proporcional à ddp aplicada (V).

A unidade de medida da *resistência elétrica* é o *ohm* [Ω]: $1\Omega = \frac{1V}{1A}$.

2.7.4 Resistividade

A Segunda Lei de Ohm expressa que a resistência elétrica depende de características físicas dos materiais, tais como comprimento e área de seção transversal, sendo caracterizada como diretamente proporcional ao comprimento (l) e à *resistividade* (ρ) e inversamente proporcional à área de seção transversal (S).

O fator de proporcionalidade ρ (*resistividade*) é o inverso de σ (*condutividade*) ($\rho = 1/\sigma$), ambas constantes empíricas que variam de um material para outro. Como $[\rho] = [R] \cdot [L]$, a unidade de medida da *resistividade* é *ohm-metro* [$\Omega.m$]. De um modo geral, os metais são bons condutores, ou seja, se perfeitos têm $\sigma = \infty$. Em contrapartida, os resistores são feitos de materiais mal condutores (Griffiths, 2010).

Verifica-se empiricamente que a resistividade varia, quase linearmente, com a temperatura:

$$\rho = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (1.10)$$

Onde ρ é a resistividade à temperatura T e ρ_0 é a resistividade à temperatura T_0 . A constante α é o coeficiente de temperatura da resistividade. Assume valores positivos para metais (ρ aumenta com T) e negativos para semicondutores. De um modo geral considera-se temperaturas próximas da temperatura ambiente, se por outro lado houver temperaturas muito baixas outros efeitos podem ocorrer, tais como a supercondutividade, que em caso extremo, abaixo de uma temperatura crítica, resulta em um material sem resistência (Nussenzveig, 1997).

A resistividade pode variar por fatores $> 10^{20}$ a depender da natureza do material, sendo extremo os bons condutores como o cobre e isolantes como o quartzo.

2.7.5 Lei de Joule (Potência Elétrica)

Sendo a corrente elétrica o movimento de elétrons nos condutores metálicos, como fios de cobre, então há atrito entre esses elétrons e os átomos da rede cristalina do fio devido as colisões durante esse movimento. Essas colisões produzem calor como ocorre nos chuveiros elétricos, ebulidores e até mesmo radiação térmica visível devido ao aquecimento de resistências em fornos elétricos, aquecedores, lâmpadas incandescentes etc. Essa conversão de energia elétrica em calor é denominada de efeito Joule, o resultado das colisões é que o trabalho feito pela força elétrica é convertido em calor no resistor.

O trabalho realizado pela força elétrica é necessário para transportar uma carga dq através de uma ddp V sendo necessário fornecer uma energia $(dq) V$, logo, para manter a corrente $i = dq/dt$ durante um tempo dt através de V , é preciso fornecer uma energia

$$dW = (i dt) V \quad (1.11)$$

o que corresponde a uma *potência* (energia por unidade de tempo) (Nussenzveig, 1997).

$$\frac{dW}{dt} \equiv P \equiv i V \quad (1.12)$$

Para $i = 1\text{A}$ e $V = 1\text{V}$, resulta em $P = 1\text{W}$ (watt).

Ao considerar uma corrente em um trecho dl de um condutor de seção S em que ocorre uma queda de tensão dV , tem-se:

$$dP = i \frac{dV}{dl} dl = i dl E = j S dl E = \mathbf{j} \cdot \mathbf{E} dv \quad (1.13)$$

Sendo $dv = S dl$ o volume do elemento do condutor, e \mathbf{J} paralelo a \mathbf{E} , a *densidade de potência* é

$$\frac{dP}{dv} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{E} \quad (1.14)$$

Para um condutor ôhmico, expresso pela equação 1.4, a potência resulta em

$$\frac{dP}{dv} = \sigma \mathbf{E}^2 = \frac{j^2}{\sigma} \quad (1.15)$$

Para ser adotada no Ensino Médio usa-se a forma em termos da resistência R , do condutor

$$P = i^2 R = \frac{V^2}{R} \quad (1.16)$$

Dessa forma tem-se que um resistor transforma a energia elétrica recebida de um circuito em energia térmica, assim é usual dizer que um resistor dissipa a energia elétrica que recebe do circuito, a potência elétrica consumida por um resistor é dissipada. Por exemplo, um chuveiro elétrico transforma continuamente energia elétrica em térmica. Essa capacidade de transformar energia elétrica em térmica é medida pelo calor gerado, em joules por segundo (J/s), que equivale à potência associada à transformação de energia térmica em calor, que no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o watt (W).

2.7.6 Força Eletromotriz (fem)

Na Educação Básica costuma-se distinguir os dispositivos elétricos em geradores e receptores (ativos ou resistivos) a depender da conversão de energia elétrica. Os geradores como pilhas e baterias são usados como fontes de tensão

elétrica no estudo de circuitos elétricos, são responsáveis por fornecer a força eletromotriz (fem) necessária ao circuito para e transformar outras formas de energia em energia elétrica e fornecer essa energia ao resistor. A designação “força” não é apropriada, pois a fem (medida em volts) tem a mesma natureza que uma diferença de potencial. O nome “força eletromotriz” permanece em uso apenas por motivos históricos (Guimarães, 2016, p. 56).

Quando uma corrente elétrica se estabelece, os portadores de carga ganham energia potencial elétrica à custa da conversão de energia química (no caso de uma pilha). Para cada unidade de carga que atravessa um gerador há, em correspondência, uma quantidade de energia de outra modalidade que se transforma em energia elétrica. A diferença de energia de outra modalidade gasta por um gerador na transformação, por unidade de carga, chama-se força eletromotriz (ou fem, de símbolo ε) (Guimarães, 2016, p. 56).

Em Nussenzveig (1997) lemos que a passagem de uma corrente i através de uma queda de voltagem (tensão) V gera, por unidade de tempo, uma energia iV . É essa energia que é convertida em outras formas, mas então de onde vem a energia para manter a corrente no circuito constante? Segundo Griffiths (2010) há duas forças envolvidas na movimentação de uma corrente por um circuito: a *fonte* f_s , que normalmente está confinada a uma parte do circuito (pilha, bateria), e a *força* eletrostática, que serve para normalizar o fluxo de e comunicar a influência da fonte às partes distantes do circuito.

$$\mathbf{f} = \mathbf{f}_s + \mathbf{E} \quad (1.17)$$

O agente físico responsável por f_s , pode ser qualquer uma de várias coisas: em uma bateria é a força química, em um cristal piezoelétrico é a pressão mecânica convertida em impulso elétrico, em um termopar é o gradiente de temperatura, em uma célula fotoelétrica é a luz, em um gerador Van der Graaff os elétrons são depositados em uma esteira rolante. Seja qual for o mecanismo, seu efeito final é determinado pela integral de linha de \mathbf{f} em volta do circuito:

$$\varepsilon \equiv \oint \mathbf{f} \cdot d\mathbf{l} = \oint \mathbf{f}_s \cdot d\mathbf{l} \quad (1.18)$$

Assumindo condições ideais, uma bateria com resistência nula, por exemplo, a força líquida sobre as cargas é nula (equação 1.2 com $\sigma = \infty$), de forma que $\mathbf{E} = -\mathbf{f}_s$ e a ddp entre os terminais é

$$V = - \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \int_a^b \mathbf{f}_s \cdot d\mathbf{l} = \oint \mathbf{f}_s \cdot d\mathbf{l} = \varepsilon \quad (1.19)$$

Portanto, a função da função da bateria é estabelecer e manter uma ddp igual à fem

$$\varepsilon = V_a - V_b = V = Ri \quad (1.20)$$

Todavia, as baterias de verdade têm uma certa *resistência interna*, r , e a ddp entre seus terminais é $\varepsilon - ir$, em que i é a corrente que está fluindo, ou seja, não se pode desprezar a dissipação dentro da própria bateria. A partir do *diagrama de circuito* apresentado a seguir tem-se:

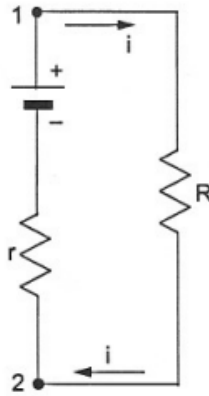


Figura 4. Circuito equivalente de uma bateria (Nussenzveig, 1997).

Para determinar a corrente i devemos levar em consideração r , assim obtém-se:

$$i = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad (1.21)$$

Assim como a d.d.p. entre os pontos 1 e 2 do circuito fechado é devido à r , resultando em:

$$V = Ri = \frac{R}{R+r} \varepsilon < \varepsilon \quad (1.22)$$

Corrente, resistência, d.d.p., potência e geradores elétricos são os conceitos fundamentais que sustentam os fenômenos elétricos que fazem parte do corpo de estudo da Eletrodinâmica seja no nível superior ou básico. A partir destes conceitos uma gama de aplicações tecnológicas que podem ser entendidas além de muitos fenômenos de ocorrência na natureza, no corpo humano e na matéria.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção examina-se se os livros didáticos do último PNLD (2021) auxiliam na seleção de conteúdos que possam ter sido elaborados segundo a perspectiva CTSA ou freiriana. A importância do livro didático pode ser observada no que afirma Moraes (2011):

O livro didático é o principal material instrucional do aluno e em muitos casos é o único. Atualmente, os alunos das escolas públicas recebem o livro didático através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que garante a aquisição e distribuição de livros didáticos para todo o Brasil (Moraes, 2011, p.1).

No ambiente escolar, o livro didático torna-se a principal referência e local de acesso aos conteúdos de Física sua influência é muito grande na maneira com que o professor conduz seu ensino (Moraes, 2011). É utilizado como referencial didático que auxilia tanto alunos quanto professores no processo de ensino-aprendizagem.

Em pesquisa realizada com professores, Megid Neto e Fracalanza (2003) salienta a indicação de uso feito por eles [professores]: auxiliam na elaboração de planejamento, em atividades extraescolares, leitura de textos, realização de exercícios e de outras atividades ou, ainda, como fonte de imagens para estudos escolares, aproveitando fotos, desenhos, mapas e gráficos. São ainda fonte bibliográfica, tanto para complementar seus próprios conhecimentos, quanto para a aprendizagem dos alunos, em especial nas chamadas “pesquisas” bibliográficas escolares (Megid Neto e Fracalanza, 2003, p. 148).

Munakata (2016) fez um estudo sobre o uso do livro didático que remonta ao século XVII, na obra de Comenius. Afirmar ainda que:

[...] sua existência [livro didático] só se justifica na e pela escola. [...] É uma necessidade. [...] O livro didático é, em primeiro lugar, o portador dos saberes escolares, um dos componentes explícitos da cultura escolar. De modo geral o livro didático é a transcrição do que era ensinado, ou que deveria ser ensinado, em cada momento da história da escolarização (Munakata, 2016, p. 122).

Megid Neto e Fracalanza tratam dos meandros históricos do livro didático, agora especificamente no contexto brasileiro:

Programas de melhoria da qualidade do livro didático brasileiro e de distribuição ampla para os estudantes de escolas públicas têm sido uma das principais ações do governo federal e seu Ministério da Educação desde a década de 30 do século passado. Tais programas consomem substanciais

verbas públicas ministeriais, só perdendo para os programas de merenda escolar (Megid Neto e Fracalanza, 2003, p. 147).

O livro didático nas escolas públicas brasileiras não tem função de simples material de consulta ou ferramenta auxiliar, é um bem essencial ainda mais quando se considera as proporções continentais do país e o quão desigual podem ser suas regiões. Sabendo disso, o Guia do PNLD 2021 reúne diversas informações sobre os livros a serem avaliados pelos professores nas instituições de ensino nas quais lecionam que vão além de mera ficha técnica.

Apresentam, dentre outras informações: características gerais da obra, os propósitos, os referenciais teórico-metodológicos, os conceitos centrais, a abordagem didático-pedagógica (Brasil, 2021). Destaca ainda que no trabalho pedagógico muitas instâncias convergem:

Os saberes dos estudantes que chegam até nós, com suas muitas vivências construídas ao longo de suas vidas; os saberes docentes e cidadãos; os saberes de outros profissionais que circulam no dia a dia das instituições de educação; as teorias de muitos autores; os currículos sistematizados nas fronteiras dos municípios, dos estados e da federação brasileira; as legislações e muitas outras coisas que fazem parte do ser/estar no ofício da docência (Brasil, 2021, p. 18).

Corroborando com as pesquisas dos muitos autores citados até aqui, o livro didático é um artefato cultural importante de mediação e apoio ao seu fazer pedagógico, sua escolha deve ser feita com bastante cautela e certeza (Brasil, 2021), entretanto, não temos indicação de quais referenciais teóricos-metodológicos, abordagem metodológicas e quais vivências dos estudantes realmente estão presentes nos livros didáticos que podem chegar à sala de aula. Nesse sentido cabe aos professores da Educação Básica analisarem com minúcia as orientações pedagógicas feitas pelos autores.

O Guia do PNLD destaca, em Princípios e Critérios (PNLD, 2021):

Assegurar a efetiva aquisição das competências gerais, competências específicas e habilidades relacionadas à Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, de forma integrada com as outras áreas, especialmente com a Área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

No conjunto dos seis volumes da obra didática por área de conhecimento das Ciências da Natureza, devem ser abordadas a contextualização e problematização da ciência e da tecnologia (no que tange aos processos biológicos, físicos e químicos) (Brasil, 2021, p. 23).

Esses princípios indicam que os livros didáticos devem proporcionar a integração entre as áreas de conhecimentos (ciências humanas e sociais e ciências da natureza), assim como a contextualização e a problematização da ciência e da tecnologia. Ambos os princípios destacam elementos que podem ser encontrados na perspectiva CTSA e na pedagogia freiriana.

3.1 CTSA nos Livros Didáticos

Não há menção explícita no Guia do PNLD 2021 à pedagogia freiriana ou à perspectiva CTSA, apenas elementos que podem ser relacionados. Avaliadores e/ou usuários podem apenas inferir sua presença a partir de trechos que parecem influenciados por estas abordagens à educação como o trecho que segue:

A resolução dos diversos problemas e realidades nos quais estes jovens estão inseridos, necessitam de conteúdos que sejam integrados com uma visão mais ampla do mundo. Na atualidade, com a presença de *fake news*, o domínio do conhecimento científico, por parte dos jovens, pode ser uma poderosa ferramenta para o pensamento crítico, possibilitando uma leitura de mundo mais abrangente e transformando não só o estudante, mas também a sociedade em que está inserido, tornando-a melhor e mais inclusiva (Brasil, 2021, p. 22).

Para tornar realidade tal orientação, é necessário que os atores do processo de ensino-aprendizagem estejam numa relação dialógica e problematizadora alinhada aos acontecimentos do presente e do futuro em uma simbiose com a ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Os conteúdos disciplinares (objetos de conhecimento assim redefinidos pela BNCC) precisam estar relacionados aos aspectos históricos, sociais e culturais do conhecimento, características que se alinham à pedagogia freiriana.

É preciso que o(a) estudante venha a aprender e compreender o papel da ciência e da tecnologia em sua vida, entendendo todos os aspectos do seu avanço e refletindo sobre os impactos e das situações diversas que podem emergir em sua comunidade, além de apreender a ciência para se posicionar mais criticamente e de forma responsável e ética em todos os níveis de ensino, desde o básico até o superior. O(A) estudante deve interpretar o mundo, manejando os conceitos científicos, suas leis, suas teorias, sempre na perspectiva de raciocinar cientificamente em uma sociedade cada vez mais desafiadora e tecnológica (Brasil, 2021, p. 20).

Mas será que os livros didáticos do PNLD de 2021 para as Ciências da Natureza estão em consonância com essas prerrogativas? Ou estariam como o afirmado por Megid Neto e Fracalanza:

os autores de livros didáticos procuram incorporar os fundamentos conceituais e os avanços educacionais na área de Ciências, tanto nas páginas iniciais das coleções, quanto nas explicações e na introdução da obra ao professor e aluno. Contudo, a implementação dessas idéias usualmente não se efetiva no texto do livro, nas atividades propostas, nem ao menos nas orientações metodológicas explicitadas ou implícitas na obra (Megid Neto e Fracalanza, 2003, p. 150).

Ricardo (2018) conclui:

Os conteúdos escolares e os materiais didáticos são apresentados de modo excessivamente artificial, resultado de escolhas ocorridas no processo de transposição didática, que procuram satisfazer mais questões de ordem prática do que didática. Isso leva os alunos a não reconhecerem a Física fora da escola. [...] Os conteúdos de Física presentes nos manuais e livros didáticos se encontram distantes da vida cotidiana, das tecnologias, enfim, do mundo dos alunos (Ricardo, 2018, p.40).

Ricardo diz ainda que embora haja algumas aproximações com a realidade, os livros didáticos estão praticamente isolados do mundo real, da vida cotidiana dos alunos e que o uso de materiais como os paradidáticos e a abordagem CTSA buscam essa aproximação. Desta foi realizada uma análise prévia nas coleções dos livros aprovados no edital do PNLD 2021 - objeto 2, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, especificamente, em Eletrodinâmica com o intuito de verificar se a perspectiva CTSA e a pedagogia freiriana são contempladas. A escolha do tema Eletrodinâmica como recorte para a presente análise se dá devido a esta investigação se encontrar inserida em uma maior, que busca elaborar material didático com essa temática para o 3º Ano do Ensino Médio.

É importante destacar que a escolha de livros didáticos como objeto de pesquisa se deu, como exposto anteriormente, por seu caráter fundamental ao processo de ensino-aprendizagem. Quanto a ser do PNLD se deve ao fato de os livros serem selecionados com essa finalidade, atender à demanda das escolas brasileiras e aos documentos normativos, e sua distribuição em escala nacional o que garante que estes possam ser em muitos casos o único material instrucional que os estudantes terão acesso, e em alguns casos, o professor também.

Foram analisadas as seções iniciais dos livros didáticos voltadas para uso do professor, tais como *Suplemento para o professor*, onde constam orientações gerais sobre a coleção, especificamente os aspectos teóricos-metodológicos. Já no livro destinado aos estudantes foram analisados unidades e capítulos que tratam especificamente do conteúdo 'Eletrodinâmica', além da abertura e fechamento de unidades temáticas (que continha o capítulo em análise) que por vezes foi indicado

pelos autores dos livros didáticos como os locais onde se encontraria problematização, contextualização, aspectos CTSA e interdisciplinaridade

O corpus dessa investigação está descrito no Quadro 1. Nele, constam os livros com suas identificações, unidades e capítulos analisados.

Quadro 1: Coleções e unidade/capítulos analisadas.

Identificação dos Livros Didáticos (LD)	Editora/Coleção/Volume	Unidade/Capítulos
LD1	Modena/Ciências da Natureza – Lopes & Rosso	Unidade 1/Tema 3 Circuitos Elétricos
LD2	Moderna/Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias/Volume 1 - Mundo Tecnológico e Ciências Aplicadas	Capítulo 1 Eletricidade: de onde vem e para onde vai? Capítulo 2 Geradores de energia portáteis Capítulo 4 - A energia que nos cerca
LD3	Moderna/Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias/Volume 4 - Energia e Sociedade: uma reflexão necessária	Unidade 1 - Energia Elétrica/Capítulo 1 Energia elétrica e sociedade Capítulo 2 Transmissão de energia elétrica Capítulo 3 Geração de energia elétrica
LD4	Scipione/Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar/Volume 6 - O mundo atual: questões sociocientíficas	Unidade 3 - Energia e Sociedade/Capítulo 6 Geração de energia elétrica e fenômenos magnéticos Capítulo 7 Energia Elétrica: distribuição, consumo e tecnologias de automação
LD5	Moderna Plus/Ciências da Natureza e suas Tecnologias/Volume 4 - Ciência e Tecnologia	Capítulo 5 Circuitos elétricos

LD6	FTD/Multiversos - Ciências da Natureza/Volume 3 - Eletricidade na Sociedade e na vida	<p>Unidade 1 - Fontes de energia/Tema 1 e 2 Fontes de energia não-renováveis e de energia renováveis</p> <p>Tema 3 e 4 Matriz energética e elétricas e Geração e distribuição de energia elétrica</p> <p>Unidade 2 - Eletricidade/Tema 3 Princípios de eletrodinâmica</p> <p>Tema 5 Utilização de equipamentos e consumo de energia elétrica</p>
LD7	Edições SM LTDA/Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias/Volume 3 - Energia e Transformação	<p>Unidade 2 - Eletricidade e Magnetismo/Capítulo 2 Corrente elétrica e circuitos elétricos</p> <p>Capítulo 3 Produção e consumo de energia elétrica</p>

Fonte: elaboração própria.

No LD1 foi encontrado na seção *Suplemento para o professor* apontamentos sobre a importância da perspectiva CTSA para a alfabetização científica, autores de referência e os locais no livro do estudante em que estariam presentes, na abertura e fechamento das unidades temáticas. A unidade 1, mundo tecnológico, abre a seção com um texto sobre armazenamento em nuvem e uma pergunta sobre a importância dessa tecnologia atualmente. Essa abordagem no livro reforça que a tecnologia é só uma ferramenta, e não propõe reflexões sociais mais profundas. Na introdução do tema 3, circuitos elétricos, há um pequeno texto sobre carros elétricos, de novo ressaltando que são uma evidência dos avanços tecnológicos.

No fechamento da unidade 1, as seções *Reflexão sobre a Ciência e Pensamento crítico e argumentação* parecem contemplar a perspectiva CTSA, e o

fazem ao considerar o tipo de reflexão que propõe, participação de pesquisadoras negras na ciência e produção de embriões para síntese de órgãos humanos. Mas não contemplam o tema da eletrodinâmica, pois a unidade também trata do tema genética em biologia. Esse tipo de abordagem encontrada no LD1, que discute a teoria inicialmente, e discutir aplicações na sociedade, não é coerente com a abordagem CTSA, que propõe que as discussões surjam dos temas cotidianos, e não que estes apareçam apenas no final.

O LD2 traz em suas *Orientações gerais* na versão do LD para o professor apontamentos sobre contextualização e problematização em C&T onde a CTSA aparece, bem como autores que são referência na área. O início do capítulo 1 faz referência à eletricidade encontrada em um peixe elétrico e uma microfotografia eletrônica de um sistema de neurônios indicando assim que a eletricidade vai além dos equipamentos elétricos que consumimos e a abordagem de circuitos elétricos residenciais comuns nos livros didáticos que consumimos.

Na seção *Interligações*, um texto fala sobre curto-circuito a partir de uma fotografia que usa para ilustrar o fato. A fotografia mostra uma ligação externa com excesso de fios desordenados indicando que esta configuração causaria muitos curto-circuito. A fotografia poderia ser utilizada para tratar do que ocorre em muitas comunidades em que o poder público não chega ou chega insatisfatoriamente levantando questões mais reais e próximas aos estudantes do que saber sobre “a bitola” dos fios.

O capítulo 2 do volume analisado do LD2 fala da importância que as pilhas e especificamente, as baterias, têm no cotidiano, relacionando também com a medicina ao citar aparelhos auditivos, marca-passos, cadeiras de rodas elétricas, mas sem propor discussões maiores que remetesse à CTSA e à problematização freireana, apenas como introdução ao desenvolvimento das pilhas séculos atrás. O final do capítulo traz importante discussão sobre avanços científicos e suas consequências ambientais e, portanto, sociais relacionados à evolução das pilhas e os danos que seus constituintes acarretam populações indígenas e ribeirinhas. Talvez o que falte aqui seja explicitar que se trata de uma temática interdisciplinar entre ciências da natureza e ciências humanas e sociais aplicadas. Apesar de não trazer conceitos da eletrodinâmica explicitamente, faz um recorte da produção e armazenamento de energia elétrica. Poderia ser um bom começo para efetivar a etapa da

problematização, mas estando no fim de um capítulo como pode ser elemento desencadeador de postura dialógica como proposto por Paulo Freire?

O LD3, no *Suplemento ao professor*, apresenta timidamente que são oferecidas orientações de como desenvolver a abordagem CTSA na coleção, diferente dos outros livros didáticos da mesma editora. Neste LD3, são reservados não mais do que dois parágrafos de algumas poucas linhas sobre essa abordagem.

O primeiro capítulo inicia com uma fotografia de uma região do planeta vista do espaço à noite e pergunta a opinião dos estudantes quanto ao fato de a imagem algumas partes estarem iluminadas e outras não, como tornar a produção de energia elétrica menos prejudicial ao meio ambiente e à sociedade e como seria viver sem acesso à energia elétrica. Também pergunta sobre programas sociais relacionados à distribuição de energia elétrica em seus estados.

Tais questionamentos formam um bom começo para a problematização, mas faltam elementos para que o professor avance em discussões mais profundas junto aos estudantes. Este LD3 apresentou apenas algumas linhas sobre a perspectiva CTSA e lembremos de que o livro didático em alguns casos é o único material disponível (inclusive para pesquisa) para professores e estudantes em algumas situações de vulnerabilidade social e/ou econômica.

Esse primeiro capítulo finaliza com *Atividades* que pela primeira vez nesta análise aparece como elemento que pode ser utilizado para promover a dialogicidade. Este capítulo trata da geração de energia elétrica em usinas. Traz questões de vestibulares que relacionam a produção de energia elétrica com seus impactos ambientais, mas requer do professor essa sensibilidade de saber usá-las oportunamente com essa finalidade.

O capítulo 2 aborda conteúdos tanto de eletrostática quanto de eletrodinâmica, de maneira tradicional. Ao final, propõe uma atividade de pesquisa em grupo sobre os perigos do uso de benjamins (“T”) da seguinte forma: o que você acha que poderia ocorrer ao ligar, usando o benjamim, vários dispositivos elétricos em uma única tomada? O livro solicita que elaborem um roteiro investigativo, mas poderia ser uma pergunta para iniciar uma problematização ampliando para casos de incêndio que ocorrem mais comumente em algumas regiões das cidades brasileiras, e construir os conhecimentos físicos a partir do problema, e não o ignorar ao fim do roteiro, para iniciar a discussão teórica sobre eletrodinâmica e eletrostática.

O LD4, diferentemente das obras analisadas até aqui, apresenta o *Manual do Professor* com suas *Orientações gerais* ao final da obra. Na seção *As dez competências gerais nesta obra*, surge em negrito ‘abordagem dialógica’, sem menção direta ou indireta a Paulo Freire, tampouco à perspectiva CTSA, que não aparece em nenhum trecho do *Manual do professor*, sequer nas sugestões de leitura e referências bibliográficas. A ‘abordagem dialógica’ destacada em LD4 busca apenas distinguir a argumentação de explicação.

Na seção *Interagindo e dialogando em sala de aula*, a ‘perspectiva dialógica’ ressurge como um meio que transcende a simples interação (conversa) entre professor e estudante. Mais do que simplesmente interagir com os estudantes e permitir que expressem suas ideias e visões de mundo, é fundamental que o professor incorpore essas formas de pensar em seu próprio discurso. Essa prática favorece a construção de sentidos por parte dos alunos, ao possibilitar que comparem suas concepções e formas de expressão com as do professor, dos colegas, dos livros e de outras fontes.

Essa versão de dialogicidade dos autores diz avançar de simples interação para dialogar com os estudantes a partir de suas formas de ver o mundo. Acrescentam que para efetivar uma abordagem dialógica em sala de aula, é igualmente essencial reconhecer e integrar a visão de mundo presente na linguagem cotidiana, bem como nos contextos sociais e tecnológicos nos quais a ciência se concretiza.

O capítulo 6 do LD4 trata da geração de energia elétrica, a matriz energética brasileira e outras formas de energia (cinética e potencial gravitacional) para mais a frente tratar do funcionamento das usinas hidrelétricas. Em seguida há uma seção chamada *Dialogando com as Ciências Humanas e Sociais Aplicadas* que traz um texto sobre os impactos sociais e ambientais da instalação de uma usina hidroelétrica na região norte do Brasil que afetam comunidades ribeirinhas. São feitas perguntas triviais cujas respostas estão contidas no texto e sobre transformações de energia. O diálogo entre as áreas de conhecimento ficou apenas no título da seção.

Na seção intitulada *Articulando ideias* que vem após um trecho sobre diversificação da matriz elétrica, surgem questões para serem respondidas a partir de pesquisas. Em seguida questiona sobre como conciliar a crescente demanda por energia com a necessidade de preservar o meio ambiente. Afirma ser um desafio complexo. Propõe uma discussão entre os alunos sobre a responsabilidade de cada

cidadão para minimizar as dificuldades relacionadas à questão energética. Essa abordagem do tema no LD4 ser tratada sob a perspectiva CTSA.

O capítulo 7 trata dos elementos que proporcionam a distribuição de energia elétrica, tais como cabos, transformadores, efeito Joule, materiais dos condutores e isolantes, mas nenhuma discussão é proposta. Fala dos semicondutores usados em dispositivos miniaturizados e comenta que podem ser usados na medicina. Há de novo uma pergunta sobre linhas de transmissão no Brasil que poderia ser alçada à abordagem CTSA, mas não foi. Por fim, traz textos que tratam da função e aceitação de equipamentos (lâmpadas de LED, forno micro-ondas e *smartphones*) por parte da sociedade por creditar riscos em sua utilização, e acaba assim, como um texto que traz curiosidades.

No fechamento do capítulo um tópico sobre automação e internet das coisas para depois perguntar sobre seu funcionamento e vantagens, além das econômicas, para a substituição da mão de obra humana pela máquina em algumas situações, percebe-se que a pergunta solicita apenas ‘vantagens’ e não que esta situação pode desencadear mais desigualdades sociais, por exemplo. Tratar de um tema como este no início do capítulo, como elemento problematizador, poderia desencadear uma investigação aos moldes da perspectiva CTSA.

O LD5 não trata da perspectiva CTSA nas suas seções introdutórias, *Orientações gerais sobre a obra*, apenas indica um artigo sobre o tema nas *Referências bibliográficas complementares*. O capítulo 5 do LD5 traz um texto sobre os riscos dos choques elétricos apenas para indicar que naquele capítulo seriam abordados os conceitos de corrente elétrica, tensão, potência, resistência, cálculo do consumo de energia elétrica, dentre outros conceitos comuns à ‘eletrodinâmica’. Nada mais do que isso. Não há problematização, integração com outras áreas do conhecimento, aspectos CTSA ou quaisquer outros elementos distintos a uma abordagem conteudista.

No *Manual do professor* do LD6 não há referência direta à perspectiva CTSA, mas há sobre problematização. Os autores indicam que nessa perspectiva, a resolução de problemas consiste em ferramenta que pode beneficiar esse caminho. Afirmam ainda que na metodologia de resolução de problemas o estudante assume o papel de agente de construção dos próprios conhecimentos. Que é importante criar um clima de verdadeiro desafio intelectual que será alcançado se a situação de aprendizado partir de situações reais do cotidiano do estudante. A problematização

apresentada não é a mesma proposta por Freire, e quanto à CTSA pode-se inferir quando os autores finalizam o tópico sobre *Problematização* dizendo que os conhecimentos conceituais da área de ciências da natureza e suas tecnologias podem ser aplicados na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais.

A unidade 1 trata das fontes de energia, traz uma reportagem sobre a colaboração de cientistas brasileiros no estudo de uma nova fonte de energia, a *higroeletricidade*. O entrevistado na reportagem diz que é “o *aparecimento de eletricidade, aparecimento de uma voltagem, num arranjo de materiais expostos à unidade*”. Em nenhum outro momento volta-se a esta questão, não se explica o que seria esse “aparecimento” que ganha um aspecto mágico, e de novo o tema surge apenas como mera curiosidade, quase especulativo, na abertura de um capítulo.

Ao final dos capítulos seguintes que tratam de fontes de energia renováveis e não-renováveis é solicitada que seja feita uma análise sobre questões ambientais, sociais, políticas e econômicas associadas ao uso de carvão mineral pelos países. Cabe ao professor reconhecer o potencial desses textos e elevar as questões levantadas ao nível da dialogicidade. Para fechar a unidade 1, o tema sobre carros elétricos é abordado de maneira integradora com as ciências humanas e sociais aplicadas. Questiona-se sobre a escassez de petróleo no futuro e como isso afetará os transportes, entretanto esta unidade antecede o conteúdo de Eletrodinâmica.

A unidade 2, que contém a Eletrodinâmica tem início com um trecho de reportagem sobre um raio que se tornou recorde (o maior do mundo) devido a sua extensão (distância horizontal). A reportagem faz apelo à curiosidade, mas não explica os conceitos físicos envolvidos. Em seguida, o capítulo que trata do tema 3, os princípios da Eletrodinâmica, tem início com uma imagem sobre o uso do desfibrilador e propõe questões a serem respondidas em grupo. Sem aprofundamentos maiores.

Na seção, *Atividades extras*, há pelo menos dois itens com potencial CTSA: um diz respeito a implantes eletrônicos utilizados no corpo humano e a outra sobre uma pesquisa realizada no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) que criou um lápis à base de grafeno que desenha circuitos elétricos. A limitação está em apenas solicitar cálculos que estão desconexos com o contexto, como estimar a resistência elétrica e o tamanho do espaço ocupado por uma enzima para produzir uma determinada quantidade de energia elétrica.

No LD7, encontra-se um tópico sobre ciência, tecnologia e sociedade intitulado *Abordagem teórico-metodológica* no *Manual do professor* localizado no final do livro.

Trata-se de uma fala breve informando que o movimento CTS se fortaleceu e fundamenta-se tanto em razões político-econômicas como em razões sociais e humanistas, cita dois autores sem abordar os conceitos de CTS.

Na abertura da unidade 2 tem uma fotografia de uma cidade brasileira, à noite, toda iluminada e um pequeno boxe afirmando que a iluminação urbana alterou os hábitos das pessoas desde a invenção da lâmpada elétrica. Há um texto sobre eletricidade, resistência e choque elétricas que menciona ligações clandestinas (“gatos”) e os riscos que produzem. Afirma que são tão comuns em algumas regiões enfatizando que são efeitos da exclusão econômica em que vive parte da população e o difícil acesso aos benefícios da vida moderna. Entretanto, não se propõe uma discussão mais profunda sobre o tema, que poderia ser o pontapé para a perspectiva CTSA se fazer presente.

Ao fim do capítulo 3 encontra-se a seção *Ciência tem história* abordando o tema da urbanização. Traz um gráfico que mensura a projeção do crescimento populacional em zonas urbanas em escala mundial. Aponta que o período da industrialização está associado à transição demográfica e que avanços tecnológicos permitiram o desenvolvimento da eletricidade. Bem como outros fatores como melhoria da qualidade de vida nas cidades, apesar de muitas pessoas viverem em favelas em condições de vida precárias.

Em seguida propõe algumas questões para serem respondidas sobre a não-homogeneidade da urbanização verificado em todo o mundo. Solicita que se relacione o aumento do uso social da eletricidade com a aceleração do processo de urbanização, e se seria interessante propor aos governos a criação de políticas públicas para incentivar o aumento da população rural. Mais uma vez uma proposta que poderia ser o início de uma situação de aprendizagem do tipo problematizadora é apresentada no final do capítulo. Sem as devidas interlocuções com outras áreas do conhecimento e sem explicitar que a abordagem pode ser compreendida como CTSA.

Ressalta-se que não se pretende aqui menosprezar ou subestimar os conceitos puramente físicos, mas dotá-los de um tipo de significado que faça sentido para os estudantes que por vezes só os estudam por imposição, para memorização e reprodução em provas. O conhecimento científico poderia ser usado de tal forma que os estudantes se engajassem na busca de conhecimentos acadêmicos necessários para responder a uma vasta gama de questões científicas, tecnológicas, sociais e

ambientais. Um ensino capaz de articular teoria, prática e compromisso ético com a transformação social. Que os estudantes pudessem, a partir da compreensão de sua realidade, por meio de um ensino intencional, refletir criticamente e desenvolver interesses para resolver problemas socialmente relevantes e significativos, e a buscarem alternativas para superá-la.

O reconhecimento ou não de elementos da pedagogia freiriana e da perspectiva CTSA partiu de inferências de trechos dos livros didáticos que na grande maioria não tinham o propósito de sê-lo. Desta forma, percebeu-se que cabe ao professor um trabalho paciente e meticuloso, quase que garimpando partes do livro didático adotado. Sua formação precisa conferir o arsenal teórico para fazer do livro didático, se for seu único material instrucional, um mosaico do que pode ser a ferramenta CTSA se assim pretende fazê-lo.

Nos livros didáticos que apresentaram em seus manuais do professor referencial teórico sobre o enfoque CTSA ou CTS essa tarefa pode ser mais fácil de ser realizada. As seções que iniciam ou encerram os capítulos poderiam estar compiladas em um único material para ser usado como elemento inicial para em seguida avançar os estudos e discussões que contemplam a problematização, dialogicidade, temas geradores e a perspectiva CTSA. Os conteúdos muitas vezes são apresentados de maneira descontextualizada e fragmentada, visando mais a transmissão de informação do que a problematização crítica.

Ao assumir a pedagogia freiriana como prerrogativa, deve-se pesquisar junto aos estudantes temas de seus interesses que poderia nortear parte da empreitada na produção dos livros didáticos, que fosse inovador e não repetissem tanto os moldes do passado. Ao concluir que os livros didáticos usados atualmente não atendem integralmente ao ensino problematizador de Paulo Freire e sequer à perspectiva CTSA, a produção de um material complementar e alternativo, um texto de apoio, pode solucionar mesmo que paliativamente e momentaneamente o problema. Foi esse o cenário em que o produto educacional foi elaborado.

4. METODOLOGIA DE ENSINO

O produto educacional em apêndice (Apêndice B) introduz o conteúdo de Eletrodinâmica a partir de textos geradores, que apresentam temas de relevância social, problematizando-os e estabelecendo relações com determinados conceitos físicos que serão necessários para sua abordagem. Tais textos apontam a necessidade de estudo de novos conceitos como ensina Freire.

Após a introdução dos temas por meio dos textos geradores possíveis soluções são propostas em sala de aula após a discussão de diversas alternativas a partir da Atividade de Verificação de Leitura. Em um segundo momento, outras soluções surgem a partir do estudo do conteúdo científico, de suas aplicações tecnológicas e consequências sociais. Ao final, na Atividade de Pesquisa e Aprofundamento, as dimensões sociais do tema são novamente postas em evidência e uma série de problemas relacionados à tomada de decisão são introduzidas, as quais podem explorar aspectos ambientais, políticos, econômicos, éticos, sociais e culturais.

O desenvolvimento desse material levou em consideração conceitos que podem traduzir a perspectiva CTSA em consonância com a pedagogia freiriana, tais como: problematização, dialogicidade e temas geradores.

A problematização deve ser um processo no qual o educando se confronta com situações de sua vida diária, desestabilizando seu conhecimento anterior e criando uma lacuna que o faz sentir falta daquilo que ele não sabe. Isso implica numa educação que é realizada com o educando e não sobre o educando (Nascimento e Linsigen, 2006, p. 104).

Já a dialogicidade não deve ser reduzida a uma conversa entre o educador e o educando, mas uma interlocução. É um diálogo diretivo que permite que o educando tenha conhecimento sobre seu pensar ingênuo, sobre seu conhecimento anterior (Nascimento e Linsigen, 2006). A dialogicidade tem início antes mesmo da interação entre educador e educando. Ela encontra-se presente nos momentos que antecedem o ato educativo propriamente dito, ainda na fase de elaboração da situação de aprendizagem quando o educador se pergunta em torno do que vai dialogar com os educandos.

A problematização também se faz presente a partir da investigação do universo temático dos educandos ou o conjunto de seus temas geradores.

A investigação temática, objetiva explicitar as situações contraditórias ("situações-limites") com as quais os educandos estão envolvidos de modo que deste processo sejam apreendidos os temas geradores. Estes guiarão a

ação pedagógica e permitirão aos educandos superarem a situação-limite, alcançando assim a consciência máxima possível e emergindo da realidade em que se encontravam para inserir-se numa outra em que assumem agora um posicionamento crítico (Nascimento e Linsingen, 2006, p. 106).

Para a concretização da investigação do universo temático dos alunos foi realizada uma consulta aos alunos quando ainda estavam na 2ª série do Ensino Médio. Foram informados que na maior parte da série seguinte eles estudariam conteúdos contidos no escopo da “Eletricidade” e que aquela consulta tinha como objetivo conhecer seus interesses e necessidades na tentativa de construir um programa de ensino que pudesse auxiliá-los em seus objetivos próprios. Isto, motivado pelas asserções de que os problemas científicos não são naturais para os educandos e que na escola se ensinam respostas a perguntas que não foram feitas (Ricardo, 2018, p. 43) e que o ensino de ciências é para não cientistas (Delizoicov e Angotti, 1988, p. 7).

Nessa consulta perguntou-se: o que você acha que se estuda sobre eletricidade no ensino médio? O que você acha que é importante de se estudar sobre o tema eletricidade? O que você gostaria de estudar relacionado ao tema eletricidade?

Dentre as respostas algumas palavras se destacaram em quantidade independente da pergunta: relâmpagos e trovões, lâmpadas e luz, choques, Tesla e carros elétricos, LED, tipos de energia e tipos de eletricidade, geradores, além de dúvidas sobre o surgimento, desenvolvimento e funcionamento da eletricidade.

Essa consulta teve o objetivo de identificar possíveis temas geradores para a elaboração das aulas e dos textos que compõem o produto educacional que se seguiram já com a participação dos alunos no processo de planejamento como propunha Freire. Na seção que trata da Investigação dos Temas Geradores e sua Metodologia (Freire, 1987), encontramos que os temas geradores são o núcleo do seu processo de ensino que se desdobra em três etapas: investigação, tematização e problematização.

4.1 Elaboração do Produto Educacional

Na primeira etapa, investigação, faz-se o levantamento dos temas, na segunda etapa, tematização, descobrem-se novos temas relacionados aos iniciais, e por fim, a terceira etapa, problematização, caracterizada pela conscientização que é o objetivo final de seu método. Nesse cenário, a tarefa do educador dialógico é devolver o

universo temático recolhido na investigação, como problema, não como dissertação (Freire, 1987, p.102).

Portanto, tendo como referência a problematização e a dialogicidade freiriana, os textos foram elaborados de forma que os temas escolhidos tivessem significação para o aluno, de modo a questioná-lo, fazendo-o refletir e conscientizá-lo de que a solução exige um conhecimento físico inédito. Esses temas devem ser significativos e envolver contradições sociais elevando os conteúdos escolares a uma dimensão crítica.

Segundo Delizoicov e Angotti (1988), a problematização, enquanto eixo estruturador da atividade docente tem papel de conscientizar sobre a forma que o conhecimento precisa ter ao ser abordado em sala de aula, tornando-o instrumento para melhorar a compreensão e atuação na sociedade contemporânea.

Ricardo (2018) também defende a problematização como um meio que exige uma competência crítico-analítica que se dará no momento em que se retorna à realidade com um novo olhar, com possibilidades de compreensão e ação, ou seja, de forma contextualizada. A problematização se consolida também nas interações dentro da sala de aula, pois é algo da realidade dos alunos que está sendo analisado, confrontado e questionado (Ricardo, 2018, p. 44).

Os textos geradores elaborados têm como área de estudo a “Eletricidade” abordada em suas manifestações na natureza, no corpo humano e em equipamentos eletroeletrônicos. Foram idealizados para que o objeto de conhecimento geral (conteúdo) seja a Eletrodinâmica, cujos os objetos de conhecimento específicos sejam: corrente elétrica e seus efeitos; Leis de Ohm e dimensionamento de fios para instalações residenciais; Circuitos com resistores (residenciais e equipamentos); Potência e energia elétrica (produção, distribuição, eficiência) e impactos socioeconômicos e ambientais.

Os quatro textos elaborados passaram pelo crivo de pares que leram, comentaram e sugeriram melhorias nos textos e nas atividades de pesquisa e aprofundamento. Os textos têm como título: I – Eletricidade Fatal; II – Marcapasso, o maestro do ritmo cardíaco; III – Resistir é preciso!; IV – Era uma casa muito sem graça, não tinha circuito, não tinha nada!

O texto I aborda situações em que ocorrem acidentes fatais ou não em relação a descargas elétricas atmosféricas e choques em atividades cotidianas. São apresentadas duas notícias que tiveram ampla repercussão midiática de ocorrências

com mortes no verão de 2024. Um dos problemas são as mortes de animais de fazenda (gado) que quando estão em áreas abertas estão mais vulneráveis a raios podendo gerar prejuízos financeiros. A outra notícia é sobre a morte de um idoso que no meio de uma tempestade em que seu carro foi atingido por fios de alta tensão morreu por ter tentado sair do carro. Nesse texto a definição de corrente elétrica se destaca por ser o raio e os choques correntes elétricas medidas em ampères.

Em seguida o texto traz uma série de dados sobre os acidentes mais comuns com eletricidade em casa, o gênero e a faixa etária das vítimas de forma que questões sociais podem ser depreendidas desses dados. Na atividade de pesquisa e aprofundamento pontua-se sobre os riscos de usar dispositivos e acessórios eletrônicos de camelô, onde mais questões socioeconômicas e falta de investimento na produção local são levantadas.

O texto II aborda a importância do marcapasso (dispositivo eletrônico) enquanto gerador de corrente elétrica artificial para o coração. É constituído por bateria, circuito elétrico, fios e é implantado sob a pele. Nesse texto aspectos sobre correntes elétricas do tipo iônicas são tratados bem como as leituras realizadas por meio de eletrocardiograma e eletroencefalograma. A definição de tensão elétrica ganha destaque nesse texto. Questões relacionadas à saúde individual e coletiva, os custos de implantação do marcapasso, sua disponibilidade no Sistema Único de Saúde (SUS) ou sua indisponibilidade por questões de financiamento governamental são levantadas.

O texto III começa questionando sobre a quantidade de habitantes existentes no planeta atualmente e o quanto de alimentos e energia elétrica são necessários ser produzidos para atender à demanda atual e traz estimativas para o futuro quanto a essas mesmas questões. Ressalta-se que para o futuro a eficiência será uma qualidade importantíssima para aumentar a oferta energética, assim, a definição de resistência elétrica é exaltada, e os conceitos de condutividade, resistividade e supercondutividade são apresentados.

O texto propõe uma reflexão sobre as chamadas energias renováveis, dentre elas a hidroelétrica que apesar de ser renovável e limpa produz impactos não apenas ambientais, mas socioeconômicos e políticos em comunidades ribeirinhas. A geração e a distribuição de energia elétrica também são abordados. Na atividade de pesquisa e aprofundamento o acelerador de partículas brasileiro Sirius é colocado como uma importante ferramenta para melhor entender processos em microescala que podem

ser úteis para melhorar a eficiência na produção alimentícia, de medicamentos, materiais, energética, dentre outros.

O quarto e último texto busca situar os alunos quanto à instalação elétrica de sua casa, sobre a localização e a quantidade de tomadas no cômodo onde supostamente está lendo o texto. Ele é convidado a refletir sobre as escolhas feitas para realizar o “sonho da casa própria” no que se refere ao projeto elétrico. É comum encontramos exercícios nos livros didáticos e questões de vestibulares que tratam da potência de equipamentos elétricos em residências, os gastos de energia envolvidos e o quanto disjuntores padecem com escolhas mal feitas na aquisição de chuveiros elétricos mais potentes, assim, esse texto coloca a potência elétrica e seus “watts” em evidência. Os “gatos” na rede elétrica e a quantidade de equipamentos que se conecta em um mesmo “T” são abordados dentro de uma perspectiva socioeconômica. Na atividade de pesquisa e aprofundamento os alunos são convidados a pensar em habitação ecologicamente sustentável.

Os quatro textos foram desenvolvidos em uma linguagem que pudesse manter um diálogo com o leitor, não se tratando apenas da compreensão da mensagem, mas da incorporação dele no texto. A ideia é convidar os participantes a se posicionarem, permitindo a assunção de diferentes vozes acerca do assunto (Scorsoline-Comin, 2014, p. 245).

O diálogo nesse sentido deve contribuir para a formação e para a construção de posicionamentos que considerem o outro em um contexto social envolvido. É um espaço de embates, lutas, assimetrias que refletem os próprios aspectos da interação social. Esses embates poderiam ser acolhidos e repensados, de modo a contribuir com a compreensão de uma realidade macro, a realidade social (Scorsoline-Comin, 2014, p. 250).

5. METODOLOGIA DE TRABALHO

Cabe ressaltar que o objetivo deste trabalho é contribuir para a aprendizagem de Eletrodinâmica a partir de um material didático escrito em uma linguagem dialógica sob a perspectiva CTSA e que esteja de acordo com os documentos normativos da Educação Básica. Para isso, tomou-se como referência a pedagogia freiriana que defende a articulação de conhecimentos com temas para se planejar as atividades de ensino e enfatiza a necessidade de um trabalho constante e sistemático com o conhecimento prévio do aluno, através do processo de codificação-problematização-descodificação (Freire, 1987).

Essa tríade contém as três etapas do seu método de ensino e que de outra maneira será traduzida nos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angotti. Os Três Momentos Pedagógicos foram usados como metodologia de trabalho, ou seja, como foi elaborada e aplicada a proposta de intervenção por meio do produto educacional.

5.1. Os Três Momentos Pedagógicos

Os Três Momentos Pedagógicos foram criados e sistematizados por Delizoicov e Angotti nos anos 80 como uma transposição da concepção de educação de Paulo Freire para a educação formal, é uma metodologia de ensino que orienta o desenvolvimento de conteúdos em três etapas. Na atividade diária da sala de aula o processo de codificação-problematização-descodificação é estruturado com o auxílio do que se denominou Momentos Pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (Delizoicov e Angotti, 1988, p.12).

No primeiro momento pedagógico, problematização inicial, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações propostas. Apresentam-se situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõe de conhecimentos científicos suficientes. O professor tem a função de coordenar, sua postura deve se voltar mais para questionar e lançar dúvidas sobre o assunto do que para responder e fornecer explicações. Deve fomentar a discussão.

A finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém (Muenchen e Delizoicov, 2014, p. 620).

O segundo momento pedagógico, organização do conhecimento, é caracterizado pelo desenvolvimento de conceitos identificados como fundamentais para a compreensão científica das situações que estão sendo problematizadas. A realização de diversas atividades, tais como resolução de exercícios tem função formativa na apropriação de conhecimentos específicos (Delizoicov e Angotti, 1988, p. 13). O conteúdo é estudado sob orientação do professor, definições, conceitos, relações e expressões matemáticas podendo ser abordados de forma expositiva. O segundo momento deve ser destinado a entender a teoria que embasa o conteúdo apresentado.

O terceiro momento pedagógico, aplicação do conhecimento, se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, expandir a utilização do tema abordado em outras situações da vivência dos alunos. Com foco em analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (Muenchen e Delizoicov, 2014, 620).

Podem ser formulados problemas abertos cujo objetivo seja capacitar os alunos a irem empregando os conhecimentos na perspectiva de articular constante e rotineiramente a conceituação física em situações reais.

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (Urel, 2022, p. 53).

O suporte teórico fornecido no segundo momento pedagógico deve ter o potencial explicativo e conscientizador mais do que simplesmente encontrar soluções com emprego de expressões matemáticas. As teorias físicas devem ser exploradas. Assim, a aplicação do produto educacional se deu como enunciado pelos Três Momentos Pedagógicos, três aulas para cada texto.

5.2 Aplicação do Produto Educacional e seus Resultados

A aplicação do produto educacional ocorreu no segundo bimestre de 2024 em cinco turmas da terceira série do Ensino Médio, totalizando 185 alunos, em um Colégio Estadual da Polícia Militar de Goiás (CEPMG).

Devido à natureza da escola, o comando de ensino (divisão militar) estabelece que as avaliações ocorram estritamente por meio de provas. Há um intenso incentivo à competição entre os alunos por melhores notas. A escola dá destaque aos estudantes com melhores notas no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), promove aulas no contraturno. Também divulga os resultados do IDEB e do Sistema de Avaliação Educacional do Estado de Goiás (SAEGO) como evidência da qualidade do ensino da escola. Essas provas cobram os conteúdos de Língua Portuguesa e Matemática e por vezes, durante a preparação para sua realização tomam lugar de aulas de outras disciplinas na véspera de sua aplicação.

O Plano Político Pedagógico (PPP) da escola não traz informações sobre a comunidade escolar, sua composição etária, raça/cor e condição socioeconômica. Sobre a constituição da escola e seu entendimento sobre as avaliações, lemos no PPP:

O Colégio é mais um órgão do Comando de Ensino da Polícia Militar, órgão da PMGO, que presta serviço educacional e social a toda a comunidade, objetivando o “civismo e a cidadania”. O Colégio recebe apoio técnico pedagógico da Secretaria de Estado de Educação e Cultura (SEDUC) de Goiás (PPP, 2025, p. 9).

Os estudantes estão cientes da prática de civismo e cidadania, que são os princípios básicos da Escola, onde cultuam diariamente os vultos históricos e os símbolos nacionais, que são reverenciados, e em toda formatura com o cântico do Hino Nacional, de Goiás e outros. A Matriz Curricular conta com as disciplinas de Noções de Cidadania (EF) e Ética e Cidadania (EM) para melhor preparar o estudante para exercer seu papel de cidadão na sociedade (PPP, 2025, p. 10).

Os instrumentos de medida de aprendizagem (qualitativos e quantitativos) serão aplicados para se avaliar o desempenho dos estudantes de acordo com os objetivos educacionais preconizados nos planejamentos, sem, contudo afastar o caráter de autoavaliação do docente, porém o processo avaliativo deve ser diagnosticador, formador, emancipador devendo realizar-se contínua e cumulativamente, prevalecendo os aspectos qualitativos sobre os quantitativos (PPP, 2025, p. 26).

A análise estatística dos resultados da avaliação constitui-se de um acompanhamento técnico do rendimento da aprendizagem, com vista a um possível redirecionamento do ensino. Ou seja, a estatística visa rever as possíveis dificuldades dos estudantes, servindo de diagnóstico para aplicação do remédio educacional em doses compatíveis com a deficiência dos organismos que compõem o sistema (PPP, 2025, p. 26).

A aplicação do produto educacional ocorreu ao longo de quatro semanas, com três horas/aula semanais em cada turma, assim foram necessárias 12 aulas de 50 minutos por turma. Em cada semana um texto foi introduzido no primeiro momento

pedagógico (sempre lido com antecedência), em seguida uma aula para conceituação física e mais uma para a atividade de pesquisa e aprofundamento.

Um aspecto a ser levado em consideração na aplicação deste produto educacional é que devido à natureza da escola, colégio militar, em que há exigência de avaliações objetivas somativas como principal instrumento de avaliação, preparatório para provas internas, externas e vestibulares, o segundo momento pedagógico poderia ter duas aulas ao invés de apenas uma. Uma aula para conceituação física e outra para resolução de exercícios. Recorda-se que a avaliação foi do tipo formativa e contínua durante todo o período de aplicação do produto educacional. Como de costume, nesta escola, houve uma semana de revisão de conteúdo após a aplicação do produto educacional a partir da resolução de exercícios o que não comprometeu os objetivos deste produto educacional e nem da própria escola.

O primeiro momento pedagógico foi caracterizado pela problematização inicial a partir dos textos produzidos como produto educacional. Os alunos realizaram a atividade de verificação de leitura e em seguida foram feitos comentários e até mesmo discussões sobre o tema abordado nos textos de onde extraiu-se elementos que pudessem ser levados para o segundo momento pedagógico.

O segundo momento pedagógico trata-se da conceituação física das grandezas da eletrodinâmica, sua representação matemática e resolução de exercícios. Essas aulas foram caracterizadas por explanação sobre o conteúdo usando quadro branco, TV, listas de exercícios, mas não como uma aula expositiva comum porque permitiu a participação dos alunos de forma dialógica para a construção coletiva dos conceitos.

No terceiro momento pedagógico, os alunos foram separados em grupos de até 6 integrantes para iniciar a realização da atividade de pesquisa e aprofundamento em sala de aula sob orientação do professor. Nessa aula o professor tem função mediadora. Algumas questões das atividades de pesquisa e aprofundamento requer pesquisa que pode ser feita em laboratórios de informática, se a escola dispuser, ou em casa como uma atividade extraclasse e ser entregue posteriormente. É importante haver um momento para *feedback* das atividades de pesquisa e aprofundamento, comentários e discussões sobre as respostas, as adequadas e aquelas que podem ser melhoradas, assim gerando mais participação dos alunos.

5.3. Descrição das Aulas

A seguir tem-se um quadro-resumo de como foram utilizadas as aulas para a aplicação do produto educacional, sendo A₁, A₂, ..., A₁₂, as respectivas aulas de cada semana para cada momento pedagógico.

Quadro 2 – Aulas para cada Momento Pedagógico.

	1º MP	2º MP	3º MP
Texto I	A ₁	A ₂	A ₃
Texto II	A ₄	A ₅	A ₆
Texto III	A ₇	A ₈	A ₉
Texto IV	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂

Fonte: elaboração própria.

Aula 1: descortinando uma nova abordagem

Aos alunos foi solicitado que lessem o texto I desde a semana anterior, pois fariam uma atividade de verificação de leitura para dar início ao novo conteúdo. No dia da aula os alunos foram organizados de modo a realizar a atividade individualmente e sem consulta. Foi dado um tempo de 10 minutos para realizarem e preencherem o gabarito.

Após esse tempo foi certificado de que todos preencheram o gabarito à caneta porque eles mesmos fariam a correção de suas atividades durante os comentários sobre o texto. A aula foi iniciada perguntando o que acharam do texto, por se tratar de proposta dialógica a opinião deles é importante para, se necessário realizar alterações ou para verificar se o texto também tem potencial para despertar interesse pelo tema a ser estudado.

Houve manifestações positivas, falas como: *“a leitura foi boa”, “legal”, “informativa”, “fácil”, “tem coisas do nosso dia a dia”*. Indagando-os ainda mais foi obtida como resposta: *“ajudou a refletir sobre questões que nunca pensei antes, parece que o texto ‘tava’ fazendo as mesmas perguntas que eu enquanto lia”*.

Em seguida, foi feita a primeira pergunta das seis constantes da atividade de verificação de leitura. Responderam todos de uma vez, a resposta era fácil. Todas as questões da atividade de verificação de leitura para serem respondidas bastava que tivessem lido o texto. A ideia era coletar possíveis outras dúvidas que tenha lhes

ocorrido durante a leitura ou algo que pudesse ser levado para o segundo MP. Rapidamente alguém perguntou como acontecia o raio e essa pergunta foi selecionada para iniciar a próxima aula sobre a definição de corrente elétrica.

Em seguida, as demais perguntas da atividade de verificação de leitura foram usadas para comentar ou discutir o texto de um modo geral. As perguntas sobre o gado ser a principal vítima das descargas elétricas atmosféricas por estarem em locais abertos foi compreendida pela maioria dos estudantes. Fato corroborado pela quantidade de acertos na atividade de verificação de leitura.

Quanto à pergunta sobre o dispositivo físico que protege contra raios nos carros a maioria respondeu corretamente, “Gaiola de Faraday”, mas aqui houve respostas apontando “Para-raios” como dispositivo de proteção. Alguns insistiram em para-raios porque já haviam estudado em eletrostática a esse respeito como mecanismo de proteção.

Sobre o país campeão do mundo em descargas elétricas, em uníssono responderam “Brasil” e logo manifestaram que tinha a ver com o clima e que a região era a mais atingida (essa informação estava no texto), argumentaram que tinha a ver com a umidade da floresta amazônica. Esse tópico quanto às condições climáticas é objeto de pesquisa na atividade de pesquisa e aprofundamento.

Sobre as maiores vítimas dos acidentes com eletricidade, responderam categoricamente que eram “os homens”. Nesse instante, em todas as turmas houve falas: “homem é homem”, “é metido”, “não pensa!”, principalmente por parte das meninas. Alguns meninos relataram que suas mães pedem para fazer “essas coisas” em casa. Foram questionados sobre o que era necessário para realizar reparos elétricos em casa e responderam, “conhecimento”. Assim os ânimos foram se acalmando, foram questionados sobre a justificativa dada no texto para os homens serem as principais vítimas e responderam que era por questões sociais. Falas como essas reforçam a necessidade de que os temas “violência de gênero” e “atribuições de tarefas por gênero” sejam tratados com mais ênfase na escola.

Na atividade de pesquisa e aprofundamento há um item que (re)força a reflexão sobre o tema de forma crítica levando em conta fatores sociais. Houve uma meia dúzia de estudantes que responderam idosos como as principais vítimas de acidentes com eletricidade, tendo ficado em dúvida se eram as crianças. Responderam que se confundiram, porque o texto fala de idosos e crianças como principais vítimas, mas especificamente de “incêndios”.

Compreenderam que as causas de choques e incêndios é devido à descuido ou desconhecimento em lidar com eletricidade, desgaste ou uso inadequado de fios e equipamentos elétricos, tais problemas são tema da atividade de pesquisa e aprofundamento do texto I.

Comentários gerais de alguns estudantes indicam que o texto os fez fazer associações com situações vividas por eles, tais como, *“tomei um choque no gabinete do computador”, “comprei um carregador ‘ching-ling’ que esquentou e abriu um pedaço, quase tomei um choque”, “teve tempestade no deserto (referência a uma notícia da semana anterior sobre alagamentos em Dubai), será que tem a ver com as mudanças climáticas?” “No Nordeste chove pouco por isso lá é mais seguro?”*, *“Professora, a gente tem que cobrir a casa inteira com cerca para se proteger de relâmpago?”* Essas dúvidas reforçam a percepção de que o produto educacional atende às premissas freirianas quanto ao seu método ser também reconhecido como a “pedagogia da pergunta” de forma que agora a Eletrodinâmica pode dar respostas às perguntas feitas pelos estudantes. O produto educacional mostrou-se catalisador do interesse dos alunos pelo tema.

Aula 2: corrente elétrica

A aula foi iniciada a partir de um fragmento do texto I, especificamente do box “se liga na história!”, em que havia a definição de corrente elétrica em analogia com a quantidade de água que escoar por uma mangueira a cada segundo.

Foi perguntado como poderíamos calcular essa quantidade de água. De imediato alguém respondeu que era “só colocar um balde e ver os litros”. Foi percebido que a pergunta precisava de mais contornos, assim foi comentado que no caso da água a mangueira era “o lugar” por onde a água “como um todo” se movia. No caso de fios de cobre, a borracha envolvia o fio de cobre em si, dessa forma foi perguntado se “quem se move” é o cobre como um todo?

Aí sim as respostas mais significativas foram surgindo, “*elétrons*”, teve quem respondeu “*átomos*”, de toda forma chegaram à dimensão microscópica.

Ao serem perguntados se cortássemos um fio de cobre “veríamos” os elétrons se amontoarem num “balde”, a resposta foi uníssona: não! Alguns estudantes se manifestaram lembrando que fizemos um circuito para testar a condutividade de alguns materiais. De início o circuito ficava aberto e era fechado por vários materiais/substâncias diferentes. Só tinha corrente no circuito fechado.

Com essas indagações e comentários a formalização da definição de corrente elétrica e sua representação matemática pela razão entre a quantidade carga por segundo foi realizada. Foram lembrados que a quantidade de carga é dada pela quantidade de elétrons ou íons que são os portadores de carga elétrica dos metais e das soluções eletrolíticas (essa informação será requisitada quando for falado sobre o efeito fisiológico da corrente e dos marcapassos no texto II).

O gráfico de corrente *versus* tempo também foi apresentado como alternativa para calcular a quantidade de carga elétrica pela área da figura formada sob o gráfico. Foi utilizado o trecho do texto que informa que “os raios podem chegar a 30 mil ampères” para estimar a quantidade de carga e a quantidade de portadores de carga que podem ser transferidos entre nuvem e solo.

Os alunos foram indagados sobre o que era um raio baseado no que estavam estudando. Houve silêncio, alguém arriscou em tom de pergunta que era uma descarga elétrica atmosférica, como estava no texto. Insistindo um pouco mais, o que era uma descarga elétrica sem redundância com raio. Mais silêncio e alguém disse “é *um choque*”, e enfim, a resposta que buscava, era uma corrente elétrica. Foram apresentados à experiência de Franklin ao empinar pipa.

Ao serem questionados se o raio é uma corrente elétrica, então teria um condutor, quem era? “*Nuvem*”, “*chão*”, “*água da chuva*”. Tendo negado todas as respostas até a resposta relutante em tom de pergunta, “*ar?*”. A relutância se deu porque o ar já tinha sido caracterizado por eles na aula prática do circuito que testa condutividade como sendo um isolante, mas houve turmas em que a resposta correta foi dada de pronto. Assim foi possível falar de situações extremas em que isolantes podem se tornar condutores seja pela altíssima tensão ou por variações significativas de temperatura (bom condutor se tornar mau condutor) e isolante se tornar condutor em baixíssimas temperaturas (sem muitos detalhes, apenas sobre a agitação dos átomos/moléculas). Sobre esse tema o texto III é mais adequado.

Foram questionados sobre quais eram os portadores de carga do raio e lembrados sobre os processos de eletrização que foram estudados anteriormente. Aqui ficou a deixa para falar sobre o efeito Joule: o que acontece aos seus corpos [alunos] quando correm na aula de educação física, esfregavam as mãos quando sentem frio ou quando simplesmente varrem a sala. Falaram em “*calor*”, “*suor*”, “*fica quente*”. Assim foram questionados se a corrente gerava calor: “*sim!*”. Receptores





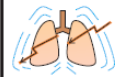

elétricos ativos e resistivos, e sucintamente sobre as transformações de energia envolvidas finalizaram a parte conceitual da aula.

Em seguida foram usados exercícios variados projetados na TV e depois encaminhados em *pdf* para os estudantes treinarem o cálculo de corrente a partir da definição. Os exercícios foram escolhidos em diversos livros sobre os temas: classificação dos equipamentos elétricos, corrente iônica em uma lâmpada fluorescente e bateria pelo movimento dos portadores de carga, quantidade de portadores de carga em 1 C, em uma descarga elétrica de 10^5 A, dentre outros.

Aula 3: que física é essa?

Esta aula foi iniciada com informações sobre choque elétrico apresentando o quadro de informações a seguir. Foi solicitado que escolhessem a duração de um choque elétrico em segundos e que estimassem quantos portadores de carga podem atravessar o corpo de alguém durante esse choque elétrico.

Quadro 3 – Efeitos fisiológicos da corrente elétrica

INTENSIDADE	EFEITO	CAUSAS	
1 a 3 mA	Percepção	A passagem da corrente provoca formigamento. Não existe perigo.	
3 a 10 mA	Eletização	A passagem da corrente provoca movimentos.	
10 mA	Tetanização	A passagem da corrente provoca contrações musculares, agarramento ou repulsão.	
25 mA	Parada Respiratória	A corrente atravessa o cérebro.	
25 a 30 mA	Asfixia	A corrente atravessa o tórax.	
60 a 75 mA	Fibrilação Ventricular	A corrente atravessa o coração.	

Fonte: Moraes, 2014.

Nessa aula o terceiro momento pedagógico deve ser concretizado, a aplicação do conhecimento a partir da atividade de pesquisa e aprofundamento. Foram separados em grupos de seis integrantes e receberam a atividade. Foi solicitado que iniciassem a leitura das questões e a resolução daquelas que conseguissem. À medida que surgissem dúvidas a professora auxiliaria. As demais poderiam ser

realizadas em casa como uma atividade extraclasse a partir de pesquisas, se necessário.

Dentre as questões dessa atividade de pesquisa e aprofundamento e respostas obtidas para elas, destacam-se aquelas que podem ser relacionadas com as Competências Específicas 1 e 3 de CNT e Competências Gerais 7 e 10 da Educação Básica, recorda-se que a BNCC estabelece que os seus objetivos podem ser alcançados por meio de competências (mobilização de conceitos e procedimentos).

As questões 3 e 4 requerem a mobilização de conhecimentos que se alinham à Competência Específica 3: analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais (Brasil, 2018, p. 544). A seguir apresenta-se algumas respostas coletadas nesta atividade de pesquisa e aprofundamento que permitem verificar como estão alinhadas à aprendizagem de eletrodinâmica sob a perspectiva CTSA.

3. Como esse cenário (condições climática/atmosféricas que propiciam o desencadeamento de descargas elétricas atmosféricas) pode ser agravado pelas mudanças climáticas?

“As mudanças podem ocorrer por aumento de temperatura, alteração que aumenta a frequência e a intensidade de eventos extremos”.

“As mudanças climáticas podem potencializar o cenário de várias maneiras, como por exemplo: aumento da frequência e intensidade das chuvas. Alterações nos padrões de precipitação, aumento da umidade e temperatura, impactos na cobertura vegetal. Todos esses exemplos aumentam o risco para a população e infraestruturas vulneráveis”.

A seguir apresentam-se questões que tornam necessários conhecimentos próprios da eletrodinâmica que podem estar alinhados à Competência Geral 7: argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta (Brasil, 2018).

4. Que mecanismos de proteção poderiam ter sido adotados nas fazendas em que o gado foi atingido direta ou indiretamente pelos raios?

“Abrigo ou galpões e cerca de proteção com para-raios, sistema de alerta precoce”.

“Poderiam adotar mecanismos como instalação de para-raios nos pastos e nas áreas onde os animais ficam. Abrigos com cobertura fechada”.

“Cobrir a região com partes metálicas, pois o metal irá espalhar as descargas elétricas, porém deve ter uma divisão isolante para o gado não encostar na parte metálica, além de utilizar o método Franklin para demarcar a área que o gado fica.”

“Evitar que os animais se abriguem em baixo de árvores, construção de galpões, tenha para-raios e proteger cercas pelo aterramento”.

6. A partir de informações sobre o “Método Franklin”, determine a quantidade de para-raios necessários para proteger sua residência.

“Um para-raio a cada 20 m² então para minha casa que tem 60 m² o recomendado é ter pelo menos 3 para-raios”.

“Um para-raio a cada 20 m² então para minha casa que tem 45 m² o recomendado é ter pelo menos 3 para-raios porque 2 não cobrem a área total”.

8. O texto apontou que geladeiras e máquinas de lavar roupa podem ser potencialmente perigosas quanto a acidentes com choques elétricos em casa. Como esses equipamentos podem provocar choques e como preveni-los?

“Não utilizar eletrodomésticos com mãos e pés molhados porque a água é condutor de energia”.

“Elas podem ser perigosas devido ao fato de estarem ligadas à rede elétrica e também por lidarem com água, mas pode ser menos perigoso se tomar cuidado, como por exemplo, evitar o uso de extensões e dar preferência a tomadas próximas, fazer manutenção preventiva”.

“Evitar utilizar T e extensões improvisadas, pois isso pode gerar uma sobrecarga”.

“Manter instalações elétricas (fios) em bom estado”.

9a. Quais materiais são os melhores condutores de eletricidade? São os mesmos que utilizamos em casa?

“São metais como prata, cobre e ouro, no entanto o cobre é o mais consumido devido ao preço”.

“Usamos cobre em casa, tem ouro nos microchips e alumínio nos postes”.

9d. Após a pesquisa acima (sobre os condutores mais vendidos) e os conhecimentos sobre condutores e isolantes de eletricidade, diga o quão seguros estamos em nossas casas. Justifique sua resposta.

“Podemos dizer que estamos relativamente seguros em nossas casas, desde que as instalações elétricas sejam feitas corretamente e estejam de acordo com as normas de segurança”.

“Sim, se a instalação elétrica for feita com cuidado, garantindo que não tenha fios soltos e desencapados ou goteiras nas tomadas”.

“Se pudermos garantir que os nossos isolantes são bons podemos ficar menos preocupados, porém não é o que sempre ocorre, os isolantes são fitas mau colocadas em vários fios desencapados podendo ocasionar um superaquecimento e incêndio”.

As seguintes questões tiveram apelo à intervenção política e social, enfatizando a necessidade de uma postura crítica, reflexiva como almeja a Competência Geral 10: agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários (Brasil, 2018, p. 10).

11a. Por que há tantos camelôs vendendo dispositivos e acessórios eletrônicos no Brasil?

“Falta de fiscalização rigorosa, acesso a produtos de baixo custo, desemprego e informalidade”.

“Dois fatores podem ser o fácil acesso para revender e até mesmo a grande procura da população por conta do preço mais acessível”.

“Por causa do fácil acesso, onde camelôs muitas vezes vendem produtos pirateados de baixa qualidade porém por um preço muito acessível, e muitas vezes por causa de suas baixas condições financeiras”.

“Porque dispositivos e aparelhos eletrônicos são um dos produtos que mais vendem no Brasil e mais barato nos camelôs do que em lojas de departamento”.

“Demanda de produtos eletrônicos a preços mais acessíveis e a falta de fiscalização adequada sobre contrabando ou produtos falsos”.

11b. Quais os riscos em usar esses acessórios?

“Podem danificar as baterias dos celulares”.

“Pode resultar em produtos de baixa qualidade”.

“Choque elétrico, risco para a audição por causa dos ‘chiados’ do fone”.

“Falta de garantia de qualidade e segurança em danos aos dispositivos, superaquecimento e até incêndios”.

“Baixa qualidade, segurança, incompatibilidade”.

11c. Discuta com seus colegas sobre esse tema e indique possíveis soluções para os problemas apontados por vocês.

“Criação de leis que fiscalizem melhor esse comércio”.

“Buscar conhecimento para saber distinguir o original do falsificado, ou de qualidade inferior e preferir investir em acessórios originais, até mesmo usados”.

“Como solução é possível comprar fones que não precisam ser os mais caros da loja, mas um fone que possa suprir a segurança necessária e conscientizar os compradores sobre os perigos”.

“Garantir que atendam a padrões mínimos de segurança e qualidade”.

“Uma alternativa seria incentivar a venda de acessórios originais a preços mais acessíveis para a população de baixa renda”.

“Educação do consumidor, reforço da fiscalização, promoção ao incentivar a oferta de produtos eletrônicos para que fiquem com preços acessíveis através de propagandas e subsídios, fazer parcerias com fabricantes e órgãos governamentais e fabricação própria no Brasil”.

“Regularização do comércio informal, criação de oportunidades de emprego para que as pessoas encontrem alternativas de renda mais seguras e estáveis”.

Aula 4: chips no coração!

Da mesma forma que a aula 1, os estudantes já haviam lido o texto II e logo foram realizar a atividade de verificação de leitura durante alguns minutos. Em seguida a correção dos gabaritos ocorreram enquanto comentários e discussões se desenrolavam sobre o tema. Foi observado que os estudantes se interessaram pelo tema do texto devido a quantidade de respostas corretas, apesar da facilidade da atividade que tinha o objetivo de apenas fazê-los ler e iniciar o estudo.

Alguns estudantes relataram que não entenderam como medir a frequência cardíaca como ensinado no texto a partir de uma campanha realizada por uma determinada secretaria de saúde, assim houve um momento para realizar a medida entre eles em colaboração.

Logo, diversos estudantes contaram casos de uso de marcapasso em familiares e conhecidos. Ressaltaram dúvidas quanto às “interferências” com outros equipamentos. Aqueles que tinham parentes próximos com marcapasso relataram como eram as orientações pós-cirurgia, que os pacientes recebiam um manual de uso seguro. Em uma das turmas houve um relato pessoal, um dos estudantes teve um infarto aos 16 anos por ter usado anabolizantes por causa da musculação e energético para passar a noite estudando. Segundo ele, uma segunda ocorrência o tornaria elegível ao implante de marcapasso, seu relato gerou comoção na turma.

Foi positivo a inserção de vídeos que detalham o funcionamento do marcapasso e as diferentes condições cardíacas que podem ser tratadas pelo implante. Surgiu como dúvida a durabilidade da bateria e essa dúvida foi aproveitada para o segundo momento pedagógico em que ocorre a conceituação física, nesse caso sobre tensão elétrica.

Outras curiosidades surgiram, tais como: *“dá pra sentir o choque do marcapasso?”* *“Como é que se sabe se está funcionando corretamente?”* *“Dá problema ao usar celular?”* *“Se passar no raio-x do aeroporto ou na porta giratória do banco acontece o quê?”* Todas as dúvidas foram respondidas inclusive por eles mesmos, recorda-se que segundo a pedagogia freiriana o educador não tem todas as respostas e isso torna o processo de ensino-aprendizagem contínuo e permite trocas entre educador-educando exemplificando a possibilidade de um ensino coletivo. Foi necessário relembrar alguns conceitos sobre ondas eletromagnéticas e blindagem eletrostática.

Aula 5: tensão elétrica

A partir de uma das dúvidas surgidas no primeiro momento pedagógico, a conceituação física sobre tensão elétrica foi realizada a partir do funcionamento de baterias. Foi necessário retomar os conceitos e expressões matemáticas do potencial elétrico e do trabalho da força elétrica. Foi apresentado o desenvolvimento da pilha voltaica para formalizar o volt como unidade de medida.

O texto II traz informação sobre as diferenças de potencial entre membranas de células, tais como o neurônio, que foram utilizadas para exemplificar a necessidade dessa grandeza. Os textos I e II em conjunto ajudam a entender como se dá a geração de corrente elétrica seja entre nuvens e solo, seja em meios intracelulares e assim a explicação do porquê deve-se permanecer dentro de um carro se ele for atingido por um fio de alta tensão. Os estudantes sugeriram vídeos que correm as redes sociais sobre como não ser eletrocutado se caso cair um fio de alta tensão no chão próximo de alguém, dicas pular com os pés juntos ou arrastar os pés juntos para se distanciar da fonte elétrica ajudaram a fechar a explicação sobre o tema.

Foi feita uma tabela com as diferentes tensões elétricas mais comuns no cotidiano: carregadores de celular, *notebook*, tomadas, pilhas e baterias. Em seguida foi iniciada a resolução de exercícios, tais como estimar a diferença de potencial e a corrente elétrica a partir da concentração de íons em células.

Aula 6: coração, cérebro, inovações tecnológicas e políticas públicas para a saúde coletiva

A atividade de pesquisa e aprofundamento para esta aula se propõe a aprofundar os conhecimentos de Eletrodinâmica para além das fronteiras internas do corpo humano e de dispositivos eletrônicos, penetrando em células e na simbiose do orgânico com o artificial como um evento que aumenta a expectativa de vida humana e engrandece feitos científicos na saúde.

As questões 1 e 2 tem a ver com os mecanismos que permitem a condução elétrica no cérebro, podem ser associadas à Competência Geral 4 que trata da utilização de diferentes linguagens e conhecimentos científicos:

1. Que condição do nosso organismo permite a condução elétrica no coração?

“As mudanças ocorrem devido ao processo de entrada e saída de íons de sódio e potássio, alterando as concentrações de íons dentro e fora das células”.

“Íons, o íon é definido como um átomo eletrizado que ganhou ou perdeu elétrons, compõe as soluções eletrolíticas”.

“Por meio de íons ocorre a condução elétrica no coração”.

“Nosso organismo possui íons”.

2. Quanto ao cérebro, quais componentes cerebrais permitem a condução elétrica?

“A comunicação entre os neurônios, designada na sinapse é um processo que consome muita energia, a glicose é a fonte de energia do cérebro. Isso ocorre devido à diferença de composição iônica dos líquidos intra e extracelular e pode ser calculada desde que se conheça as concentrações de certos íons (potássio, sódio e cloro)”.

A questão 5 trata de aspectos históricos sobre o entendimento da eletricidade animal que permitiram o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos, relacionável com a Competência Geral 1 que em linhas gerais propõe valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade.

5. Relacione as pesquisas de Luigi Galvani (espasmos em uma rã) e Alessandro Volta (pilha voltaica) com o desenvolvimento dos marcapassos.

“As pesquisas de Galvani sobre bioeletricidade e de Alessandro Volta sobre a geração de corrente elétrica foram cruciais para o desenvolvimento dos marcapasso. Galvani demonstrou que os músculos respondem a estímulos elétricos, enquanto Volta forneceu uma maneira prática de gerar corrente elétrica contínua. Juntas, suas descobertas formaram a base para a tecnologia de marcapassos, permitindo o desenvolvimento de dispositivos que regulam os batimentos cardíacos de maneira segura e eficaz”.

“Ambos desenvolveram pesquisas que se encaixam nas características do marcapasso. Galvani realizou experimentos com animais dissecados estimulando a contração muscular. Volta com suas pesquisas e teoria chegou à conclusão que instrumentos metálicos de polaridade diferentes entremeados de solução eletrolítica conduz corrente elétrica. Ambas as pesquisas tem relação com o marcapasso que é um objeto com polaridade e conduz corrente elétrica para o coração”.

“As descobertas de Galvani ajudaram a estabelecer o princípio de que a eletricidade pode ser usada para influenciar diretamente a atividade biológica. A pilha voltaica forneceu uma maneira prática de gerar eletricidade de forma contínua e controlada, sendo essencial para o desenvolvimento de dispositivos elétricos”.

“Seus estudos contribuíram com avanços para a compreensão e aplicação da eletricidade em biologia e medicina, levando à criação de marcapassos artificiais que utilizam impulsos elétricos para regular o ritmo cardíaco”.

As questões 7 e 10 evocam reflexão sobre atitudes individuais e coletivas que podem ser tomadas quando há necessidade de implante, mas sem o investimento público adequado que suscita apelo à intervenção política e social, escolhas pessoais quanto a hábitos saudáveis que podem minimizar problemas cardíacos tomando a família do aluno como referência, ou seja, parte da realidade imediata dos alunos torna os saberes ensinados dotados de sentido para este aluno, na medida em que possam ser mobilizados em contextos fora dos muros escolares.

As Competências Gerais 7 e 10 podem ser associadas por propor argumentar com base em fatos, negociar e defender ideias para tomar decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros, agir pessoal e coletivamente tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

7. Se na sua família alguém precisasse de um implante de marcapasso, mas o governo não tivesse feito os repasses para a aquisição dos mesmos e tivesse que esperar em uma fila sem data para a cirurgia, o que você (sua família) poderia fazer para apressar esse procedimento?

“Poderia ir ao Ministério Público com o pedido médico e os exames já realizados, solicitando uma providência, pois a saúde está em risco”.

“Acredito que fazer o procedimento em rede particular, custeando o aparelho e a cirurgia, mas para ter o dinheiro faria vaquinha online, pediria emprestado para amigos, familiares e banco”.

“Buscar segundas opiniões, apoio de caridade, financiamento coletivo e contatar políticos locais para acelerar no procedimento”.

“Poderia considerar as seguintes opções: plano de saúde, ações legais, arrecadar fundos, organizações não-governamentais e hospitais universitários”.

“Procurar assistência legal ou de defesa do consumidor, programas de assistência médica, mobilização comunitária ou de mídia”.

10. Com relação a você e sua família, existe algum obstáculo que impeça ou dificulte a realização de atitudes sugeridas pela medicina que melhorem as condições cardíacas?

“Falta de tempo, acesso a alimentos saudáveis, recursos financeiros limitados, falta de apoio e conhecimento”.

“Trabalho em excesso, pouco tempo”.

“Alimentação saudável, pois geralmente são mais caros; Exercícios regulares, pois não temos tempo; Redução do estresse por conta da sobrecarga causada pelos estudos”.

“Meu vô tem problemas cardíacos, mas não quer parar de fumar”.

A questão 8 dessa atividade de pesquisa e aprofundamento busca solução que poderia baratear a aquisição de marcapasso para não haver falta e, portanto, filas. As Competências Gerais 7 e 10 também são associações possíveis, ou seja, a partir desse problema, os alunos devem pesquisar e argumentar em favor de iniciativas que valorizam a produção científica e tecnológica brasileira.

8. Descreva uma medida que baratearia a aquisição de marcapasso pelo governo a ponto de não mais haver filas para a realização dos implantes.

“Negociar compras em larga escala com fabricantes e incentivar a produção local reduzindo custos de importação”.

“O governo deveria negociar diretamente com o fabricante para conseguir reduzir os preços”.

“Poderia implementar uma política de compras em grande escala, negociar diretamente com o fabricante para obter descontos significativos. Isso poderia ser combinado com investimentos em pesquisa e desenvolvimento para tecnologias de marcapasso mais acessíveis e duradouros”.

“Promover políticas de incentivo à produção nacional de dispositivos médicos. Parcerias público-privadas, fomento à inovação tecnológica, regulação de preços”.

Aula 7: o quão sustentável é gerar energia elétrica?

Nesta aula surgiu logo no início uma pergunta dos estudantes: *essa estimativa da quantidade de habitantes no planeta leva em consideração as mortes que ocorrem*

diariamente? A pergunta foi devolvida da seguinte forma: as pessoas vivem mais agora ou no passado? Como deverá ser a expectativa de vida no futuro? Assim, entre eles ocorreu uma discussão sobre avanços na saúde, conhecimento sobre doenças, curas, mudanças de hábitos como a prática de atividade física etc.

A questão da atividade de verificação de leitura que trata do silício enquanto elemento semicondutor foi um gancho para falar sobre o efeito Fotoelétrico que rendeu ao Einstein o prêmio Nobel de 1921, fato que muitos desconheciam, achavam que era pela Teoria da Relatividade. Uma dúvida pertinente surgiu: *“qual a diferença entre um condutor e um semicondutor?”* Essa pergunta serviria para iniciar o segundo MP onde será conceituado a resistência elétrica e sua presença nas leis de Ohm.

Uma informação contida no texto faz referência aos trens de levitação magnética, para espanto geral, o Brasil possui um em uma universidade. Assim o fenômeno da supercondutividade e sua relação com o eletromagnetismo foi estabelecido. A próxima questão ajuda muito no entendimento desse fenômeno, a característica que distingue os fios de cobre das tomadas e fones de ouvido: resistência elétrica, cujos fatores como temperatura a fazem variar, assim como suas características físicas, tais como espessura e comprimento.

Muitos estudantes relacionaram essa resistência com a do chuveiro elétrico e foi possível exemplificar uma aplicação do efeito Joule já estudado no segundo MP relacionado ao texto I. Assim, lembraram dos equipamentos elétricos categorizados como resistivos, todos aqueles que convertem energia elétrica em térmica.

A última questão dessa atividade de verificação de leitura questiona sobre a estimativa para o futuro do aumento da produção/consumo de alimentos devido ao aumento populacional e do aumento da produção/consumo de energia elétrica frente à dependência da humanidade de tecnologias que necessitam de eletricidade para funcionarem. Em todas as turmas alguém mencionou os carros elétricos como exemplo desse futuro. Nesse sentido, foi perguntado se com uma carga de algumas poucas horas um carro elétrico podia se deslocar por centenas de quilômetros, então havia uma redução dos gastos com energia elétrica? Assim, a eficiência energética veio à tona!

De imediato fizeram a correlação adequada de que os carros elétricos poluem menos, mas se produzirem muitos carros para atender à demanda de bilhões de habitantes, então no fim haverá aumento no consumo de energia elétrica, de tal forma que se torna necessário investir na qualidade dos equipamentos para não ter grandes

perdas de energia. Esse ponto também foi utilizado no segundo momento pedagógico para endossar a função da resistência e da condução elétrica.

Houve comentários sobre o custo da energia elétrica a depender das bandeiras tarifárias, perguntaram: *por que no período da seca não troca a hidrelétrica pela solar?* Essa foi a deixa para falar sobre a matriz energética brasileira e os impactos políticos, econômicos, ambientais e sociais que estão relacionados com a instalação de usinas geradoras de energia elétrica em diversas localidades. A fotografia de uma indígena ameaçando um diretor de usina foi lembrada com espanto. Foi questionado aos alunos sobre características geográficas para cada tipo de usina, por exemplo, solar, hidroelétrica, eólica, maremotriz. Assim, chegaram à conclusão de que cada região do Brasil e do mundo deveria ter uma usina segundo as características predominantes, mas que nunca fosse uma fonte única, mas para isso deveria haver investimento.

Portanto, essa aula terminou com a elucidação de que a diversificação da matriz energética é a melhor saída, e como a política e *lobbys* podem atrapalhar nesse desenvolvimento.

Aula 8: eficiência energética!

Essa aula foi iniciada com o estabelecimento da Primeira Lei de Ohm. Ressaltando a importância da resistência elétrica para a condução de corrente elétrica. Fez-se a diferenciação entre condutores, semicondutores e supercondutores. Foi calculada algumas correntes elétricas para diferentes condutores submetidos à mesma ddp para perceberem sua relação com a resistência elétrica. Em seguida, foi estimada a resistência da pele humana em duas situações, molhada e seca para identificar o efeito fisiológico da corrente no corpo humano, segundo a mesma tabela usada no segundo momento pedagógico associado ao texto I.

Logo depois houve a conceituação da Segunda Lei de Ohm e como os eletricitistas usam a noção de “bitola” dos fios para distinguir sua utilização para cada função que se pretenda. Em pelo duas turmas houve menção a conhecidos que trabalham com som automotivo e que fazem uso desse termo para fios grossos e finos para tipos diferentes de autôfalantes (*tweeter*, corneta). Foi realizada a resolução de exemplos em um comparativo de resistências entre condutores de diferentes comprimentos e área de seção transversal.

Sobre a transmissão de energia elétrica em longas distâncias concluíram que há muitas perdas por efeito Joule ao associarem o comprimento dos fios de alta tensão com uma corrida em longa distância onde há um dispêndio muito grande de energia. Foram listadas algumas usinas hidrelétricas com suas respectivas distâncias ao Centro-Oeste, em todas as turmas houve o questionamento do porquê não haver usinas próprias em cada região ou mesmo estado. Entenderam que diminuir as distâncias melhoraria a eficiência energética. Naquele ano (2024), houve um grande apagão em quase todos os estados brasileiros o que os fez refletir sobre deficiências no Sistema Interligado Nacional (SIN), para eles era mais um indício de que cada região/estado deveria ter sua própria fonte de energia.

Para finalizar essa aula foi feita a distinção entre corrente contínua e alternada mencionando o grande embate entre Nikola Tesla e Thomas Edison. Ficou como sugestão que assistissem ao filme “A batalha das correntes” (2017) disponível gratuitamente na plataforma de vídeos online, *YouTube*. Essa distinção se mostrou extremamente importante porque houve dúvidas quanto à quantidade de elétrons livres que se movem nos fios condutores: *“eles não acabam nunca?” “Para onde eles vão?”*

Aula 9: fontes de energia alternativa também causam impacto danoso!

As questões 2 e 3 da atividade de pesquisa e aprofundamento do texto III buscam valorizar os feitos científicos como ferramentas fundamentais para o aumento da expectativa de vida utilizando conhecimentos historicamente construídos e exercitar a curiosidade intelectual como dispõe as Competências Gerais 1 e 2 da Educação Básica. A seguir algumas respostas dadas pelos alunos.

2. Como os conhecimentos científicos contribuem para o aumento da expectativa de vida?

“Melhorias no diagnóstico e tratamento podem potencialmente gerar o aumento da expectativa de vida individual, incluindo planos de diagnóstico e tratamento assistidos por IA, medicamentos personalizados”.

“Avanços na medicina, melhorias da saúde pública, tecnologia e diagnósticos, genética e biotecnologia, educação e conscientização, melhoria no atendimento médico”.

“Os avanços contínuos do conhecimento científico tem um impacto direto e significativo no aumento da expectativa de vida, melhorando tanto a saúde física quanto a qualidade de vida das pessoas ao redor do mundo”.

3. As ciências podem garantir que se possa viver mais e melhor no futuro?

“Sim. Através do reconhecimento do papel da tecnologia na saúde e bem-estar das pessoas, com aplicativos e dispositivos inteligentes que ajudam a monitorar a saúde e prevenir doenças”.

“Elas criam condições para que a expectativa de vida aumente para um número cada vez maior de pessoas”.

“Sim, pois melhoram o ensino e a qualidade de vida dos cidadãos, trazendo solução para grandes problemas da atualidade como ovas fontes de energia sustentável, novos medicamentos, alívio da dor, conhecimento do universo, avanços na medicina, prevenção de doenças, melhoria dos cuidados de saúde, genética e personalização, educação e conscientização entre outros”.

As questões 6 e 7 se propõem a incitar reflexão sobre o os impactos causados por usinas hidrelétricas em comunidades ribeirinhas, assim é possível estabelecer relação com as Competências Gerais 7 e 10 que se consolidam quando ocorre argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, agir pessoal e coletivamente com respeito e que promovam os direitos humanos e a consciência socioambiental, consumo responsável com posicionamento ético, democrático, inclusivo, sustentável e solidário.

6. De que maneira as comunidades ribeirinhas são impactadas pela construção de usinas hidrelétricas?

“Relocação forçada, mudanças no ecossistema, alterações na pesca e na agricultura, impactos sociais e culturais, acesso à água e segurança alimentar. Diante desses impactos é fundamental que os projetos de construção de usinas considerem cuidadosamente os impactos socioambientais e busquem mitigar os impactos negativos por meio de medidas compensatórias, participação comunitária e respeito aos direitos das populações afetadas”.

7. Discuta com seus colegas sobre o tema acima e proponha uma alternativa a construção de hidrelétricas que possam gerar o mínimo de impacto social e ambiental.

“Como alternativa à construção de hidrelétricas, uma opção que pode gerar um impacto social e ambiental mínimo é o investimento em fontes de energia solar e eólica porque essas provocam menor impacto sobre as comunidades ribeirinhas”.

“Essas comunidades são afetadas principalmente pelo fato de precisarem se deslocar, afeta também a pesca, a fauna e a flora aquática e terrestre”.

“Turbinas submersas podem ser instaladas no curso d’água sem necessidade de barragens, estudar o solo antes de construir a usina se é adequado construir uma hidrelétrica no local e também do que aquele tipo de sociedade se mantém, quais são as iguarias da terra daquele local”.

“Ambientais (alteração do fluxo do rio, perda da biodiversidade e desmatamento), sociais (deslocamento, mudanças de modo de vida e aumento de doenças), econômicos (perda de meios de subsistências e compensações inadequadas), culturais (perda de patrimônio cultural e fragmentação social)”.

As questões 12 e 14 buscam explorar os conhecimentos científicos que podem auxiliar no entendimento da importância da eficiência energética para o futuro da humanidade. Seguramente mobiliza a Competência Geral 2 por propor exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências para investigar causas, elabora hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções inclusive tecnológicas.

12. A passagem de corrente elétrica nos condutores produz um efeito térmico, geração de calor. Esse é um aspecto bom ou ruim quando se fala em eficiência energética?

“O efeito Joule ocorre devido as colisões entre cargas e pode causar o aquecimento e derretimento da camada protetora dos fios”.

“Em geral o efeito Joule pode ser considerado ruim, para minimizar as perdas por esse efeito e melhorar a eficiência são adotadas medidas como o uso de condutores com baixa resistividade, o emprego de sistemas de transmissão e distribuição mais eficientes e a promoção do uso racional da eletricidade”.

“A geração de calor devido à passagem de corrente elétrica é geralmente considerada um aspecto ruim porque representa perda de energia útil”.

14. A partir de seus conhecimentos e do webdoc “Sirius”, explique a importância de investimento em pesquisas relacionadas à estrutura da matéria para melhorar a eficiência energética, produção alimentar e medicamentos para o futuro da humanidade.

“O acelerador de partículas Sirius permite estudar a estrutura da matéria acelerando descobertas em diversas áreas cruciais para o futuro da humanidade, principalmente para tornar os processos mais eficientes”.

“A luz síncroton penetra a matéria como um raio-x e revela características de sua estrutura molecular e atômica para a investigação de todo tipo, ajuda a entender como os nutrientes são absorvidos nas células, a luz fornece a identificação de alguma doença ajudando a entender o organismo e os processos, auxilia no desenvolvimento de catalisadores como coquetéis enzimáticos”.

Aula 10: muitos detalhes!

O texto IV e, portanto, o último teve a menor aceitação dos alunos, reclamaram dos detalhes, a leitura se mostrou um pouco enfadonha quando comparada aos outros textos. Entretanto, houve quem achasse interessante justamente por interesse próprio pela engenharia civil e elétrica. Houve também quem achasse engraçado pensar nas tomadas que têm em casa: *“nunca pensei nisso”, “fiquei contando quantas tomadas tinha para ver se era verdade”, “vou contratar alguém para pensar isso para mim, muito chato”, “lá em casa a luz pisca toda vez que liga o chuveiro”, “Hein, professora, para que serve o disjuntor mesmo, por que ele cai?” “Meu pai é soldador e por isso ele falou que lá em casa é trifásico, por causa da máquina de solda dele”, “Se o carregador ficar na tomada gasta energia?”*

Como pode ser observado pelo montante de questionamentos, apesar do enfado que o texto causou, houve interesse pelo tema talvez justamente por aquilo a que ele se propõe, dialogar com os alunos sobre suas vivências. A física não ficou restrita à escola, ela estava em cada cômodo de suas casas. Alguns desses questionamentos foram usados como motor para o segundo momento pedagógico em que houve a conceituação da potência e da energia elétrica, sobre os tipos de associação de resistores em circuitos elétricos.

Quanto à atividade de verificação de leitura, as questões 2 e 3 mobilizaram muitos comentários, apesar de terem lido o texto houve divergências quanto ao sistema de aterramento ser o primeiro e não o último processo a ser realizado em uma edificação. Houve argumentos em favor de que a instalação elétrica só viria após a edificação construída. Alguns ignoraram a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como resposta de quem determina as características técnicas para a construção de uma casa, a engenharia foi a mais cotada. Fora essas divergências a atividade de verificação de leitura se mostrou exitosa enquanto instrumento motivacional à leitura do texto.

Sobre as questões 5 e 6 que tratam dos “gatos” houve muitos relatos de algum conhecido que já os tenha praticado. Mesmo tendo respondido que os comerciantes são os que mais praticam “gatos”, segundo estatística constante no texto, teceram comentários sobre uso de “gato net” e TV por assinatura mais baratos para assistir futebol. Não foi necessário intervir, apenas mediar os rumos da conversa, eles próprios apontaram os riscos dessa prática, no caso do “gato”, choque elétrico, mas quanto à pirataria defenderam que deveria haver diferenças de valores a depender da renda das famílias.

É possível inferir que essa postura se deve aos argumentos já trazidos na atividade de pesquisa e aprofundamento do texto I sobre o uso de dispositivos eletrônicos de camelôs, argumentaram que se houvesse mais investimento no desenvolvimento nacional desses dispositivos seriam mais baratos. Defenderam a acessibilidade das tecnologias para todos. Houve quem reconhecesse que comerciantes tentam lucrar de qualquer forma, assim como *“quem gasta mais água é o agro, mas nós é que temos que economizar, isso não é justo”*.

Aula 11: o quanto de energia elétrica gastamos em casa?

Para iniciar esta aula foi retomada o questionamento sobre o desarme do disjuntor quando vários equipamentos estão em funcionamento juntos. Os conceitos de potência e especificamente potência elétrica foram apresentados, exemplos da potência de vários eletrodomésticos tabelados, em seguida estimou-se o gasto de energia elétrica de um chuveiro elétrico usando exemplos reais do tempo de banho dos alunos. Primeiro usando as unidades no Sistema Internacional (SI), em seguida usando o prefixo quilo (k) e o tempo em horas (h) para incorporar a unidade padrão adotada pelas concessionárias de energia elétrica, o quilowatt-hora (kwh).

Como exercício foram estimados o gasto e o custo da energia elétrica de um carregador de celular usando valores reais do kwh do estado de Goiás naquele mês. Na atividade de pesquisa e aprofundamento terão que estimar o gasto e o custo de energia elétrica de dispositivos no modo *de espera (standby)* e decidir se vale a pena manter desligados da tomada ou deixar em espera. Em seguida, associações em série e paralelo foram explicadas usando eletrodomésticos que os alunos têm em casa.

É comum questões de vestibulares e o próprio Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) cobrarem meios de economizar energia elétrica usando circuitos elétricos residenciais, fazendo análises de potência, corrente, perdas de energia por efeito Joule, assim foi resolvidas questões sobre o tema.

Por fim, foi feita a distinção entre os dispositivos elétricos em geradores e receptores (ativos ou resistivos) a depender da conversão de energia elétrica. Os geradores como pilhas e baterias são usados como fontes de tensão elétrica no estudo de circuitos elétricos por ser responsáveis por fornecer a força eletromotriz (fem) necessária ao circuito para e transformar outras formas de energia em energia elétrica e fornecer essa energia ao resistor.

Aula 12: projetando uma casa sustentável

A atividade de pesquisa e aprofundamento do texto IV propõe refletir sobre o projeto elétrico de uma casa, fiação, potência dos equipamentos, tipos de circuito, disjuntor que desarma e até mesmo solicita o esboço de uma casa sustentável, a casa dos sonhos na visão dos alunos. As questões 3 e 4 têm o objetivo de verificar se houve aprendizagem em Eletrodinâmica, especificamente sobre os dispositivos que mais consomem energia elétrica e os riscos de ligar vários dispositivos elétricos em benjamins, uma prática bem comum que expõe a utilidade das normas técnicas sobre quantidade de tomadas e sua potência para cada cômodo de uma casa.

Suas respostas permitem identificar se os alunos conseguem aplicar conhecimentos sobre circuitos elétricos, dimensionando dispositivos ou aparelhos de uso cotidiano para analisar seu funcionamento e avaliar seus impactos, classificando os equipamentos elétricos a partir de seu uso em tarefas cotidianas para propor condições de uso que gerem economia no consumo de energia.

4. Quais dos equipamentos/dispositivos elétricos que você tem em casa geram mais gasto de energia?

“Chuveiro elétrico, por causa da demanda elétrica para que a água fique quente”.

“O ar-condicionado, por consumir muita energia para resfriar ou aquecer o ambiente, especialmente em climas extremos, sendo usado durante longos períodos, o que contribui para um alto consumo energético”.

4. Quais consequências a prática mostrada na figura acarretam? Justifique sua resposta em termos da potência, tensão, resistência e corrente elétrica.

“Pode acarretar sobrecarga no circuito, aumento da corrente elétrica e da potência dissipada nos fios, o que pode levar a superaquecimento e até incêndios”.

“O chuveiro, devido a alta potência e o fato de ser utilizado por períodos relativamente longos diariamente. A combinação de alta potência e uso frequente resulta em um consumo significativo de energia”.

“Sobrecarga de potência: cada tomada em uma casa é projetada para suportar uma certa quantidade de potência (watts). Conectar várias tomadas em cascata pode resultar em uma sobrecarga elétrica, especialmente se muitos dispositivos de alta potência estiverem conectados. Aumento de corrente: a corrente é diretamente proporcional à potência e inversamente proporcional à resistência, assim ao conectar muitas tomadas em série, aumenta-se a resistência”.

As questões 6 e 9 também permitem avaliar se houve aprendizagem específica da Eletrodinâmica ao identificar a aplicação de conhecimentos sobre circuitos elétricos, dimensionando dispositivos ou aparelhos de uso cotidiano para analisar seu funcionamento.

6. Por que a espessura (área de seção reta dos fios) deve ser levada em consideração para o correto dimensionamento dos circuitos elétricos residenciais?

“Ela é essencial para a segurança, eficiência e desempenho dos sistemas elétricos residenciais, como por exemplo a dissipação de calor, onde fios com maior área de seção geram menos calor, prevenindo o superaquecimento, ou a queda de

tensão, em fios mais grossos têm menor resistência, reduzindo a queda de tensão e garantindo o desempenho eficiente dos aparelhos”.

“O dimensionamento correto dos fios levando em conta a carga elétrica e a distância percorrida é essencial para garantir a segurança e o bom funcionamento do sistema elétrico residencial. Fios com seção inadequada podem resultar em superaquecimento, perda de potência e até mesmo risco de incêndio devido ao aumento da resistência elétrica”.

9. Imagine que em sua casa utiliza-se um chuveiro com as especificações (3300 W – 220 V), seus pais resolvem trocá-lo por um mais moderno e potente cujas especificações são (7700 W – 220 V). Porém, toda vez em que é ligado o disjuntor desarma. Responda: a) indique os motivos para o desarme do disjuntor; b) aponte possíveis soluções para resolver o problema do desarme do disjuntor; c) o que significa um chuveiro “mais potente”?

“a) Houve sobrecarga pela potência do chuveiro mais moderno ser mais alta, apresentando quedas. b) Verificar a capacidade do disjuntor, ter um circuito exclusivo para o novo chuveiro ou verificar a fiação. c) A potência do chuveiro elétrico influencia diretamente no aquecimento da água, quanto mais potente, maior vai ser o consumo de energia elétrica, ou mais tempo ele ficar ligado”.

“a) Um dos motivos para o desarme do disjuntor pode ser que ele está velho ou sobrecarga por ter muitos aparelhos ligados. b) Comprando um novo disjuntor caso ele seja velho, se foi por vários aparelhos ligados é só liga-lo novamente, mas certificando-se de tirar os aparelhos da tomada assim que o disjuntor desarmar e antes de reativá-lo. c) o “mais potente” quer dizer suas qualidades como os modos da água. A potência indica a quantidade de energia que o aparelho consome por unidade de tempo, aquece a água rapidamente, pode fornecer uma temperatura mais alta, constante mesmo com um fluxo de água maior”.

“a) O motivo para o desarme do disjuntor ao ligar a ducha nova está relacionado ao aumento significativo na potência do chuveiro. A nova ducha demanda uma corrente elétrica maior do que a anterior, isso sobrecarrega o disjuntor, fazendo que ele desarme para evitar danos a instalação elétrica. b) uma solução possível para resolver o problema do desarme seria a instalação de um disjuntor com capacidade de corrente elétrica compatível com a potência da ducha nova. Além disso, é importante verificar se a fiação e a instalação elétrica suportam a nova carga, podendo

ser necessário realizar ajustes ou reforços na rede elétrica. c) uma ducha “mais potente” significa que ela possui uma capacidade maior de aquecimento da água, geralmente devido a uma resistência interna mais potente. Isso resulta em um maior consumo de energia elétrica para aquecer a água com mais eficiência e rapidez”.

Estas foram algumas das respostas obtidas nas atividades de pesquisa e aprofundamento, selecionadas segundo a quantidade de vezes que apareceram e pela adequação aos conceitos da Eletrodinâmica e que podem retratar os anseios deste trabalho, a saber, a produção de um material didático que dialoga com os alunos e faz um tratamento dos conteúdos disciplinares segundo a perspectiva CTSA ao abordar temas científicos no seu contexto social contribuindo pra uma formação integral e podendo auxiliar os alunos para o exercício da cidadania segundo os objetivos da BNCC.

A aplicação do produto educacional ocorreu de forma dinâmica, as aulas que compunham os primeiros e terceiros momento pedagógico tiveram muito diálogo, muita troca entre os alunos e entre os alunos e a docente. À medida que o terceiro momento pedagógico acontecia a interação entre os grupos de trabalho aumentava, debates sobre opiniões pessoais que aos poucos ia cedendo lugar a defesas de ideias baseadas em argumentos sólidos, baseados em dados confiáveis.

Após cada aplicação das atividades de pesquisa e aprofundamento houve um momento para socialização das respostas, um *feedback* em que o desempenho dos alunos nas respostas foi comentado com vistas a auxiliá-los naquilo que precisasse ser melhorado, ajustar os termos específicos da física que por vezes foi trocado por expressões do senso comum e tentar mensurar o interesse ou engajamento dos alunos nos testudos dos temas propostos.

Nesses momentos houve muitas manifestações dos alunos quanto ao modo como as aulas estavam sendo realizadas, também permitiu identificar e reconhecer aprendizagens alcançadas até ali. Um dos depoimentos mais marcantes dizia: *“estou achando muito interessante essa didática, com perguntas que ajudam a concretizar o conhecimento, essa abordagem teórica me faz sentir incluída porque não sou boa em cálculo, tem curiosidades, e as perguntas depois dos textos que ajudam a fixar o conteúdo. Agradeço porque agora minhas notas não são apenas 2,0 (dois) pontos, já consegui um 5,0 (cinco), antes eu não entendia nada”.*

Alguns dos depoimentos transcritos abaixo indicam que a Física foi enxergada pelos alunos segundo uma representação utilitarista, ou seja, útil na tomada de decisão que favoreça seu bem-estar ao manusear a eletricidade.

“Nunca tive muita afinidade com os conteúdos de física, com as aulas do ano passado que só tinha cálculos deixei ainda mais de lado, porém os últimos conteúdos repassados me chamou mais atenção e despertou mais interesse, quero buscar ir mais afundo no conteúdo, e absorver toda a matéria mais facilmente”.

“Achei muito interessante como prevenir os choques e a eletricidade no cérebro, e também gostei os textos tinham links para notícias e vídeos que ajudaram a entender melhor o conteúdo”.

“Gostei de estudar sobre o marcapasso, sou apaixonada pela área da saúde e entender como esse aparelho é capaz de salvar muitas vidas é incrível”.

“Não sabia que dava para usar a eletricidade de tantas formas diferentes, sempre pensei só na luz”.

“Achei muito importante saber como nosso cotidiano e as coisas básicas dele funcionam em relação a eletricidade, principalmente para saber fatos do que é seguro e não seguro quanto a nossa segurança quando nos envolvemos com a eletricidade”.

“Agora fico prestando atenção se todas as coisas estão ligadas em casa, fico com medo que esquente e derreta os fios e cause um incêndio lá em casa”.

“Eu gostei muito que foi além do conteúdo e atividades convencionais, deu exemplos de coisas que fazemos dentro de casa”.

Paulo Freire oferece contribuições significativas à educação em direitos humanos, especialmente por meio de sua proposta de conscientização e transformação social. Seu pensamento está intimamente ligado à promoção da cidadania e ao enfrentamento da exclusão social. Para Freire, a educação é um instrumento fundamental na construção de uma sociedade mais justa e igualitária, em que os sujeitos reconhecem suas condições de existência e se mobilizam na defesa de seus direitos. Assim entende-se que as respostas dadas indicam que houve uma conscientização e este é o objetivo final da pedagogia freiriana.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na discussão dos resultados, são abordadas tanto uma análise global das respostas dos alunos nas atividades de pesquisa e aprofundamento concebidas no âmbito do produto educacional quanto os relatos do docente aplicador e depoimentos dos alunos. Acredita-se que uma análise qualitativa e interpretativa para além da percepção do docente sobre a produtividade, o engajamento e os discursos dos alunos pode ser uma ferramenta valiosa para delinear os impactos da aplicação deste produto educacional.

Sobre os textos e a opinião dos alunos quanto a sua leitura foi possível afirmar que o propósito de conectá-los à narrativa apresentada, tornando-os parte do enredo foi alcançada por terem se reconhecido nas situações propostas atendendo às expectativas de um texto dialógico. Constatou-se que o produto educacional atende às premissas freirianas quanto ao seu método ser também reconhecido como a “pedagogia da pergunta” de forma que agora a Eletrodinâmica pode dar respostas às perguntas feitas pelos estudantes. O produto educacional mostrou-se catalisador do interesse dos alunos pelo tema.

As atividades de pesquisa e aprofundamento foram compostas por questões que tiveram como resposta apelo à intervenção política e social, enfatizando a necessidade de uma postura crítica e reflexiva, havia questões para analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, bem como para argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, sempre recorrendo à linguagem própria das CNT, especificamente da Eletrodinâmica e da matemática.

A partir das respostas obtidas nas atividades de pesquisa e aprofundamento dos quatro textos foi possível estabelecer relações que auxiliam a inferir o quanto do produto educacional contribuiu para a aprendizagem em Eletrodinâmica sob a perspectiva CTSA que se alinham aos anseios da Educação Básica. Essas relações evidenciam as diferentes dimensões do conhecimento estudado e foram elaboradas segundo a correspondência entre as Competências Gerais, Competências Específicas e habilidades contantes na BNCC, o que se busca aprender em Eletrodinâmica e de que forma estabeleceu-se o diálogo com os alunos. A aprendizagem dos conteúdos da Eletrodinâmica pode ser inferida a partir das respostas que levam em consideração as manifestações da eletricidade na natureza

e no corpo humano, sua utilização em equipamentos e os impactos que causam em questões socioeconômicas coletivas, individuais, globais e/ou locais.

A partir das respostas dadas nas atividades de pesquisa e aprofundamento dos textos I a IV, verificou-se que os estudantes responderam de forma adequada às questões, de forma crítica, ética e cientificamente bem colocadas. Respostas que levaram em consideração as questões climáticas, os impactos ambientais na geração e distribuição de energia elétrica, o conhecimento científico específico da eletrodinâmica sobre condutores, isolantes e semicondutores manifestadas a partir dos conceitos de corrente e resistência elétrica.

Essas respostas atendem à concretização da Competência Específica 1: analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos 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), bem como a Competência Geral 2: exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar hipóteses, resolver problemas e criar soluções com base nos conhecimentos das diferentes áreas (Brasil, 2018).

Erros na tomada de decisões pela falta de conhecimento sobre descargas elétricas atmosféricas, geração de energia elétrica limpa que impacta comunidades ribeirinhas, idas e vindas na comercialização de dispositivos e acessórios eletrônicos por camelôs e a falta de investimento para produção nacional destas tecnologias, doenças cardíacas e escolhas pessoais quanto a hábitos saudáveis, importação de marcapasso e sua disponibilidade no SUS não devem ser apagados quando se estuda Eletrodinâmica, mas lidos de acordo com o contexto. Assim, todos esses aspectos que a perspectiva CTSA proporciona constitui um campo confiável de conhecimento, capaz de trazer novos olhares sobre o mundo, com influências diretas sobre a consolidação e a prática das Competências Gerais da Educação Básica trazidas como alicerce na fundamentação teórica deste trabalho.

As Competências Gerais 7 e 10 também foram associadas com frequência às respostas das atividades de pesquisa e aprofundamento dos textos, foi exigido que os alunos fossem capazes de argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular e defender ideias, ponto de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o

consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta além de propor reflexão de como agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade para tomar decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários (Brasil, 2018).

Ao propor situações em que é exigido examinar situações que envolvam risco de choque elétrico, compreender manuais de instalação ou utilização de equipamentos elétricos, aplicar conhecimentos sobre circuitos elétricos, dimensionando dispositivos ou aparelhos de uso cotidiano, classificar os equipamentos elétricos a partir de seu uso em tarefas cotidianas para propor condições de uso que gerem economia no consumo de energia e entender a infraestrutura de rede elétrica local, analisando seus diversos componentes formadores para criar possíveis ações que contribuam para a melhoria do sistema torna-se necessário mobilizar a Competência Específica 3 de CNT que versa sobre analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais (Brasil, 2018).

A seguir tem-se reunidas informações que podem permitir inferir se o produto educacional pode contribuir para a aprendizagem de eletrodinâmica sob a perspectiva CTSA no âmbito do Ensino Médio. Para isso é necessário relacionar os textos com as Competências Gerais, Competências Específicas e habilidades da BNCC com os objetivos de aprendizagem próprios da eletrodinâmica e a dimensão dialógica da proposta que se manifesta pelo diálogo com os alunos segundo suas próprias vivências.

Quadro 4 – Associação aulas, BNCC, aprendizagens e linguagem.

Aulas	Competências e Habilidades	Aprendizagem em Eletrodinâmica	Aspecto Dialógico
Texto I	Competências Gerais 7 e 10	Identificar a presença da eletricidade no cotidiano e examinar situações que	Determinar a quantidade de para-raios necessários para proteger sua residência.

	Competências Específicas 1 e 3	envolvam risco de choque elétrico.	Listar equipamentos de proteção individual (EPI) que tem em casa.
	Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental.		Uso de dispositivos e acessórios eletrônicos de camelôs.
Texto II	Competências Gerais 2, 7 e 10	Compreender manuais de instalação ou utilização de equipamentos elétricos, relacionando informações da eletrodinâmica para avaliar diversos tipos de tecnologias.	Quais ações tomar para o caso de algum familiar precisar de marcapasso e houver fila.
	Competências Específicas 1 e 3		Obstáculos que impedem você e sua família ou dificultam praticar ações sugeridas pela medicina que melhore as condições cardíacas.
	<p>Analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis.</p> <p>Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos.</p>		
Texto III	Competências Gerais 2, 7 e 10	Classificar os equipamentos elétricos a partir de seu uso em tarefas cotidianas para propor condições de uso que gerem economia no consumo	Como os conhecimentos científicos contribuem para o aumento da sua expectativa de vida?
	Competências Específicas 1 e 3		
	Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a		

	<p>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.</p> <p>Justificar a importância da preservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.</p>	de energia e entender a infraestrutura de rede elétrica local, analisando seus diversos componentes formadores para criar possíveis ações que contribuam para a melhoria do sistema.	
Texto IV	Competências Gerais 2 e 4		Fazer estimativa da carga elétrica (somatório das potências dos equipamentos) de sua casa.
	Competências Específicas 1 e 3	Aplicar conhecimentos sobre circuitos elétricos, dimensionando dispositivos ou aparelhos de uso cotidiano para analisar seu funcionamento.	Quais equipamentos/dispositivos que você tem em casa gera mais gasto de energia?
	<p>Analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis.</p>		Faça o esboço de uma planta baixa da casa dos seus sonhos.

Fonte: elaboração própria.

Com o exposto, acredita-se que o produto educacional aplicado segundo a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos pode contribuir com uma aprendizagem consoante com as propostas atuais da Educação Básica, os indícios de aprendizagem encontrados nas atividades de pesquisa e aprofundamento realizados pelos estudantes são: compreender as Ciências como ferramenta para agir no mundo, produzir significados em contextos diversos para enfrentar questões de vida em sociedade, pensar o mundo cientificamente, expressar em linguagem própria das CNT, conhecimento conceitual da Física, especificamente da Eletrodinâmica, contextualização histórica, social e cultural com ênfase nas aplicações de conhecimento científico e tecnológico, e nas implicações éticas, sociais, econômicas e ambientais.

7. CONCLUSÃO

A perspectiva CTSA caracteriza-se por abordar temas científicos no seu contexto social e se apresenta com o objetivo de preparar os alunos para o exercício da cidadania, ou seja, essa perspectiva contempla a finalidade da Educação Básica. Os conteúdos nessa abordagem têm inclusive caráter multidisciplinar, os conceitos são tratados de forma relacional, de maneira a evidenciar as diferentes dimensões do conhecimento estudado. Assim, a introdução de um problema social, a análise da tecnologia relacionada a este tema social, o estudo do conteúdo científico associado ao tema estudado e discussões de questões sociais e ambientais podem ser estratégias de um ensino CTSA como foi demonstrado pelo material didático produzido e defendido neste trabalho.

O desenvolvimento dos conteúdos extrapolou a mera memorização de equações e resolução de exercícios repetitivos, houve o desenvolvimento de habilidades procedimentais e atitudinais que envolvem valores e postura ética com valorização do contexto sociocultural, desenvolvimento de competências cognitivas e sociais, um ensino voltado para uma formação integral crítica e contextualizada dos alunos.

A compreensão da Eletrodinâmica nos seus aspectos CTSA incentiva iniciativas e ações dos alunos que levam ao desenvolvimento de uma postura ética, socialmente comprometida e de responsabilidade social, uma perspectiva libertadora, emancipatória e crítica como pretendia Paulo Freire.

Com esta proposta foi possível perceber o potencial que se tem para desenvolver este tipo de material abrangente em seus objetos de estudo que se interrelaciona com diferentes dimensões do conhecimento e pode contribuir para formação integral dos alunos. Uma aprendizagem coerente com as propostas atuais da Educação Básica que aponta possibilidades de caminhos para transformação no ensino de Física para além de meras resoluções de exercícios e contribuir para uma aprendizagem de qualidade da Física.

A discussão de questões sobre os impactos da ciência na sociedade, em sala de aula, ameniza algumas ideias ingênuas sobre as ciências, por exemplo, a de que a ciência é dotada de todas as respostas certas e absolutas, ou de que está distante da vida cotidiana, mais próxima das ficções cinematográficas. Numa época marcada

por muitos questionamentos, às vezes exagerados e mal-informados sobre as ciências, apresentar uma visão contextualizada, problematizadora, crítica e dialógica se mostra urgente e necessário.

Ao assumir a CTSA como referências dos saberes escolares e como cenário de aprendizagem do qual os problemas e questões sociais significativas surgiriam como temas a serem investigados, concretizados no material didático defendido nesta dissertação, conclui-se que este produto educacional (Apêndice B) contribuiu para a aprendizagem em Eletrodinâmica de forma satisfatória, atendendo às expectativas de um ensino freiriano sob a ótica CTSA. Portanto, entende-se que a proposição de um ensino problematizador, crítico, contextualizado, dialógico e que faça parte da realidade imediata dos alunos torna os saberes ensinados dotados de sentido para este aluno, na medida em que possam ser mobilizados em contextos fora dos muros escolares, dentro de suas casas.

Quanto a ensinar eletrodinâmica sob a perspectiva CTSA a partir do produto educacional, foi uma experiência inovadora para a professora e inédita para os alunos. O desenvolvimento dos textos foi um grande desafio que permitiu promover reflexões que envolvem a dimensão social e crítica das ações educativas e do próprio conteúdo científico a ser estudado. Observar os alunos empolgados, fazendo mil perguntas foi estimulante, além de romper com a monotonia que muitas aulas encerram. O suprassumo desta experiência ocorreu quando um grupo de alunos perguntou quando os textos para estudar os conteúdos do 3º bimestre seriam enviados.

Por fim, espera-se que trabalhos como este possam fomentar visões menos “enlatadas” da ciência e que possa inspirar outras práticas de ensino em outras áreas da Física, talvez mais urgente, a chamada Física de Fronteira (Moderna e Contemporânea) que despertam tanto interesse nos alunos e ganham cada vez mais espaço em séries e filmes, mas ainda não como carreira a seguir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. **Avaliação e melhoria da aprendizagem em Física**. In. CARVALHO, Anna Maria Pessoa. et al. Ensino de Física. 1ª ed. São Paulo: Cenage Learning, 2018. p. 141-158.

ALVES, Vera Regina Oliveira. **Tendências educacionais: concepção histórico-cultural e teoria histórico-crítica**. Florianópolis: LEFIS. UFSC, 2009.

ANDRADE, Antônio Diogo de. et al. **Paulo Freire e a educação dialógica: relevância e aplicações no século XXI**. Revista Aracê, São José dos Pinhais, v. 6, n. 2, p. 2353-2364, 2024.

BECHARA, Maria José. DUARTE, José L. M. ROBILOTTA, Manoel R. VASCONCELOS, Suzana S. **Física 3**. Instituto de Física da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

BRANCO, Emerson Pereira. BRANCO, Alessandra Batista de Godoi. IWASSE, Lilian Fávoro Algrâncio. ZANATTA, Shalimar Calegari. **BNCC: a quem interessa o ensino de competências e habilidades?** Debates em Educação. Maceió, v. 11, n. 25, p. 155-171, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – Ensino Médio**. Brasília, 2018.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB**. 9394/1996.

_____. **PNLD 2021: ciências da natureza – guia de livros didáticos – ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2021. Disponível em: https://pnld.nees.ufal.br/pnld_2021_didatico/componente-curricular/pnld-2021-obj2-ciencias-natureza-suas-tecnologias. Acesso em: 1 out. 2023.

CONCEIÇÃO, Alexandre Rodrigues; LORENZETTI, Leonir. **O enfoque investigativo nos livros didáticos de ciências da natureza (PNLD 2021)**. Revista de Educação em Ciências e Matemática (online). v. 19, n. 42, p. 194-210, 2023.

DELIZOICOV, Demétrio. **Problemas e Problematisações**. In: PIETROCOLA, M. (Org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 125-150.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Física**. MEC – Ministério da Educação. Secretaria de Ensino de 2º grau. Parte Integrante do projeto Diretrizes Gerais para o Ensino de 2º grau, Núcleo Comum, São Paulo: Convênio MEC/PUC SP, 1988.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. 6. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários a prática educativa. 74ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2022.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 18.ed. São Paulo: Paz e Terra, 1987.

GASPARIN, João Luiz. **Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica**. 5ª ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

GOIÁS. Secretaria de Estado da Educação de Goiás. **Documento Curricular para Goiás - Ampliado**: Ensino Médio. Goiás, 2019.

GUIMARÃES, Osvaldo. PIQUEIRA, José R. CARRON, Wilson. **Física 3**. Eletromagnetismo. Física Moderna. São Paulo: Editora Ática, 2016.

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica**. 3ª edição. São Paulo: Pearson, 2010.

HAMMEL, C. *et al.* **Uma UEPS com enfoque CTSA no ensino de física**: geração, produção e consumo de energia elétrica. Experiências em Ensino de Ciências, v. 14, n. 1, p. 256-270, 2019.

KAUANO, R. V; MARANDINO, M. **Paulo Freire na Educação em Ciências Naturais**: Tendências e Articulações com a Alfabetização Científica e Movimento CTSA. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (online), v. 22, p. 1-28, 2021.

LA ROSA, Jorge. **Psicologia e Educação: o significado do aprender**. Porto Alegre: EDPUCRS, 2004.

LIBÂNEO, José Carlos. **Democratização da Escola Pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos**. São Paulo: Loyola, 1990.

LUCKESI, Cipriano C. **Avaliação da aprendizagem escolar**. 17. ed. São Paulo, SP: Cortez, 2005.

MARTÍNEZ, Leonardo Fabio Pérez. **Uma leitura crítica sobre a ciência e a tecnologia na modernidade: questões de ideologia e de interesse**. In: Questões sociocientíficas na prática docente: Ideologia, autonomia e formação de professores (online). São Paulo: Editora UNESP, p. 30-48, 2012.

MEGID NETO, Jorge; FRACALANZA, Hilário. **O Livro didático de Ciências: Problemas e Soluções**. Ciência e Educação (online). v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MORAES, J.U.P. **O Livro Didático de Física e o ensino de Física: suas relações e origens**. Scientia Plena (online). v. 7. n. 9, 2011.

MORAIS, Marcos. **Quais são os efeitos do choque elétrico no corpo humano?** Blog Manual do Trabalho Seguro. Jul de 2014. Disponível em: <<https://manualdotrabalhosseguro.blogspot.com/2014/07/quais-sao-os-efeitos-do-choque-eletrico.html>>. Acesso em: 08 de jan de 2024.

MOREIRA, A. F. **Currículo, conhecimento e cultura na BNCC: uma crítica à racionalidade técnica**. Revista e Curriculum, v. 16, n. 3, 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. **Desafios no ensino da física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, n. suppl 1, Rio Grande do Sul, 2021.

MUENCHEN, Cristiane. DELIZOICOV, Demétrio. **Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”**. Ciência e Educação. v. 20. n. 3, Bauru, 2014, p. 617-638.

MUNAKATA, Kazumi. **Livro Didático como indício da cultura escolar**. História da Educação (online). v. 20. n. 50, 2016, p. 119-138.

NASCIMENTO, T. G; LINSINGEN, I. **Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências**. Convergência - Revista de Ciências Sociais. n. 42, 2006, p. 95-116.

NUNES, A. I. B. L.; SILVEIRA, R. N. **Psicologia da aprendizagem**: processos, teorias e contextos. Brasília: Editora Liber Livro, 2011.

NUSSENZVEIG, Moyses H. **Curso de Física Básica**. Vol. 3. Eletromagnetismo. Editora Edgard Blucher. 1ª edição. São Paulo, 1997.

PENIDO, Anna. **Qual aluno queremos formar?** Nova Escola, 2023. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/bncc/conteudo/2/qual-aluno-queremos-formar>>. Acessado em: 15 de julho de 2023.

RAMALHO, Francisco J. NICOLAU Gilberto Ferraro. TOLEDO, Paulo A. S. **Os Fundamentos da Física**. Física 3. 10ª edição. Moderna, São Paulo, 2009.

RICARDO, Elio Carlos. **Educação CTSA**: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. Ciência e Ensino. Vol. 1. n. especial, novembro, 2007.

RICARDO, Elio Carlos. **Problematização e contextualização no Ensino de Física**. In. CARVALHO, Anna Maria Pessoa (Org). et al. Ensino de Física. 1ª ed. São Paulo: Cenage Learning, 2018. p. 29-51.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira. MORTIMER, Eduardo Fleury. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira**. Revista Ensaio – Pesquisa em educação em Ciências. v. 02. n. 02, Belo Horizonte, 2002. p. 110-132.

SAVIANI, Demerval. **Pedagogia Histórico-Crítica**: primeiras aproximações. 8ª ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2003.

SCORSOLINI-COMIN, Fábio. **Diálogo e Dialogismo em Mikhail Bakhtin e Paulo Freire**: contribuições para a educação à distância. Educação em Revista. v. 30, n. 03, Belo Horizonte, 2014. p. 245-265.

SILVA, Wagner Mendes.*et al.* **Análise crítica da BNCC:** aspectos positivos e negativos. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro. v. 05, Minas Gerais, 2025.

SILVA, Monica Ribeiro. **A BNCC da reforma do ensino médio:** o resgate de um empoeirado discurso. Educação em Revista (EDUR). v. 34. Belo Horizonte, 2018.

UREL, David Éverton. **Paulo Freire e os três momentos pedagógicos.** Scientia Naturalis. v. 4, n. 1, Rio Branco, 2022. p. 49-59.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A formação social da mente.** 3ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

APÊNDICE A – Consulta sobre Eletricidade

Caro estudante, é com satisfação que me dirijo a você e o parabeno pelo avanço (oficialmente em algumas semanas) para a última etapa da educação básica, o 3º Ano do Ensino Médio, momento importante para definições do curso de sua vida acadêmica, profissional e pessoal.

Pensando nisso, gostaria de convidá-lo a responder o pequeno questionário que segue como uma forma de conhecer seus interesses, desejos e necessidades, na tentativa de construirmos um programa de ensino que possa auxiliá-lo nessa empreitada ano que vem.

Os conteúdos a serem estudados ao longo do próximo ano letivo terão sempre a eletricidade como fundamento. Já imaginou sua vida sem a eletricidade? Aí reside a importância desse tema! Sendo assim, por favor responda sincera e responsavelmente:

I. O que você acha que se estuda sobre Eletricidade no Ensino Médio?

II. O que você acha que é **importante** de se estudar sobre a Eletricidade?

III. O que você **gostaria de estudar** relacionado a Eletricidade?

Muitíssimo obrigada por seu tempo! Nos vemos em breve! ;)

Atenciosamente, Profª Maria Jucicléia.

Ah, se necessário, use o verso para complementar suas respostas.



APÊNDICE B – Produto Educacional



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Maria Jucicléia da Silva

PRODUTO EDUCACIONAL

ELETROATIVIDADE

Brasília
2025
Maria Jucicléia da Silva



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

ELETROATIVIDADE

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: ELETRODINÂMICA NO NOVO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIALÓGICA SOB A PERSPECTIVA CTSA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 01 – UnB / IF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Khalil Oliveira Portugal

Brasília
2025

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Khalil Oliveira Portugal, meu orientador. Por ser a bússola, a calma em mar revolto, pela perspicácia e sensibilidade, por todos os ensinamentos, pela acolhida, a quem expresso profundo respeito.

À Universidade de Brasília, onde mais me sinto em casa, por todo o conhecimento, apoio e oportunidades oferecidos ao longo da minha jornada acadêmica. Foram anos de crescimento, desafios e conquistas que levarei para toda a vida. Levo comigo não apenas o conhecimento técnico, mas também valores, experiências e memórias que moldaram minha trajetória pessoal e profissional. Sinto-me honrada por ter feito parte desta instituição que tanto contribuiu para minha formação.

Ao corpo docente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Toda minha trajetória é graças a este incrível ambiente acadêmico e social proporcionado por vocês. Serei eternamente grata.

Agradeço a todos os funcionários e colaboradores da instituição, que tornaram o ambiente universitário mais acolhedor e eficiente.

À minha amantíssima esposa, Cíntia Breve, pelo incondicional apoio e incentivo nesses mais de 730 dias, obrigada por todos eles.

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

SUMÁRIO

1 AOS PROFESSORES	5
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1. O que significa aprender?	10
2.2. Por que Paulo Freire	11
2.3. Pedagogia Freiriana	12
2.4. Perspectiva CTSA Enquanto Abordagem Educacional	15
3 METODOLOGIA DE ENSINO	17
3.1. Elaboração do Produto Educacional	18
4 METODOLOGIA DE TRABALHO	22
4.1 Os Três Momentos Pedagógicos	22
4.2 Aplicação do Produto Educacional	24
5 ELETROATIVIDADE: ELETRODINÂMICA EM UMA VISÃO CTSA	27
Texto I - Eletricidade Fatal	28
Verificação de Leitura	35
Atividade de Pesquisa e Aprofundamento	36
Texto II - Marcapasso: o maestro do ritmo cardíaco	40
Verificação de Leitura	48
Atividade de Pesquisa e Aprofundamento	49
Texto III - Resistir é preciso!	50
Verificação de Leitura	54
Atividade de Pesquisa e Aprofundamento	55
Texto IV - Era uma casa muito sem graça, não tinha circuito, não tinha nada	57
Verificação de Leitura	65
Atividade de Pesquisa e Aprofundamento	66
6 CONSIDERAÇÕES FINAS	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71



1. AOS PROFESSORES

Prezados colegas, professores que incansavelmente lutam por um ensino de Física de qualidade, me dirijo a vocês como alguém que se preocupa com os rumos da educação em nosso país, que não quer apenas assistir atônita à escalada de movimentos anticiência e o desinteresse que assola nossas salas de aula. Reconheço que a escola tem uma função social imprescindível em um país com tamanha desigualdade socioeconômica, ascender social e intelectualmente através do estudo é uma das formas mais sólidas e acessíveis que muitos de nós e nossos alunos têm a recorrer.

Me chamo Maria Jucicléia da Silva, tenho 34 anos, dos quais dez (10) anos como docente de Física nas redes públicas de ensino do Distrito Federal e Goiás. Desde o início do meu efetivo exercício cargo preocupação com minha prática em sala de aula e consequente contribuição ao ensino do meu país. Eventos recentes escancararam essas preocupações ao serem disseminadas informações anticientíficas e o impacto disso para a nossa sociedade. Como sinto o peso da responsabilidade por fazer parte do processo de formação dos estudantes, desejo realizar o melhor trabalho possível para contribuir com o ensino de ciências, especificamente da Física, e consequentemente com o bem-estar social.

Logo que iniciei como docente ficou claro que o que aprendi, aprendi para mim. Satisfazia as minhas questões e não as dos outros. A pluralidade de pensamentos, experiências de vida e situações particulares do ambiente escolar (calendário, currículo, vestibular, emocional dos estudantes, falta de recursos, desinteresse) fez emergir dúvidas sobre minha atuação e de que não bastavam minhas intenções. Como garantir os princípios e finalidades do ensino brasileiro, tais como, garantia de padrão de qualidade, consolidação e aprofundamento dos conhecimentos adquiridos previamente, preparação básica para o trabalho, cidadania, desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico, compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática e promoção humanística,

científica e tecnológica do país, e ainda prepará-los para os vestibulares, avaliações externas, etc.?

Faz um tempo que percebi que não dá para abordar todos os conteúdos listados nos currículos e sumários dos livros didáticos, mas como escolher o que é essencial para contemplar uma formação integral e preparatória para vestibulares?

Por mais que eu deseje ensinar o que desperta interesse, com tempo para debates, diminuir a resolução de problemas repetitivos e focados em situações irreais apenas para aplicar equações, não poderia deixá-los desassistidos durante o processo de preparação para vestibulares porque eu precisei também dessa formação para chegar até aqui, além de que não formarei físicos no ensino médio e não os nortear para as múltiplas possibilidades do ensino superior estaria em desacordo com o que acredito.

Na medida do possível participo de olimpíadas do conhecimento (OBA, OBF, MOBFOG, OBSAT), mas percebo que só alguns estudantes realmente sentem-se instigados a participar e enxergam um caminho científico para seguir. Em 2021 participei da Escola Sirius para Professores do Ensino Médio (ESPEM) do Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM), um evento de popularização do conhecimento técnico e de ponta produzido por pesquisadores do Brasil no Acelerador de Partículas Sirius. Vendo os estudantes em espanto e entusiasmo com um acelerador de partículas brasileiro, solicitei que fossem propagadores de informação de qualidade, compartilhassem em suas redes sociais o que mais interessante acharam do Sirius. Foram por um instante divulgadores científicos. Mas como mantê-los sempre engajados? Até porque leciono para todos e não apenas para um pequeno grupo de interessados.

Por tudo isso, senti a necessidade de aperfeiçoar minha prática docente para que possa de fato proporcionar uma aprendizagem significativa aos estudantes, contribuir positivamente para a melhoria da qualidade do ensino de Física e ao progresso da sociedade brasileira através da educação. Desta forma me propus o desafio de encarar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) com o propósito de me apropriar ainda mais do conhecimento que ensino diariamente há anos e de ter argumentos que alicercem minhas

decisões quanto aos conteúdos a serem trabalhados em sala de aula, para além das limitações impostas pelos currículos estaduais ou pelo excesso cobrado nos vestibulares. Muitas vezes lutei, mas temi ser injusta com meus alunos, lhes dou ouvidos e busco ensinar o que mais lhes desperta interesse ou sigo como se fosse uma receita de bolo o sumário dos livros didáticos que dispomos? Foram essas dúvidas que o MNPEF respondeu.

Percebo semelhança entre as ideias enunciadas por Paulo Freire em sua *Pedagogia da Autonomia* (1996) com a proposta do MNPEF, como por exemplo: ensinar exige rigorosidade metodológica, pesquisa, reflexão crítica sobre a prática, consciência do inacabamento, apreensão da realidade, convicção de que a mudança é possível, curiosidade, segurança, competência profissional e generosidade, comprometimento, compreender que a educação é uma forma de intervenção no mundo, tomada consciente de decisões, saber escutar, disponibilidade para o diálogo e querer bem aos educandos.

Diante dos desafios citados e tantos outros aprendi com o MNPEF a saber fazer escolhas pautadas em sólidos argumentos que permitam-me sentir que faço o melhor possível em nome da Física e de uma formação que permita aos estudantes serem capazes de formular soluções para problemas contemporâneos e contribuir efetivamente para a melhora da qualidade de ensino do país.

Para isso, elaborei um produto educacional do tipo material didático, um texto de apoio aos livros didáticos escrito numa linguagem dialógica segundo a pedagogia de Paulo Freire para os professores de Física segundo a perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Essa “roupagem” caracteriza-se por abordar temas científicos no seu contexto social e se apresenta com o objetivo de preparar os alunos para o exercício da cidadania, ou seja, essa perspectiva contempla a finalidade da Educação Básica expressa na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em suas Competências Gerais.

Os conteúdos nessa abordagem têm inclusive caráter multidisciplinar, os conceitos são tratados de forma relacional, de maneira a evidenciar as diferentes dimensões do conhecimento estudado, aplicada através da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos.

Neste trabalho especificamente, desenvolvido com a terceira série do Ensino Médio, o conteúdo abordado sob temas geradores nos textos produzidos é a Eletrodinâmica. A compreensão da Eletrodinâmica nos seus aspectos CTSA incentiva iniciativas e ações dos alunos que leva ao desenvolvimento de uma postura ética, socialmente comprometida e de responsabilidade social, uma perspectiva libertadora, emancipatória e crítica como pretendia Paulo Freire, uma atualização na abordagem da Física para o Ensino Médio de modo a contemplar resultados e teorias que visam uma compreensão adequada das mudanças que esses conhecimentos provocaram e irão provocar na vida dos cidadãos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os conteúdos escolares e os materiais didáticos são apresentados de modo excessivamente artificial, resultado de escolhas ocorridas no processo de transposição didática, que procuram satisfazer mais questões de ordem prática do que didática. Isso leva os alunos a não reconhecerem a Física fora da escola. Os conteúdos de Física presentes nos manuais e livros didáticos se encontram distantes da vida cotidiana, das tecnologias, enfim, do mundo dos alunos. Tal abordagem distancia-se dos objetivos da educação brasileira.

Espera-se que os saberes ensinados tenham sentido para o aluno, na medida em que possam ser mobilizados em contextos fora dos muros escolares, internalizados em sua integralidade e exteriorizados quando se fizer necessários, seja para resolver um problema local ou global, imediato ou futuro.

Ricardo (2007) sugere que a Ciência e a Tecnologia sejam assumidas como referências dos saberes escolares e a Sociedade e o Ambiente sejam tratados como cenário de aprendizagem, do qual os problemas e questões sociais significativas surgiriam como temas a serem investigados com o suporte dos saberes científicos e tecnológicos.

Um dos entraves para a promoção desse tipo de ensino são as abordagens dos conteúdos nos livros didáticos, importante ferramenta do processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, pergunta-se: como um material didático dialógico pode contribuir para a aprendizagem em eletrodinâmica sob uma perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)? Esse problema investigado inclui a elaboração de um material didático na forma de textos dialógicos que podem complementar os livros didáticos distribuídos pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e a análise de sua aplicação.

A metodologia do trabalho traz uma descrição detalhada do contexto de aplicação do produto educacional por meio dos Três Momentos Pedagógicos, os instrumentos, coleta e análise de informações dos resultados de sua aplicação em relação à aprendizagem para verificação de indícios ou evidências dessa aprendizagem, com ênfase em dados qualitativos.

O objetivo do MNPEF através do produto educacional é garantir uma aprendizagem de qualidade de algum conteúdo da Física, e esse objetivo,

segundo meu entendimento, não deve contrariar os objetivos de ensino expressos nos documentos normativos, tais como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) e a (BNCC).

Quanto à BNCC ela estabelece que os seus objetivos podem ser alcançados por meio de competências (mobilização de conceitos e procedimentos) e habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), somando-se aos propósitos que direcionam a Educação Básica para a formação humana integral e para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (Brasil, 2028, p.7).

2.1. O que significa aprender?

A aprendizagem é um processo central para a constituição do ser humano como sujeito histórico, social e cultural. A psicologia da aprendizagem fornece uma definição para a palavra 'aprender', que auxiliará no entendimento do que é a aprendizagem proposta neste trabalho.

Aprender vem do latim *aprehendere* que significa agarrar, pegar, apoderar-se de algo (Nunes e Silveira, 2011). Pode-se conceber a aprendizagem como um processo no qual a pessoa “apropria-se de” ou torna seus certos conhecimentos. Está relacionado à mudança, à significação e à ampliação das vivências internas e externas do indivíduo. Aprende-se o que é necessário em determinada cultura para nos tornarmos parte dela, modifica-se o que já se sabe, é específico para cada pessoa, posto que não se pode aprender pelo outro. (Nunes e Silveira, 2011).

As aprendizagens podem acontecer através de diferentes estratégias (tendências pedagógicas) que permitem o envolvimento ativo com o objeto de conhecimento, mediados por instrumentos simbólicos como a linguagem, o pensamento e outros processos psicológicos. Alicerçada na abordagem Paulo Freire para o ensino, “a aprendizagem dos alunos na dimensão cognitiva é vista como um processo contínuo de elaboração de relações entre conhecimentos anteriores dos alunos e as novas informações que são disponibilizadas no processo de ensino (Abib, 2018, p. 146).

Com este produto educacional espera-se, a partir das atividades realizados pelos estudantes são que a aprendizagem se manifeste através da compreensão das Ciências como ferramenta para agir no mundo, produção de significados em contextos diversos para enfrentar questões de vida em sociedade, pensar o mundo cientificamente, expressar em linguagem própria das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, conhecimento conceitual da Física, especificamente da Eletrodinâmica, contextualização histórica, social e cultural com ênfase nas aplicações de conhecimento científico e tecnológico, e nas implicações éticas, sociais, econômicas e ambientais.

2.2. Por que Paulo Freire?

Dentre as várias concepções de conhecimento e aprendizagem encontradas na literatura, a pedagogia de Paulo Freire pode ser descrita como uma pedagogia crítica, que busca formar sujeitos conscientes, ativos e transformadores da realidade, e, portanto, adequada para contribuir com uma aprendizagem sob uma perspectiva CTSA de forma dialógica.

Lemos em Pedagogia da Autonomia (2022) que ensinar exige rigorosidade metodológica, pesquisa, reflexão crítica sobre a prática, consciência do inacabamento, apreensão da realidade, convicção de que a mudança é possível, curiosidade, segurança, competência profissional e generosidade, comprometimento, compreender que a educação é uma forma de intervenção no mundo, tomada consciente de decisões, saber escutar, disponibilidade para o diálogo e querer bem aos educandos.

Na prática, o aluno deve ser ativo, focar em aspectos qualitativos da inteligência e a forma como cada indivíduo vai dando significado à realidade que o cerca. Processos de resolução de problemas devem ser estimulados para além do mero resultado. Esses aspectos ficam evidentes ao se propor leituras e pesquisas como etapas do processo de ensino-aprendizagem proposto no material didático desenvolvido neste trabalho, o produto educacional.

Tendências que se dizem dialógica propõe exatamente dialogar com os alunos sobre o tema a ser estudado, mostrar a eles o quanto já conhecem sobre o assunto, evidenciando que a temática desenvolvida em sala de aula está presente na prática social, ou seja, em seu dia a dia. Sendo assim, a assimilação

das características fundamentais de um conceito será muito mais fácil para o aluno quando os traços definidores desse conceito se apresentarem com as imagens visuais correspondentes (Alves, 2009).

Esse diálogo leva a práxis defendida por Paulo Freire em sua pedagogia. A relação dialética entre o homem e o mundo manifesta-se pela defesa de uma leitura da realidade compartilhada que se dá em tempo real, histórica e socialmente situada (Ricardo, 2018).

O ensino de Ciências, particularmente da disciplina Física, a aprendizagem deve estar voltada para finalidades mais abrangentes do que a aprendizagem de conteúdos, deve-se preocupar igualmente, com o desenvolvimento de conteúdos procedimentais (habilidades) e atitudinais, que envolvem valores e postura ética para a formação dos alunos. Afirmar ainda que “envolve as relações entre Ciência, Tecnologia, sociedade e meio ambiente, fundamentais para um trabalho compatível com um ensino voltado à participação autônoma e crítica na sociedade contemporânea” (Abib, 2018, p. 147).

2.3. Pedagogia Freiriana

A BNCC não propõe um método de ensino, mas indica que para atender a essa nova perspectiva é imprescindível considerar a dinâmica social contemporânea, marcada pelas rápidas transformações decorrentes do desenvolvimento tecnológico que atinge diretamente os estudantes. Sua formação deve considerar meios para o enfrentamento dos novos desafios sociais, econômicos e ambientais, acelerados pelas mudanças tecnológicas do mundo contemporâneo.

Em Paulo Freire encontra-se uma possibilidade de se alcançar os objetivos do ensino externados nos documentos, na forma de competências e habilidades, porque ele propõe um ensino problematizador, dialógico e crítico em consonância com a perspectiva CTSA.

A partir da pedagogia freiriana, ao se objetivar ensinar um conteúdo de Física, Eletrodinâmica, por exemplo, os estudantes devem ser primeiramente provocados para que a partir de suas respostas (orais ou escritas) estructurem-se as próximas aulas. Assim, também se elucida os conhecimentos prévios e se

estabelece o que será discutido posteriormente, fazendo emergir os chamados temas geradores.

Os temas geradores são uma estratégia para horizontalizar o processo de ensino-aprendizagem, permite que os educandos façam parte desse processo desde o início, no próprio planejamento junto ao educador. O conteúdo programático deve ser de ambos, o universo temático que é o conjunto de temas geradores deve estabelecer relações do tipo pessoa-mundo ligados à experiência existencial dos educandos.

A opção por temas geradores não pode contradizer a dialogicidade, pelo contrário, deve endossá-la. A tarefa do educador dialógico é devolver o universo temático como problema e não como dissertação (Moreira, 2021), ou seja, educar não é transferir conhecimento pronto, mas provocar a reflexão crítica sobre a realidade. A tarefa do educador é apresentar os temas da realidade vivida pelos alunos de forma questionadora, instigando-os a pensar, investigar, duvidar e dialogar.

O educador não deve entregar respostas fechadas, mas convida os estudantes a problematizar o mundo, a enxergá-lo como algo em constante transformação, que pode e deve ser compreendido e transformado por meio do pensamento crítico. Por ser a conscientização o objetivo final do seu método, Paulo Freire instiga a não tratar o conteúdo (conhecimento científico) como algo pronto, abstrato e distante, como um discurso que o aluno apenas escuta e repete, sem se envolver ou compreender de verdade.

Segundo Freire, “a educação verdadeira é práxis, reflexão e ação do homem sobre o mundo para transformá-lo” (Freire, 1977, p. 25). Essa transformação é alcançada através de um processo de conscientização, no qual os educandos adquirem a consciência crítica de sua realidade, reconhecendo sua capacidade de agir sobre ela. Andrade (2024) argumenta que essa educação deve permitir o desenvolvimento da autonomia, romper com o ciclo de opressão e criar as condições para que o educando se torne um sujeito ativo em sua comunidade e na sociedade como um todo.

Para isso, Freire propõe em sua obra a superação da chamada educação bancária em relação a uma educação dita libertadora. Para ele, a educação

bancária anula ou minimiza o poder criador dos educandos, estimula sua ingenuidade e não sua criticidade.

Freire estabelece uma educação crítica e dialógica, nas suas palavras ela se propõe a “envolver os alunos no processo de construção do conhecimento e transformação da sociedade. É exatamente esta unidade dialética a que gera um atuar e um pensar certos na e sobre a realidade para transformá-la” (Freire, 1987, p.14).

Esse ensino proposto por Freire está voltado para práticas sociais, posicionamento político, liberdade em aprender e ensinar. Se mostra adequado para promover uma aprendizagem que se molda às finalidades do ensino como disposto na LDB e na BNCC. Em nossa avaliação Paulo Freire propõe uma práxis educacional que transcende a simples utilização de conhecimentos na prática, pois implica reflexão, ação e transformação, tanto da realidade vivida como do sujeito que a vive, rompendo com práticas tradicionais de ensino, a fim de que a realidade seja percebida e que se transforme em objeto de reflexão.

Paulo Freire propõe uma práxis educacional que transcende a simples utilização de conhecimentos na prática, pois implica reflexão, ação e transformação, tanto da realidade vivida como do sujeito que a vive, rompendo com práticas tradicionais de ensino, a fim de que a realidade seja percebida e que se transforme em objeto de reflexão.

Especificamente em *Pedagogia do Oprimido* (1987), encontramos apontamentos para uma aprendizagem que se dá por meio da criticidade, diálogo, problematização e conscientização. Pode-se destacar que, para alcançar uma educação dialógica estudar implica apropriar-se do significado dos conteúdos, estabelecendo relações entre esses conhecimentos, a realidade dos alunos e os contextos históricos, sociais e culturais em que foram produzidos.

Moreira (2021) resume “a educação problematizadora funda-se na relação dialógico-dialética entre educador e educando, ambos aprendem juntos” (p. 126). Na educação dialógica o educando deve assumir uma postura de sujeito do ato de estudar e adotar uma postura crítica e sistemática, precisa conhecer e por isso precisa do outro. Esse ato de conhecer é um processo social e o diálogo é justamente o elo desse processo.

Por vezes, a pedagogia freiriana é conhecida como a pedagogia da pergunta por esta ser a própria essência do conhecer. O ato de perguntar está intrinsecamente relacionado ao existir, ao ser, ao estudar, ao pesquisar e ao conhecer. É fundamental que o educando exercite a curiosidade, questione e formule perguntas, pois é por meio do questionamento que se constrói o conhecimento.

2.4. Perspectiva CTSA Enquanto Abordagem Educacional

A Competência Específica 3 de CNT na BNCC, propõe analisar situações-problema e avaliar as aplicações do conhecimento científico e tecnológico nas diversas esferas da vida humana com ética e responsabilidade. Sugere que compreender os processos que envolvem os avanços científicos e tecnológicos é essencial para um debate fundamentado sobre os impactos da tecnologia nas relações humanas e suas implicações éticas, morais, políticas e econômicas, e sobre seus riscos e benefícios para a humanidade e o planeta (Brasil, 2018, p. 544). Mesmo não estando explícito, a perspectiva CTSA se mostra capaz de contribuir para o desenvolvimento desta competência e das habilidades que constam na seção 2 a fim de se alcançar as finalidades e/ou objetivos da Educação Básica.

Um currículo com enfoque CTS é considerado essencial diante das demandas do mundo atual. Ele vai além da simples valorização da ciência, buscando oferecer instrumentos para que os cidadãos compreendam criticamente informações especializadas e participem ativamente das decisões que envolvem questões sociais relevantes, conectando conhecimento científico, tecnologia e resolução de problemas.

Segundo Ricardo (2018), CTSA é uma inovação metodológica alinhada ao enfoque sócio-histórico que “almeja ampliar os objetivos de ensino de Ciências para além do mero acúmulo de informações ou transposições mecânicas de técnicas de resolução de exercícios” (p.37) e está fundamentada na proposição de que o ensino de Ciências, além de proporcionar conhecimentos para compreender os fenômenos da natureza, também deve considerar as relações entre Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente.

O enfoque CTSA no ensino propõe uma abordagem que transforma a forma como nos relacionamos com a sociedade e a natureza. Ele questiona a visão neutra e tecnicista da ciência, destacando suas implicações sociais, políticas, culturais, éticas e ambientais. Essa perspectiva entende o conhecimento científico como um processo humano e histórico, permeado por diferentes interesses e visões. No contexto educacional, isso significa promover uma aprendizagem que vá além da memorização de conteúdos, incentivando a reflexão crítica sobre o papel da ciência e da tecnologia no mundo atual e a aplicação desse saber em situações reais, socialmente relevantes.

O enfoque CTSA é uma importante ferramenta para que se atinja um ensino capaz de promover a formação de sujeitos críticos, conscientes de seu papel social e ambiental, capazes de tomar decisões informadas e responsáveis diante dos impactos da ciência e da tecnologia na sociedade e no meio ambiente. Incentivar transformações sociais e ambientais por meio do engajamento dos educandos, não apenas com a compreensão da informação científica, mas também com a reflexão crítica, a tomada de decisões conscientes e a atuação efetiva diante de questões de Ciência e Tecnologia que afetam diretamente nossas vidas e nosso bem-estar.

Nesse sentido, a perspectiva CTSA pode auxiliar na promoção de um ensino problematizador e dialógico nos moldes da pedagogia de Paulo Freire quando se propõe a romper com a consciência ingênua e argumenta em favor da consciência crítica.

Por fim, a aprendizagem de conteúdos pode adquirir significado para o estudante contribuindo para dar uma solução integral para os problemas reais que os cerca. Moreira (2021) defende que são as situações que dão sentido aos conceitos, devem fazer sentido para o estudante. As primeiras situações devem ser do entorno deles, concordando com o que preconiza Paulo Freire.

4 METODOLOGIA DE ENSINO

O produto educacional introduz o conteúdo de Eletrodinâmica a partir de textos geradores, que apresentam temas de relevância social, problematizando-os e estabelecendo relações com determinados conceitos físicos que serão necessários para sua abordagem. Tais textos apontam a necessidade de estudo de novos conceitos como ensina Freire.

Após a introdução dos temas por meio dos textos geradores possíveis soluções são propostas em sala de aula após a discussão de diversas alternativas. Em um segundo momento, outras soluções surgem a partir do estudo do conteúdo científico, de suas aplicações tecnológicas e consequências sociais. Ao final, na Atividade de Pesquisa e Aprofundamento, as dimensões sociais do tema são novamente postas em evidência e uma série de problemas relacionados à tomada de decisão são introduzidas, as quais podem explorar aspectos ambientais, políticos, econômicos, éticos, sociais e culturais.

O desenvolvimento desse material levou em consideração conceitos que podem traduzir a perspectiva CTSA em consonância com a pedagogia freiriana, tais como: problematização, dialogicidade e temas geradores.

A problematização no processo educativo envolve confrontar o aluno com situações do cotidiano que desafiem seu conhecimento prévio, gerando curiosidade e necessidade de aprender. Isso exige uma educação construída em parceria com o aluno, não imposta a ele. O diálogo, nesse contexto, vai além de uma simples conversa; trata-se de uma interlocução orientada, que leva o educando a refletir sobre suas próprias ideias e saberes anteriores. Esse processo começa antes mesmo da sala de aula, na preparação do educador ao planejar os temas a serem discutidos. A investigação dos temas relevantes para os alunos — seus “temas geradores” — permite identificar contradições vividas por eles. A partir dessas situações, a prática pedagógica é orientada de forma a promover uma tomada de consciência crítica, possibilitando que os alunos superem limitações e se posicionem ativamente diante da realidade.

4.1 Elaboração do Produto Educacional

Na primeira etapa, investigação, faz-se o levantamento dos temas, na segunda etapa, tematização, descobre-se novos temas relacionados aos iniciais, e por fim, a terceira etapa, problematização, caracterizada pela conscientização que é o objetivo final de seu método. Nesse cenário, a tarefa do educador dialógico é devolver o universo temático recolhido na investigação, como problema, não como dissertação (Freire, 1987, p.102).

Portanto, tendo como referência a problematização e a dialogicidade freiriana, os textos foram elaborados de forma que os temas escolhidos tivessem significação para o aluno, de modo a questioná-lo, fazendo-o refletir e conscientizá-lo de que a solução exige um conhecimento físico inédito. Esses temas devem ser significativos e envolver contradições sociais elevando os conteúdos escolares a uma dimensão crítica.

Segundo Delizoicov e Angotti (1988), a problematização, enquanto eixo estruturador da atividade docente tem papel de conscientizar sobre a forma que o conhecimento precisa ter ao ser abordado em sala de aula, tornando-o instrumento para melhorar a compreensão e atuação na sociedade contemporânea.

Ricardo (2018) também defende a problematização como um meio que exige uma competência crítico-analítica que se dará no momento em que se retorna à realidade com um novo olhar, com possibilidades de compreensão e ação, ou seja, de forma contextualizada. A problematização se consolida também nas interações dentro da sala de aula, pois é algo da realidade dos alunos que está sendo analisado, confrontado e questionado (Ricardo, 2018, p. 44).

Os textos geradores elaborados têm como área de estudo a “Eletricidade” abordada em suas manifestações na natureza, no corpo humano e em equipamentos eletroeletrônicos. Foram idealizados para que o objeto de conhecimento geral (conteúdo) seja a Eletrodinâmica, cujos os objetos de conhecimento específicos sejam: corrente elétrica e seus efeitos; Leis de Ohm e dimensionamento de fios para instalações residenciais; Circuitos com resistores (residenciais e equipamentos); Potência e energia elétrica (produção, distribuição, eficiência e impactos socioeconômicos e ambientais).

Os quatro textos elaborados passaram pelo crivo de pares que leram, comentaram e sugeriram melhorias nos textos e nas atividades de pesquisa e aprofundamento. Os textos têm como título: I – Eletricidade Fatal; II – Marcapasso, o maestro do ritmo cardíaco; III – Resistir é preciso!; IV – Era uma casa muito sem graça, não tinha circuito, não tinha nada!

O texto I aborda situações em que ocorrem acidentes fatais ou não em relação a descargas elétricas atmosféricas e choques em atividades cotidianas. São apresentadas duas notícias que tiveram ampla repercussão midiática de ocorrências com mortes no verão de 2024. Um dos problemas são as mortes de animais de fazenda (gado) que quando estão em áreas abertas estão mais vulneráveis a raios podendo gerar prejuízos financeiros e a outra notícia é sobre a morte de um idoso que no meio de uma tempestade em que seu carro foi atingido por fios de alta tensão morreu por ter tentado sair do carro. Nesse texto a definição de corrente elétrica se destaca por ser o raio e os choques correntes elétricas medidas em Ampères.

Em seguida o texto traz uma série de dados sobre os acidentes mais comuns com eletricidade em casa, o gênero e a faixa etária das vítimas de forma que questões sociais podem ser apreendidas desses dados. Na atividade de pesquisa e aprofundamento pontua-se sobre os riscos de usar dispositivos e acessórios eletrônicos de camelô, onde mais questões socioeconômicas e falta de investimento na produção local são levantadas.

O texto II aborda a importância do marcapasso (dispositivo eletrônico) enquanto gerador de corrente elétrica artificial para o coração. É constituído por bateria, circuito elétrico, fios e é implantado sob a pele. Nesse texto aspectos sobre correntes elétricas do tipo iônicas são tratados bem como as leituras realizadas por meio de eletrocardiograma e eletroencefalograma. A definição de tensão elétrica ganha destaque nesse texto.

Questões relacionadas à saúde individual e coletiva, os custos de implantação do marcapasso, sua disponibilidade no Sistema Único de Saúde (SUS) ou sua indisponibilidade por questões de financiamento governamental são levantadas.

O texto III começa questionando sobre a quantidade de habitantes existentes no planeta atualmente e o quanto de alimentos e energia elétrica são

necessários ser produzidos para atender à demanda atual e traz estimativas para o futuro quanto a essas mesmas questões. Ressalta-se que para o futuro a eficiência será uma qualidade importantíssima para aumentar a demanda energética, assim, a definição de resistência elétrica é exaltada, e os conceitos de condutividade, resistividade e supercondutividade são apresentados.

O texto propõe uma reflexão sobre as chamadas energias renováveis, dentre elas a hidroelétrica que apesar de ser renovável e limpa produz impactos não apenas ambientais, mas socioeconômicos e políticos em comunidades ribeirinhas. A geração e a distribuição de energia elétrica também são abordados.

Na atividade de pesquisa e aprofundamento o acelerador de partículas brasileiro Sirius é colocado como uma importante ferramenta para melhor entender processos em microescala que podem ser úteis para melhorar a eficiência na produção alimentícia, de medicamentos, materiais, energética, dentre outros.

O quarto e último texto busca situar os alunos quanto à instalação elétrica de sua casa, sobre a localização e quantidade de tomadas no cômodo onde supostamente está lendo o texto. Ele é convidado a refletir sobre as escolhas feitas para realizar o “sonho da casa própria” no que se refere ao projeto elétrico.

É comum encontramos exercícios nos livros didáticos e questões de vestibulares que tratam da potência de equipamentos elétricos em residências, os gastos de energia envolvidos e o quanto disjuntores padecem com escolhas mal feitas na aquisição de chuveiros elétricos mais potentes, assim, esse texto coloca a potência elétrica e seus “watts” em evidência.

Os “gatos” na rede elétrica e a quantidade de equipamentos que se conecta em um mesmo “T” são abordados dentro de uma perspectiva socioeconômica. Na atividade de pesquisa e aprofundamento os alunos são convidados a pensar em habitação ecologicamente sustentável.

Os quatro textos foram desenvolvidos em uma linguagem que pudesse manter um diálogo com o leitor, não se tratando apenas da compreensão da mensagem, mas da incorporação dele no texto. A ideia é convidar os participantes a se posicionarem, permitindo a assunção de diferentes vozes acerca do assunto (Scorsoline-Comin, 2014, p. 245).

O diálogo nesse sentido deve contribuir para a formação e para a construção de posicionamentos que considerem o outro em um contexto social envolvido. É um espaço de embates, lutas, assimetrias que refletem os próprios aspectos da interação social. Esses embates poderiam ser acolhidos e repensados, de modo a contribuir com a compreensão de uma realidade macro, a realidade social (Scorsoline-Comin, 2014, p. 250).

5 METODOLOGIA DE TRABALHO

Cabe ressaltar que o objetivo deste trabalho é contribuir para a aprendizagem de Eletrodinâmica a partir de um material didático escrito em uma linguagem dialógica sob a perspectiva CTSA e que esteja de acordo com os documentos normativos da Educação Básica. Para isso, tomou-se como referência a pedagogia freiriana que defende a articulação de conhecimentos com temas para se planejar as atividades de ensino e enfatiza a necessidade de um trabalho constante e sistemático com o conhecimento prévio do aluno, através do processo de codificação-problematização-descodificação (Freire, 1987).

Essa tríade contém as três etapas do seu método de ensino e que de outra maneira será traduzida nos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angotti. Os Três Momentos Pedagógicos foram usados como metodologia de trabalho, ou seja, como foi elaborada e aplicada a proposta de intervenção por meio do produto educacional.

5.1. Os Três Momentos Pedagógicos

Os Três Momentos Pedagógicos foram criados e sistematizados por Delizoicov e Angotti nos anos 80 como uma transposição da concepção de educação de Paulo Freire para a educação formal, é uma metodologia de ensino que orienta o desenvolvimento de conteúdos em três etapas. Na atividade diária da sala de aula o processo de codificação-problematização-descodificação é estruturado com o auxílio do que se denominou Momentos Pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (Delizoicov e Angotti, 1988, p.12).

No primeiro Momento Pedagógico, problematização inicial, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações propostas. Apresentam-se situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõe de conhecimentos científicos suficientes. O professor tem a função de coordenar, sua a postura deve se voltar mais para questionar e lançar dúvidas sobre o

assunto do que para responder e fornecer explicações, deve fomentar a discussão.

A finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém (Muenchen e Delizoicov, 2014, p. 620).

O segundo Momento Pedagógico, organização do conhecimento, é caracterizado pelo desenvolvimento de conceitos identificados como fundamentais para a compreensão científica das situações que estão sendo problematizadas. A realização de diversas atividades, tais como resolução de exercícios tem função formativa na apropriação de conhecimentos específicos (Delizoicov e Angotti 1988, p. 13). O conteúdo é estudado sob orientação do professor, definições, conceitos, relações e expressões matemáticas podendo ser abordados de forma expositiva. O segundo momento deve ser destinado a entender a teoria que embasa o conteúdo apresentado.

O terceiro Momento Pedagógico, aplicação do conhecimento, se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, expandir a utilização do tema abordado em outras situações da vivência dos alunos. Com foco em analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (Muenchen e Delizoicov, 2014, 620).

Podem ser formulados problemas abertos cujo objetivo seja capacitar os alunos a irem empregando os conhecimentos na perspectiva de articular constante e rotineiramente a conceituação física em situações reais.

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (Urel, 2022, p. 53).

O suporte teórico fornecido no segundo Momento Pedagógico deve ter o potencial explicativo e conscientizador mais do que simplesmente encontrar soluções com emprego de expressões matemáticas. As teorias físicas devem

ser exploradas. Assim, a aplicação do produto educacional se deu como enunciado pelos Três Momentos Pedagógicos, três aulas para cada texto.

5.2 Aplicação do Produto Educacional

A aplicação do produto educacional ocorreu ao longo de quatro semanas, com três horas/aula semanais em cada turma, assim foram necessárias 12 aulas de 50 minutos por turma. Em cada semana um texto foi introduzido no primeiro momento pedagógico (sempre lido com antecedência), em seguida uma aula para conceituação física e mais uma para a atividade de pesquisa e aprofundamento.

O primeiro momento pedagógico foi caracterizado pela problematização inicial a partir dos textos produzidos como produto educacional. Os alunos realizaram a atividade de verificação de leitura e em seguida foram feitos comentários e até mesmo discussões sobre o tema abordado nos textos de onde extraiu-se elementos que pudessem ser levados para o segundo momento pedagógico.

O segundo momento pedagógico trata-se da conceituação física das grandezas da eletrodinâmica, sua representação matemática e resolução de exercícios. Essas aulas foram caracterizadas por explanação sobre o conteúdo usando quadro branco, TV, listas de exercícios, mas não como uma aula expositiva comum porque permitiu a participação dos alunos de forma dialógica para a construção coletiva dos conceitos.

No terceiro Momento Pedagógico, os alunos foram separados em grupos de até 6 integrantes para iniciar a realização da atividade de pesquisa e aprofundamento em sala de aula sob orientação do professor. Nessa aula o professor tem função mediadora. Algumas questões das atividades de pesquisa e aprofundamento requer pesquisa que pode ser feita em laboratórios de informática, se a escola dispuser, ou em casa como uma atividade extraclasse e ser entregue posteriormente. É importante haver um momento para feedback das atividades de pesquisa e aprofundamento, comentários e discussões sobre as respostas, as adequadas e aquelas que podem ser melhoradas, assim gera mais participação dos alunos.

A seguir tem-se um quadro-resumo de como foram utilizadas as aulas para a aplicação do produto educacional, sendo A₁, A₂, ..., A₁₂, as respectivas aulas de cada semana para cada Momento Pedagógico.

Quadro 1 – Aulas para cada Momento Pedagógico.

	1º MP	2º MP	3º MP
Texto I	A ₁	A ₂	A ₃
Texto II	A ₄	A ₅	A ₆
Texto III	A ₇	A ₈	A ₉
Texto IV	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂

Fonte: elaboração própria.

Uma síntese dos conceitos abordados em cada aula está tabelada a seguir. Contém uma descrição de cada aula e os principais tópicos trabalhados sob a perspectiva CTSA como referência. Por se tratar de um produto educacional inspirado na pedagogia freiriana, os tópicos abordados em cada aula podem ser acordados com os alunos, quando manifestarem interesses próprios sobre o tema. O diálogo é um elemento fundamental nesse processo de ensino e aprendizagem.

Quadro 2 – Roteiro das aulas com abordagem CTSA.

Aulas	Descrição	CTSA
A ₁	Problematização inicial do conteúdo da Eletrodinâmica a partir do texto I que traz notícias sobre acidentes e fatalidades com descargas elétricas atmosféricas e choque elétricos em casa e no trabalho.	Geração de raios, blindagem eletrostática, efeitos fisiológicos da corrente, risco de choque elétrico, eletrodomésticos, camelôs, corrente elétrica
A ₂	Conceituação de corrente elétrica. Portadores de carga, tipos de corrente, expressão matemática, gráfico corrente <i>versus</i> tempo.	
A ₃	Aplicação do conhecimento a partir da APA. Inicialmente os alunos devem ser separados em grupos de até 6 integrantes e iniciar a resolução da atividade em sala de aula sob orientação do professor que tem nessa aula função mediadora. Outros itens que requer pesquisa, se a	

	escola dispuser de sala de informática podem ser feitos também na escola ou extraclasse.	
A ₄	Problematização inicial através da aplicação tecnológica de circuitos elétricos no desenvolvimento de marcapassos.	Bioengenharia, saúde coletiva, políticas públicas, eletricidade humana, dispositivos eletrônicos, ddp.
A ₅	Conceituação de diferença de potencial (ddp), corrente elétrica no corpo humano (coração, cérebro).	
A ₆	Aplicação do conhecimento a partir da proposição de problemas que envolve a promoção de políticas públicas para a saúde, desenvolvimento tecnológico nacional, saúde coletiva e individual.	
A ₇	Problematização inicial a partir de questões sobre sustentabilidade, expectativa de vida, geração e consumo de energia elétrica e alimentos, conflitos étnicos.	Geração e distribuição de energia, impactos ambientais, comunidades ribeirinhas, energia renovável, resistência elétrica.
A ₈	Conceituação de resistência, condutividade, semicondutores, supercondutores, Leis de Ohm.	
A ₉	Aplicação do conhecimento para o entendimento do papel das ciências para o aumento da expectativa de vida, desenvolvimento de novos materiais, foco no aumento da eficiência na produção de medicamentos, alimentos e energia elétrica, impactos das energias renováveis.	
A ₁₀	Problematização inicial de circuitos elétricos tendo como referência o projeto elétrico para residências. Apresentação das Normas Brasileiras e características técnicas que norteiam a quantidade, a localização e a capacidade elétrica de tomadas e pontos de luz.	Circuitos residenciais, planejamento, elétrica. elétricos NBR, potência elétrica.
A ₁₁	Conceituação de potência elétrica e energia elétrica. Quilowatt-hora como unidade de medida das concessionárias de energia elétrica.	
A ₁₂	Aplicação do conhecimento em circuitos elétricos residenciais, capacidade elétrica, gasto e economia de energia, planejamento sustentável.	

Fonte: elaboração própria.

ELETROATIVIDADE





Você já percebeu que todo início de ano é noticiado alguma mortandade de gado por causa de descargas elétricas atmosféricas (raios)? Normalmente essas notícias falam sobre o prejuízo aos pecuaristas e algumas características do local onde o gado estava.

Em janeiro de 2024, duas notícias ganharam repercussão nacional sobre a incidência de raios no Brasil, você viu?

“Produção agrícola sofre com os raios no Tocantins

Nos últimos dois anos, o número de raios praticamente dobrou no estado. Aumento que, segundo os especialistas, tem relação com as mudanças climáticas.”

Fonte: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2024/01/22/producao-agricola-sofre-com-os-raios-no-tocantins.ghtml>. Acessado em 22/01/2024.

Se quiser saber mais, acesse:

<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2024/01/22/producao-agricola-sofre-com-os-raios-no-tocantins.ghtml>.

A notícia acima nos informa que as mortes ocorrem em todo o país. De 34 a centenas de cabeças de gado. Normalmente o gado está a céu aberto, regiões descampadas ou próximas de árvores. O prejuízo chega a mais de R\$ 200 mil reais. E nós, estamos seguros dentro de casa? Você sabe como se proteger de um raio?

Já a segunda notícia relata a morte de um idoso que teve o carro atingido por fio de alta tensão que, por causa das fortes chuvas e ventos, caiu exatamente sobre o seu carro. O que você faria em uma situação como essa?

“Entenda por que devemos ficar dentro do carro durante chuva com raios e quando fios de alta tensão se rompem

Medida é explicada pelo princípio da física da Gaiola de Faraday. Nesta terça-feira (9), um homem de 62 anos foi eletrocutado após sair de um veículo atingido por um cabo energizado em SP.”

Fonte: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2024/01/10/entenda-por-que-devemos-ficar-dentro-do-carro-durante-chuva-com-raios-e-quando-fios-de-alta-tensao-se-rompem-medida-e-explicada-pelo-principio-da-gaiola-de-faraday.ghtml>. Acessado em 22/01/2024.

Para saber mais, não deixe de acessar:

<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2024/01/10/entenda-por-que-devemos-ficar-dentro-do-carro-durante-chuva-com-raios-e-quando-fios-de-alta-tensao-se-rompem-medida-e-explicada-pelo-principio-da-gaiola-de-faraday.ghtml>.

Podemos perceber com as reportagens que acidentes causados por raios causam anualmente prejuízos e mortes.

Os raios são uma das principais causas de mortalidade relacionadas ao clima em todo o mundo. Nos Estados Unidos, os raios normalmente matam mais pessoas em um ano do que qualquer outro desastre natural, exceto inundações. (de Souza, p. 54. 2023) Notícia nada animadora em um país que é campeão do mundo em descargas elétricas, não acha?

“Brasil é o país com maior incidência de raios do mundo”

Por ano, são mais de 70 milhões de descargas elétricas registradas aqui.”

Fonte: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2022-01/brasil-e-o-pais-com-maior-incidencia-de-raios-no-mundo>. Acessado em 22/01/2024.

Para saber mais, acesse:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2022-01/brasil-e-o-pais-com-maior-incidencia-de-raios-no-mundo>.

Esses raios podem chegar a 30 mil ampères e ter potência suficiente para percorrer uma distância de 5 km. O clima é um dos motivos pelos quais há recorde de descargas elétricas por aqui, a região norte lidera esse ranking no país. Em que posição você acha que a região centro-oeste está?

Box da curiosidade!

Você sabe o que é o *ampère*?

Ampère é o nome dado à unidade de medida (no SI) da grandeza que mede a **intensidade de corrente elétrica** (i). Foi assim chamada em homenagem ao físico e matemático francês, André Marie Ampère (1775-1836).

A corrente elétrica pode ser entendida como o movimento de cargas elétricas (elétrons, prótons e íons) através de uma superfície (secção transversal no caso de um fio) condutora ao longo do tempo, podemos medir pela quantidade de carga elétrica que atravessam (fluem) por essa superfície. Em analogia, pense na água escoando por uma mangueira.

Mas descargas elétricas atmosféricas são apenas uma das três principais causas de morte com eletricidade registradas anualmente. Segundo o Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica (2023), foram 686 mortes em 1828 acidentes em 2022.



Fonte: de Souza, 2023.

Neste anuário foram contabilizados acidentes causados por raios, incêndios por sobrecarga de energia elétrica e acidentes com choque elétrico propriamente dito. O anuário aponta que muitos dos acidentes e mortes podem ser evitados com conhecimento

sobre eletricidade porque a maioria ocorre dentro de casa. O quão seguros estamos em nossas casas?

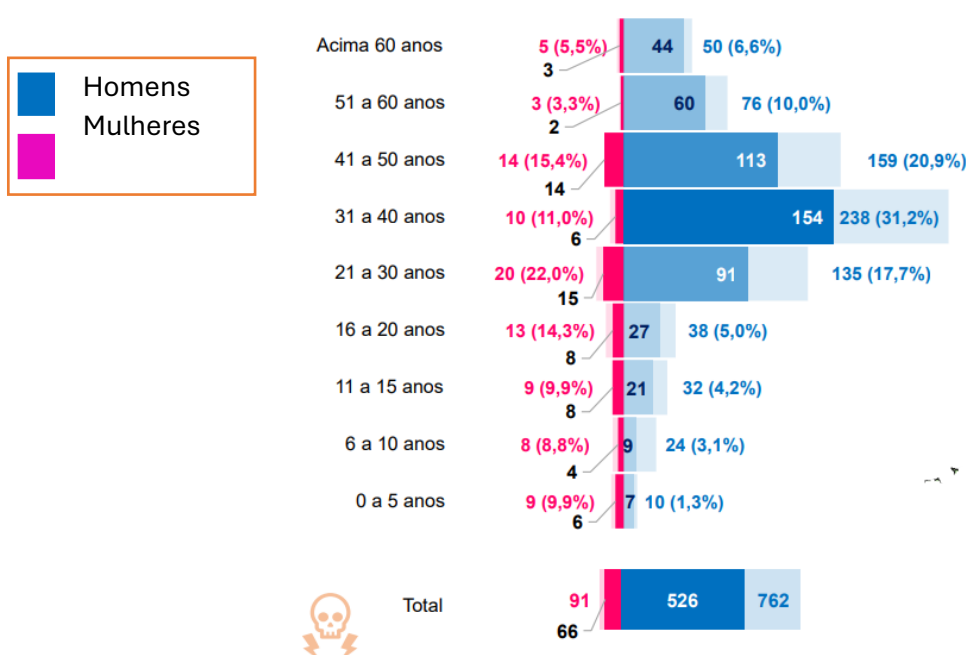
O anuário aponta ainda que geladeiras, máquinas de lavar roupa e benjamins (“Tês”) são os principais responsáveis pelos acidentes domésticos. Na sua casa, você ou algum familiar já teve alguma experiência com choques elétricos?

O gráfico a seguir ilustra essa informação, e, um pouco mais:



Fonte: de Souza, 2023.

Já o gráfico a seguir, indica o percentual de homens e mulheres, por faixa etária, que mais sofrem acidentes e fatalidades com choques elétricos. Ao observar a sua faixa etária, sente algum perigo?



Fonte: de Souza, 2023.

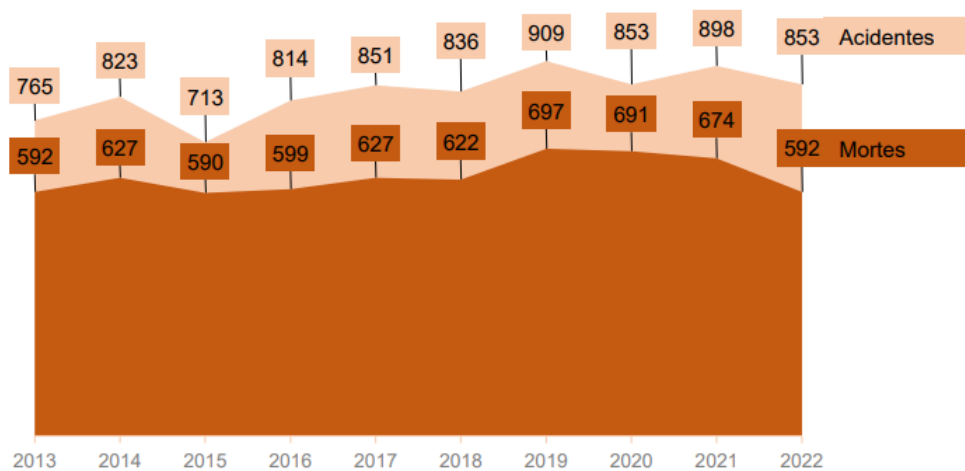
Um dado interessante desse levantamento é que os homens são em disparado as maiores vítimas dos acidentes, seja porque a maioria dos trabalhadores na área da eletricidade são homens ou por serem provocados a fazer reparos devido a uma “imposição social” mesmo sem o devido conhecimento técnico.

No caso dos incêndios, as principais vítimas são pessoas idosas (acima de 60 anos) e crianças (0 a 5 anos), devido a dificuldade de locomoção, fragilidade do corpo e, no caso das crianças, não ter capacidade de decisão para sair de casa. De um modo geral, as pessoas morrem devido ao calor, queimaduras, intoxicação e ataques de pânico.

Dentre as principais causas dos incêndios estão produtos de má qualidade (tipo aqueles mais baratos que a gente compra em qualquer esquina), profissionais não qualificados (motoristas de caminhão que andam com a caçamba erguida, trabalhadores da construção civil que manuseiam peças metálicas próximos da rede de distribuição elétrica e que não executam projetos elétricos), falhas ou ausência do sistema de aterramento (por exemplo aquele terceiro fio que fica solto no chuveiro), dimensionamento incorreto do disjuntor para não haver sobrecarga (sabe quando a gente liga vários equipamentos elétricos ao mesmo tempo e a luz pisca?!), emendas malfeitas, derretimento de isolantes de condutores e uso de conectores de procedência duvidosa, além da falta de medidas de proteção em caso de trabalhos diretos ou indiretos com eletricidade.

A taxa de mortes por choque elétrico no Brasil tem crescido (2,76 mortes por milhão de habitantes em 2022), países como os Estados Unidos tiveram apenas 1 (uma) morte por milhão de habitantes em 2002 e o Japão apresentou uma taxa inferior a um por cento: 0,89 por milhão de habitantes entre 2013 e 2015.

Nos últimos 10 anos (2013-2022), foram contabilizados pelo menos 3,87 acidentes por dia, o gráfico a seguir apresenta os dados gerais oficiais.



Fonte: de Souza, 2023.

Referências Bibliográficas

DE SOUZA, Danilo Ferreira; MARTINHO, Edson; MARTINHO, Meire Biudes; MARTINS JR. Walter Aguiar (Org.). **Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2023 – Ano base 2022**. Salto-SP: Abracopel, 2023.

ELAT. Grupo de Eletricidade Atmosférica. **Proteção contra raios**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE. 2019.

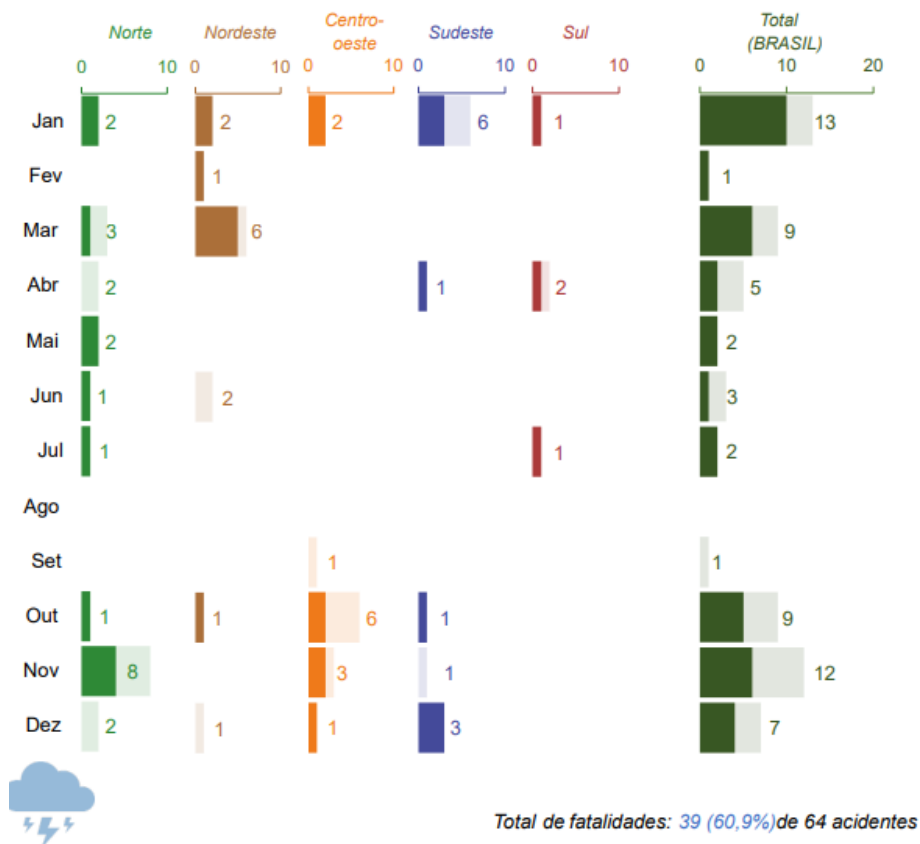
NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 3 - Eletromagnetismo**. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

Verificação de Leitura

1. Qual estado brasileiro é o cenário da primeira notícia?
 - a) Amazonas
 - b) Goiás
 - c) São Paulo
 - d) Tocantins
2. O gado atingido por raios costuma estar:
 - a) Na água
 - b) No curral coberto
 - c) Área descoberta
 - d) Transportados em caminhões
3. O dispositivo físico que nos protege de raios quando estamos dentro do carro é:
 - a) Papagaio de Franklin
 - b) Gaiola de Faraday
 - c) Disco de Newton
 - d) Para-raios
4. O país com maior incidência de raios do mundo é:
 - a) Estados Unidos
 - b) Japão
 - c) Brasil
 - d) Rússia
5. As principais vítimas de acidentes com choque elétrico são:
 - a) Homens
 - b) Mulheres
 - c) Idosos
 - d) Adolescentes
6. Em 2022, a quantidade de vítimas fatais foi:
 - a) 1828
 - b) 39
 - c) 592
 - d) 853

Atividades de Pesquisa e Aprofundamento

1. Pesquise pelo menos quatro países que assim como o Brasil são campeões em raios e encontre algum fator em comum entre eles.
2. Que condições climáticas/atmosféricas são mais propícias para o desencadeamento de descargas elétricas atmosféricas? Use a tabela a seguir que apresenta o número de acidentes por descargas elétricas atmosféricas por mês e região em 2022 no Brasil como uma de suas referências.



Fonte: De Souza, 2023.

3. Como esse cenário pode ser agravado pelas mudanças climáticas?
4. Que mecanismos de proteção poderiam ter sido adotados nas fazendas em que o gado foi atingido direta ou indiretamente pelos raios?
5. Se você fizer uma pesquisa rápida na internet sobre carros e aviões atingidos por raios verá muitas notícias sensacionalistas que mais causam medo do informam corretamente os fatos ocorridos, mesmo assim, faça uma pesquisa na internet sobre a quantidade de pessoas que morrem em situações como essa.

6. O para-raios de Franklin confere segurança a uma edificação que se encontra na área interna de um cone cujo vértice é formado pelo para-raios e a altura da edificação como ilustrado na figura 1.

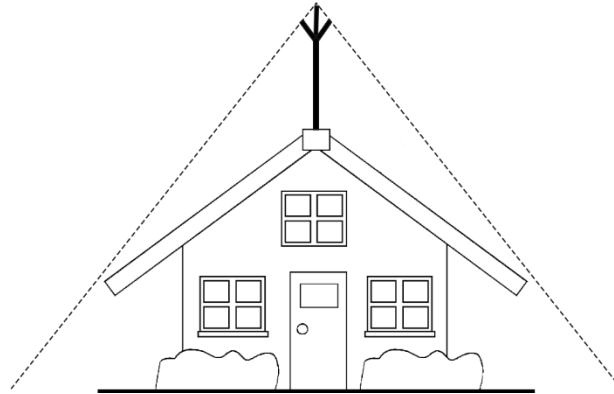
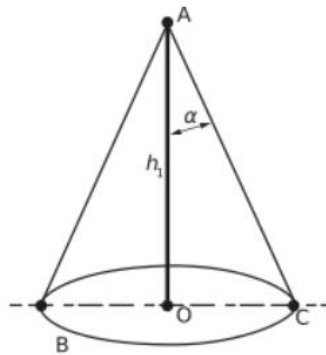


Figura 1.

A partir de informações sobre o “Método Franklin” (Figura 2), determine a quantidade de para-raios necessários para proteger sua residência.



Legenda

A	topo do captor
B	solo
OC	raio da base do cone de proteção
h_1	altura de instalação do captor (= altura da edificação + altura do mastro)
α	ângulo de proteção conforme

Figura 2.

7. Faça uma lista de equipamentos de segurança individual (EPI) necessários para realização de atividades envolvendo eletricidade. Você tem esses equipamentos em casa? Acha que deveria ter?
8. Discuta com seus colegas sobre a diferença entre a quantidade de acidentes relacionada ao gênero dos envolvidos. Aponte uma possível solução para que homens deixem de ser as principais vítimas de mortes e acidentes com eletricidade.

9. O texto apontou que geladeiras e máquinas de lavar roupa podem ser potencialmente perigosas quanto a acidentes com choques elétricos em casa. Como esses equipamentos podem provocar choques e como preveni-los?
10. Sobre condutores e isolantes, que estão entre os elementos que podem causar incêndios em casos de curto-circuito, responda o que se pede:
- a) Quais materiais são os melhores condutores de eletricidade? São os mesmos que utilizamos em casa?
 - b) Os fios condutores que usamos em instalações residenciais são revestidos por algum material isolante. Quais podem ser esses materiais?
 - c) Esses isolantes devem conferir proteção apenas para os casos de choque elétrico? Se não, que outras isolações devem proporcionar? E quais materiais podem ser usados com essa finalidade?
 - d) Faça uma pesquisa em lojas de materiais de construção ou equipamentos elétricos para identificar quais condutores elétricos são mais vendidos e quais os seus valores.
 - e) Após a pesquisa acima e os conhecimentos sobre condutores e isolantes de eletricidade, diga o quão seguros estamos em nossas casas. Justifique sua resposta.
11. Observe a figura a seguir e diga se você já fez isso em casa, em caso afirmativo, o que aconteceu? Em caso negativo, o que acha que pode ocorrer com essa prática?



Discuta com seus colegas e aponte soluções para que essa prática não seja corriqueira em nossos lares.

12. É comum encontrarmos nas ruas (camelôs) ou pequenas lojas de bairros carregadores para celular e fones de ouvido de marcas que divergem das marcas dos celulares/smartphones comercializados no Brasil.



Sobre o tema, responda o que se pede:

- a) Por que há tantos camelôs vendendo dispositivos e acessórios eletrônicos no Brasil?
- b) Quais os riscos em usar esses acessórios?
- c) Discuta com seus colegas sobre esse tema e indique possíveis soluções para os problemas apontados por vocês.



Marcapasso, o maestro do ritmo cardíaco



Você sabe o que é um marcapasso? Sabe de algum familiar ou conhece alguém que usa marcapasso? Sabe como funciona, para que serve e quais os riscos de usá-lo? Será que dar choque no coração não é perigoso? Essas e outras perguntas só são possíveis graças a um extraordinário invento da bioengenharia.

O marcapasso é um dispositivo eletrônico implantado sob a pele que tem como função estimular os batimentos cardíacos por meio de impulsos elétricos. Ele é um pequeno computador capaz de medir os batimentos cardíacos e ao reconhecer batidas desordenadas ou em ritmo (frequência) irregular, dá um pequeno choque no coração para que este restabeleça seu ritmo normal. Assim como um metrônomo marca o andamento musical.

Mas você sabe o que é considerado normal ou regular quando se trata do coração? A quantidade de batimentos cardíacos considerado normal está entre 60 e 100 batimentos por minuto (bpm). Você sabe como medir sua frequência cardíaca?

Dados do Censo Mundial de Marcapassos e Desfibriladores de 2020 contam que cerca de 49 mil marcapassos são implantados por ano no Brasil, seja pelo SUS, convênios ou rede particular. São cerca de 60 a 80 procedimentos cirúrgicos por mês em cada hospital/clínica especializados. Infelizmente o país não conta com uma política pública que atenda sem prejuízos a essa demanda. A depender do governo, a falta de repasses financeiros para aquisição do dispositivo gera filas para a cirurgia, apesar disso estima-se que mais de 300 mil brasileiros sejam portadores de marcapasso. (Chaccur, 2020).

Esse número poderia ser ainda maior se mais pessoas soubessem os sintomas das doenças cardíacas que necessitam do implante, por isso, a secretaria de saúde do Ceará criou uma campanha de conscientização que pode despertar um alerta quanto ao principal sintoma, os batimentos cardíacos. Essa campanha consistiu em ensinar às pessoas como medir a frequência cardíaca: “Tome uma atitude de pulso”

Colocar as pontas dos dedos abaixo do pulso, pressionar ou mover os dedos até sentir a pulsação e acompanhar os batimentos com um relógio. Se o valor encontrado for menor ou maior do que o considerado normal, alguns sintomas podem ocorrer e é melhor procurar um médico. Que tal verificar sua frequência cardíaca neste instante, siga o procedimento acima e registre sua frequência cardíaca.

Outros sintomas que alertam para o risco de doenças cardíacas são: fadiga, tonturas, falta de ar, escurecimento das vistas, desmaios, alterações bruscas do ritmo

cardíaco, lentidão ou coração disparado. O dia 23 de setembro é tido como o Dia do Portador de Marcapasso no Brasil e é destinado a essas campanhas de conscientização.

Mas afinal, você sabe como é o marcapasso? Ele é composto por uma “central de comando” onde fica a bateria que pode ter duração de 7 a 12 anos, o circuito elétrico que controla o ritmo cardíaco, e os eletrodos que são fios finos que conduzem os impulsos elétricos ao coração revestidos de material isolante, geralmente silicone ou poliuretano.

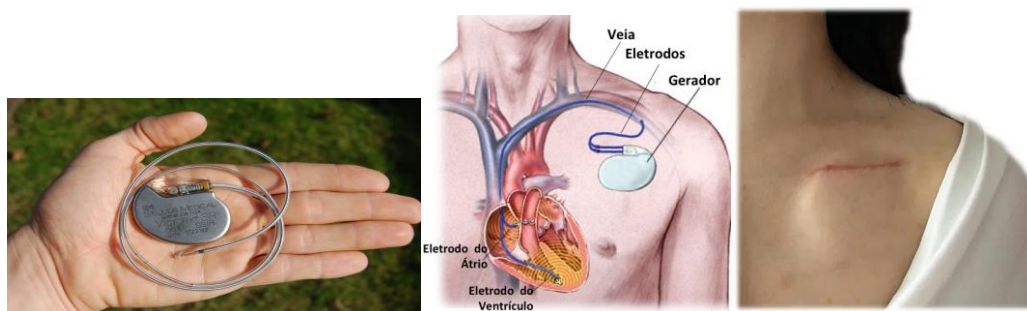


Figura 1. a) Tamanho; b) Posição; c) Cicatriz.

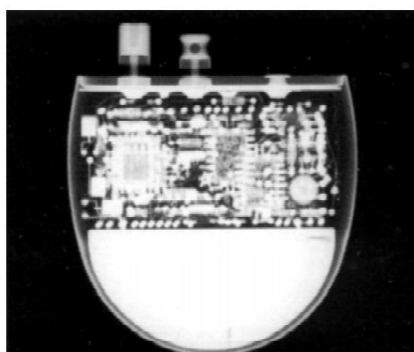


Figura 2. Imagem radiográfica de uma unidade geradora de marcapasso mostrando metade de seu volume ocupado pela bateria. Vários componentes elétricos e eletrônicos são vistos. Ribeiro, 2002.

Você não está curioso para saber se esse dispositivo enferruja ou se causa algum tipo de intoxicação pela bateria? Como nosso organismo não expulsa um corpo estranho como esse?

Há ainda vários outros componentes que protegem o aparelho de descargas elétricas e outros que permitem a troca de informações com um computador externo, por exemplo, um programador de marcapassos. Através deste programador podemos, por meio de ondas de radiofrequência, modificar a frequência do marcapasso, sua energia de saída, seu modo de funcionamento e dezenas de parâmetros cada vez mais específicos na sua aplicação, facilitando sua adaptação e acompanhamento. Podemos também monitorar sua energia restante, sua vida útil e extrair informações de sua memória que podem ser

impressas em papel ou gravadas em discos para posterior análise. Ribeiro, 2002, p. 58.

Algumas dessas informações são do mesmo tipo das obtidas em um exame ECG (eletrocardiograma), porém coletadas em grandes períodos e constantemente. A seguir temos algumas imagens de gráficos da frequência cardíaca em algumas situações de risco gravadas em papel. Você já fez um exame desses?

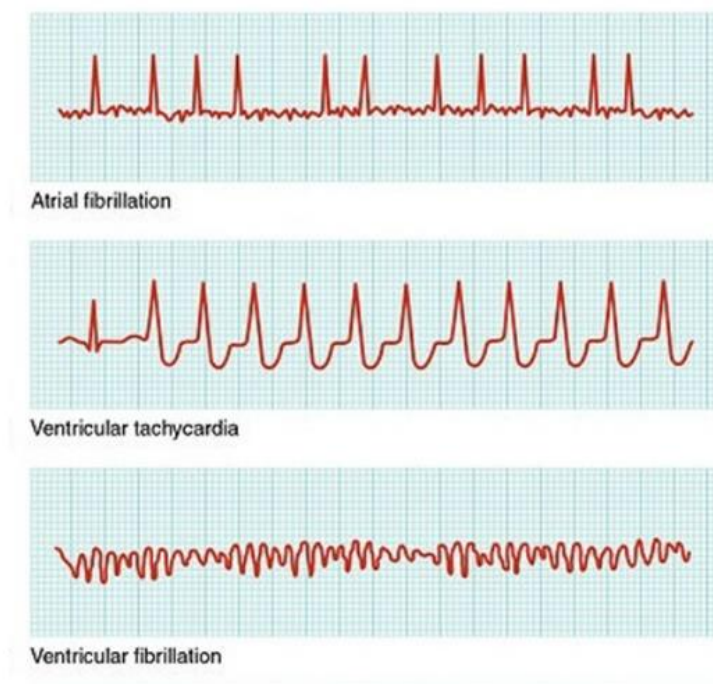


Figura 3. a) Fibrilação atrial; b) Taquicardia ventricular; c) Fibrilação ventricular. WIKIMEDIA, 2022.

O que o marcapasso faz é denominado “estimulação cardíaca artificial” e fundamenta-se na utilização de estímulos elétricos de maneira semelhante aos estímulos elétricos que, em condições fisiológicas, promovem a despolarização/repolarização das células musculares cardíacas. (Penteado, 2013).

A seguir temos quatro simulações que ilustram o procedimento realizado pelo marcapasso em algumas situações cardíacas nas quais é indicado, tais como bradicardia, arritmia e fibrilação ventricular.

Como funciona os marcapasso:

<https://www.youtube.com/watch?v=t5sGEdj0PC0>

Desfibrilador Cardioversor Implantável:

<https://www.youtube.com/watch?v=t5sGEdj0PC0>

Terapia de Ressincronização Cardíaca:

<https://www.youtube.com/watch?v=9G3ayloUEuw>

Fibrilação Ventricular e Morte Cardíaca Súbita

<https://www.youtube.com/watch?v=NB0hMyqzrsk>

O estímulo elétrico que ocorre fisiologicamente é denominado potencial de ação e tem duração de cerca de 250 a 400 ms e cerca de 110 a 120 mVolts de amplitude. O estímulo elétrico artificial emitido pelos marcapassos, conhecido como espícula, tem amplitude da ordem de 2000 a 5000 mVolts (2,0 a 5,0 V) e duração compreendida geralmente entre 0,4 e 1,0 ms. Ou seja, o potencial de ação é um pulso de baixa amplitude e longa duração quando comparado à espícula do marcapasso artificial. (Penteado, 2013).

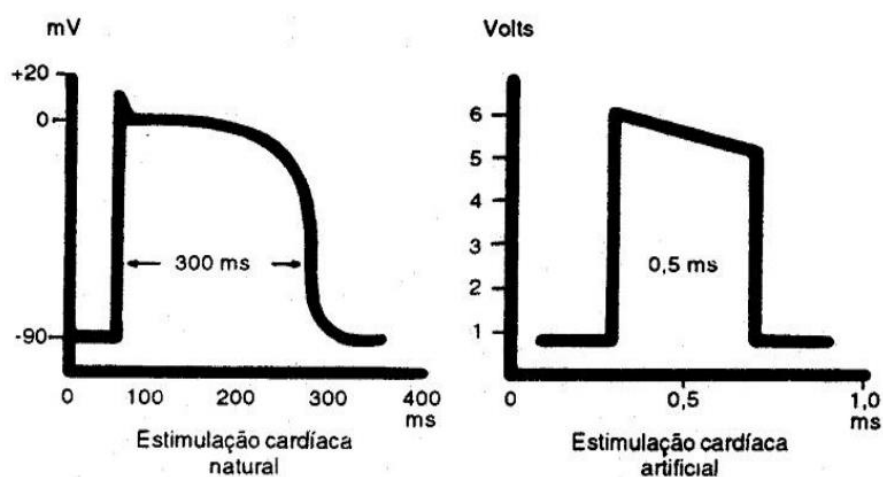


Figura 4. Comparação entre o potencial de ação e a espícula do marcapasso. Ribeiro, 2013.

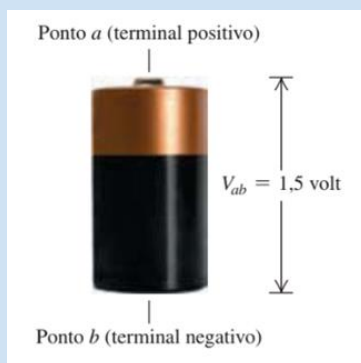
Box da curiosidade!

Você sabe o que é o *volt*?

Volt é o nome dado à unidade de medida (no SI) da grandeza que mede o **potencial elétrico ou a diferença de potencial ddp** nos circuitos elétricos (**V**). Foi assim chamada em homenagem ao cientista italiano, Alessandro Volta (1775-1827), o criador da pilha voltaica.

Corresponde ao trabalho realizado (por uma força elétrica em um campo elétrico) para mover uma partícula carregada eletricamente entre dois pontos.

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J} / 1 \text{ C}$$



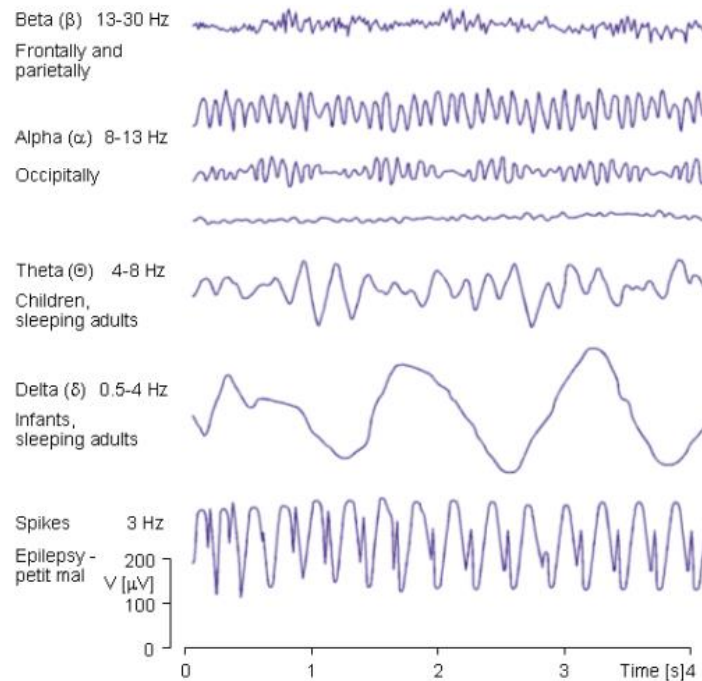
Você deve ter percebido que o marcapasso produz um estímulo artificial, logo, o nosso corpo produz esse estímulo elétrico de forma natural e que podem ser representados graficamente.

No caso do ECG, os eletrodos medem as diferenças de potencial (geralmente não superior a 1 mV) entre diferentes partes da pele do paciente. Estas indicam as diferenças de potencial entre as regiões do coração, e assim proporcionam um modo sensível para detectar quaisquer anormalidades na atividade elétrica que impulsiona a função cardíaca (Young, 2015).

Assim como o coração, o cérebro transmite sinais elétricos através dos neurônios ininterruptamente.

Os neurônios, além dos constituintes normais de uma célula, possuem íons de sódio, de cloro e de potássio. Estes íons podem atravessar a membrana da célula, variando a sua concentração. Quando houver um excesso de íons negativos dentro de uma célula, esta região estará em um potencial elétrico menor do que a parte de fora da célula. (Cabral e Lago, 2004).

No caso do cérebro, o exame realizado é o EEG (eletroencefalograma). Apresenta na forma de gráfico do tipo voltagem x tempo a atividade cerebral ao longo do tempo. A voltagem medida aparece na forma de ondas como as mostradas a seguir.



Um neurônio sem atividade apresenta ddp de aproximadamente -70 mV, quando há uma movimentação de íons atravessando a membrana o valor sobe para +30 mV, durante um intervalo de tempo muito curto (cerca de 2 ms). Os neurologistas classificam as ondas cerebrais de acordo com a frequência. Delta (δ) para as frequências < 4 Hz indicam o estado de relaxamento profundo (sono), já as frequências gama (γ) para frequências > 30 Hz indicam atividade de aprendizado ou raciocínio lógico.

A medida das ondas cerebrais em diversas situações emocionais pode detectar diversos problemas neurológicos, como a epilepsia, mal de Alzheimer, demência e outros. Os neurologistas utilizam corriqueiramente o EEG como uma ferramenta de diagnóstico (Cabral e Lago, 2004).

A seguir temos algumas ilustrações do fenômeno elétrico manifestado nos neurônios:

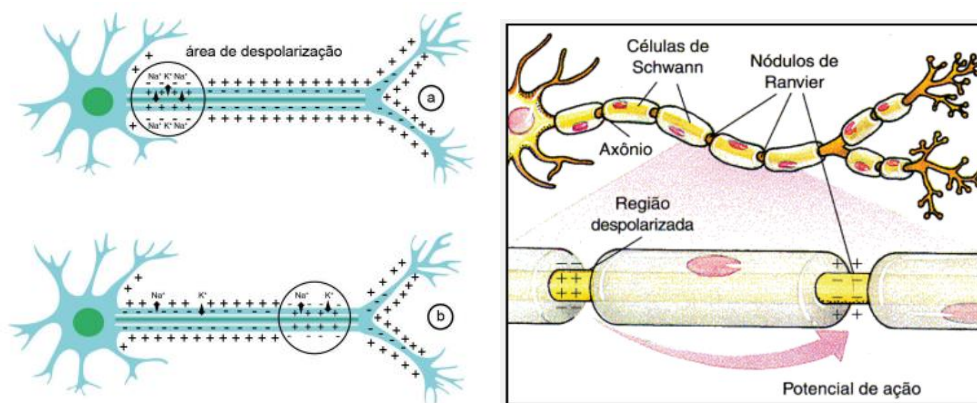


Figura 5. a) Íons de sódio e potássio; b) Estrutura interna do neurônio.

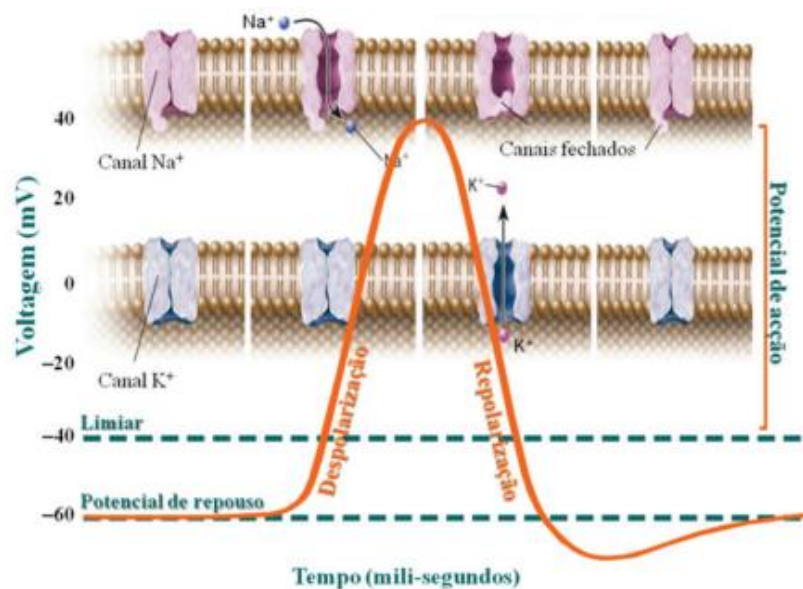


Figura 6. Gráfico diferença de potencial elétrico *versus* tempo da despolarização e repolarização neuronal.

Para finalizarmos nosso estudo sobre o marcapasso e a eletricidade do nosso corpo, uma dúvida ainda persiste: ter um dispositivo eletrônico que funciona como um computador dentro do nosso corpo detectando e produzindo impulsos elétricos, não interfere com os outros dispositivos elétricos ao nosso redor, tais como, tv, microondas, celular, etc?

Para saber mais sobre marcapasso, assista ao vídeo:
<https://www.youtube.com/watch?v=MOtEW4CzS14>

Referências Bibliográficas

AUSTEN, W. Gerald. **Cardiologia - The Medical and Surgical Cardiac Units at the Massachussets General Hospital**. Vol.1. 2 ed. Medsi, 1993. p. 1-24. Disponível em: <https://www.bibliomed.com.br/bibliomed/books/livro11/cap/cap09.htm>. Acessado em: 25 fev. 2024.

CHACCUR, Paulo. **Marcapasso: posso viajar, praticar esportes, ir ao banco, fazer exames?** Disponível em:

<https://www.uol.com.br/vivabem/colunas/paulo-chacur/2020/12/06/marca-passo-posso-viajar-praticar-esportes-ter-vida-normal.htm>. Acessado em 25 fev. 2024.

HARTHORN, J. Warren. EISHAUER, Andrew. C. STEINHAUS, David. M. **Marcapasso Cardíaco**. EAGLE, Kim. A.HARBER, Edgard. DESANCTIS, Roman. W.

PROENEM. **Tecido Nervoso - Neurônios**. Disponível em: <https://proenem.com.br/enem/biologia/tecido-nervoso/>. Acessado em: 01 mar. 2024.

PENTEADO, José O. P. BORGES, Eurival Soares. **Manual do Marcapasso**. Sociedade Brasileira de Cardiologia - SBC. São Paulo, 2013. Disponível em: http://educacao.cardiol.br/manualc/PDF/S_MARCAPASSO_CARDIACO.pdf. Acessado em 25 de fev. 2024.

RIBEIRO, José Carlos B. M. **Princípios básicos da estimulação cardíaca artificial**. Revista da SOCERJ, Edição Abr/Mai/Jun, p. 57-67, 2002.

SANTOS, Higor B. SILVA Marcus V. STEDILE, Rafael. **Sistema de Identificação de Padrões de Ondas Cerebrais**. Trabalho de Conclusão de Curso. UTFPR. Curitiba, 2014.

SANTOS, Marcus V. Wikimedia. 2022. **Resumo de taquiarritmias: diagnóstico, abordagem e muito mais!** Disponível em: <https://med.estrategia.com/portal/conteudos-gratis/doencas/resumo-de-taquiarritmias-diagnostico-abordagem-inicial/>. Acessado em: 29 fev. 2024.

YOUNG, Hugh D. FREEDMAN, Roger A. **Física III - Eletromagnetismo**. 14 ed. São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2015.

Verificação de Leitura

1. O marcapasso é um dispositivo eletrônico que:
 - a) deve ser carregado regularmente assim como o aparelho celular
 - b) nunca deve ser colocado perto do forno micro-ondas
 - c) não deve ser colocado no bolso traseiro porque ao sentar-se poderá ser danificado
 - d) é implantado sob a pele, próximo à clavícula esquerda ou direita
2. Um dispositivo análogo ao marcapasso:
 - a) geladeira
 - b) notebook
 - c) desfibrilador
 - d) tomada
3. O marcapasso não tem em sua composição:
 - a) circuito elétrico
 - b) fluido lubrificante
 - c) bateria de íon/lítio
 - d) fios condutores
4. O marcapasso não enferruja porque:
 - a) é envolvido por silicone
 - b) é feito de material orgânico
 - c) metal bio-inerte
 - d) o sangue não produz oxidação
5. O EEG é diferente do ECG porque:
 - a) mede os batimentos cardíacos
 - b) mede o fluxo sanguíneo
 - c) mede a corrente elétrica das células sanguíneas, glóbulos vermelhos
 - d) registra a frequência das ondas cerebrais
6. O Dia do Portador de Marcapasso no Brasil é:
 - a) 21 de abril
 - b) 7 de setembro
 - c) 23 de setembro
 - d) 30 de novembro
7. Estima-se que quantos brasileiros possuem marcapasso?
 - a) 12 mil
 - b) 15 milhões
 - c) 300 mil
 - d) 49 mil

Atividades de Pesquisa e Aprofundamento

1. Vimos como é possível gerar impulsos elétricos no coração, mas que condição do nosso organismo permite a condução elétrica no coração?
2. Quanto ao cérebro, quais componentes cerebrais permitem a condução elétrica?
3. Faça uma pesquisa para obter as informações sobre a potência e a intensidade da corrente elétrica produzida pelos marcapassos e responda qual deve ser a sensação do choque produzido no coração.
4. Cite situações corriqueiras que alteram a frequência cardíaca.
5. Relacione as pesquisas de Luigi Galvani (espasmos em uma rã) e Alessandro Volta (pilha voltaica) com o desenvolvimento dos marcapassos.
6. Faça uma pesquisa sobre os valores e os fabricantes de marcapassos.
7. Se na sua família alguém precisasse de um implante de marcapasso, mas o governo não tivesse feito os repasses para a aquisição dos mesmos e tivesse que esperar em uma fila sem data para a cirurgia, o que você (sua família) poderia fazer para apressar esse procedimento?
8. Descreva uma medida que baratearia a aquisição de marcapasso pelo governo a ponto de não mais haver filas para a realização dos implantes.
9. Cite algumas atitudes, sugeridas pela medicina, que melhoram as condições cardíacas.
10. Com relação a você e sua família, existe algum obstáculo que impeça ou dificulte a realização das atitudes sugeridas na questão anterior?
11. O modelo de marcapasso apresentado no texto foi concebido na década de 50, atualmente há outros tipos de marcapasso? Quais suas características? Quem fabrica e quais os custos para adquiri-lo?
12. Sabendo que o cérebro também produz correntes elétricas, existe um marcapasso para o cérebro? Faça uma pesquisa para responder a pergunta.



Resistir é preciso!



Aposto que desde que você era criança todos os anos precisa fazer algum trabalho na escola que discute “Sustentabilidade”. Propor ações para diminuir a poluição, promover reciclagem, reaproveitamento, etc.

Não sei se você reparou, mas nossas pequenas ações diárias, por mais importantes que sejam, soam pouco significativas do ponto de vista global quando comparamos com grandes indústrias que produzem muitos dos bens que consumimos diariamente. Quando olhamos para nossos hábitos de consumo e os numerosos inventos de nossa era, somados às previsões do futuro quanto aos gastos de energia e a quantidade de habitantes do planeta, parece que o meio ambiente não terá como resistir.

Você sabe quantos habitantes existem na Terra hoje? O quanto de energia elétrica é produzida? O quanto é consumida? Você sabe o quanto de energia elétrica consome em sua casa?

Há estimativas de que a população mundial chegue a 10 bilhões de pessoas até 2100. Consegue imaginar o quanto de energia será necessária para alimentar tantas casas, equipamentos, produzir alimentos, o tanto de lixo produzido?

Falamos em economia agora, mas não importa, com tanta gente assim o consumo de todas as coisas vai aumentar. Sabendo disso, muitos pesquisadores já trabalham em soluções para atender a essa demanda. Por exemplo, a física de materiais (mecânica quântica) se propõe, dentre outras coisas, a estudar a estrutura da matéria buscando tornar mais eficiente a produção e a condução de energia elétrica.

Entender a condutividade, ou resistividade e a supercondutividade é muito importante nesse processo. Você sabe quais características são relevantes para que a energia elétrica produzida lá nas usinas geradoras chegue até sua casa?

Já reparou os tipos de fios que tem entre os postes na rua, os que tem dentro de casa, os que utiliza nos fones de ouvido, por exemplo? O que eles têm em comum? Por que uns são tão grossos e outros tão finos? Do que eles são feitos?

Se dentre suas respostas a resistência elétrica apareceu, seus conhecimentos e/ou pesquisas tem dado resultados porque além da corrente elétrica e da ddp, a resistência é uma das grandezas da eletrodinâmica que mais impacta os nossos modos de consumir energia elétrica. É só lembrar do chuveiro elétrico.

Box da curiosidade!

Você sabe o que é o *ohm*?

Ohm é o nome dado à unidade de medida (no SI) da grandeza que mede a **resistência elétrica (R)**. Foi assim chamada em homenagem ao físico e matemático alemão George Simon Ohm (1789-1854).

A resistência elétrica pode ser entendida como a dificuldade imposta pela própria estrutura atômica dos materiais em permitir a movimentação dos elétrons. Depende de características físicas tais como, comprimento e espessura dos materiais.

Vocês devem saber que há materiais que são bons condutores e outros que sequer conduzem, os isolantes por exemplo. Mas há uma classe de materiais que transitam entre essas características, são os semicondutores. Já ouviu falar sobre eles?

Um dos mais “famosos” é o silício (Si). Você sabe em que ele é usado? Dentre suas aplicações, uma se destaca, placas solares. O silício é largamente utilizado, misturado a alguns outros materiais, na conversão de energia solar em elétrica.

O chamado efeito fotoelétrico, que inclusive rendeu o Nobel de física de 1921 a Einstein, é um importante instrumento utilizado em escala global na produção das chamadas energias renováveis, ou seja, auxilia no combate ao efeito estufa por não gerar gases nocivos ao meio ambiente.

Mas de onde vem o silício que utilizamos, seja nos componentes eletrônicos ou na produção de placas solares? Ser renovável é suficiente para não gerar impactos ambientais?

Assim como o vento e a luz do Sol, a água também é um recurso renovável mesmo assim produz impactos que vão além dos ambientais. A seguir veremos uma emblemática cena que viralizou o mundo em 1989. Você tem alguma ideia do que se trata?



Figura 1. “A índia Tuíra, dos caiapós, ameaça com um facão o diretor da Eletronorte. Momento de tensão no encontro indígena de Altamira”. Escola de Ativismo.

Perceba como a energia elétrica que chega a nossas casas é oriunda de uma cadeia complexa de relações entre política, economia, questões sociais, ambientais e conhecimentos científicos de tal forma que não podemos ser consumidores passivos, o debate energético deve fazer parte das nossas reflexões e ações diárias para o bem comum em um futuro próximo.

Referências Bibliográficas

DINIZ ALVES, José E. **Projeções para a população mundial**. 2020. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2013/10/04/projecoes-para-a-populacao-mundial-2000-2300-o-futuro-esta-aberto-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>. Acessado em 05 mar. 2024.

FPMIN. **Silício na Transição Energética**. 2024 Disponível em: <<https://mineracaosustentavel.org.br/mineracao-silicio/#:~:text=Produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20Reservas&text=O%20Brasil%20tamb%C3%A9m%20se%20destaca,de%20alto%20grau%20de%20pureza.>>. Acessado em 05 mar. 2024.

MARTINHO, Cássio. **Tuíra, a imagem**. 2024. Disponível em: <<https://escoladeativismo.org.br/tuira-a-imagem/>>. Acessado em 05 mar. 2024.

Verificação de Leitura

1. Em 2100 a estimativa de habitantes no planeta é de:
 - a) 100 bi
 - b) 100 mi
 - c) 10 bi
 - d) mais 1 bi do que agora

2. O silício é um elemento da tabela periódica cuja principal característica é:
 - a) semitransparência
 - b) semi-iônico
 - c) semiótico
 - d) semicondutor

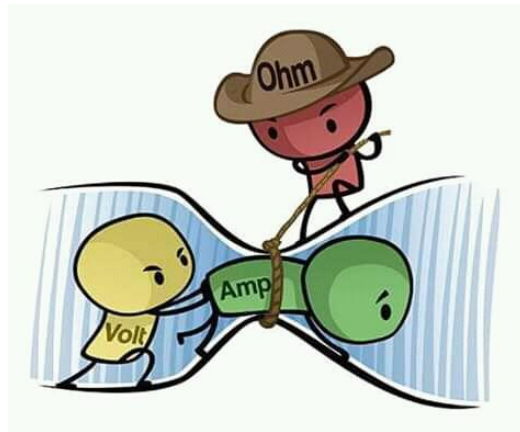
3. Albert Einstein ganhou o prêmio Nobel de:
 - a) física pelo aquecimento global
 - b) da paz pela luta contra a bomba atômica
 - c) química pela radiação eletromagnética
 - d) física pelo efeito fotoelétrico
 - e) astronomia pela teoria da relatividade

4. A principal característica que distingue os tipos de fios que usamos no dia a dia é:
 - a) corrente elétrica
 - b) ddp
 - c) voltagem
 - d) resistência elétrica

5. Estimativa para o futuro indicam que haverá:
 - a) redução da fertilidade feminina
 - b) controle de natalidade
 - c) aumento do consumo de alimentos
 - d) diminuição da energia elétrica devido aos novos equipamentos serem mais modernos

Atividades de Pesquisa e Aprofundamento

1. Pesquise sobre a expectativa de vida das pessoas atualmente e as previsões para o futuro. Após sua pesquisa, responda: é possível que alguém nascido nessa década possa estar vivo quando o planeta tiver 10 bilhões de habitantes?
2. Como os conhecimentos científicos contribuem para o aumento da expectativa de vida?
3. As ciências podem garantir que se possa viver mais e melhor?
4. O ouro é um metal nobre, bom condutor de eletricidade. Pesquise sobre a utilização do ouro como condutor em circuitos elétricos.
5. O quanto de ouro é minerado no Brasil? O quanto é utilizado em dispositivos eletrônicos? Vale a pena do ponto de vista ecológico?
6. De que maneira as comunidades ribeirinhas são impactadas pela construção de usinas hidrelétricas?
7. Volte ao texto, na fotografia da indígena Tuíra dos caiapós, observe os elementos contidos na imagem e reflita sobre o que vê. Responda, por que esta fotografia é tão impactante? Que tipo de conflito está sendo retratado? Como relacioná-lo ao conteúdo estudado?
8. De que maneira podemos aprender a preservar a natureza com os povos originários? Faça uma breve pesquisa sobre o pensador indígena Ailton Krenak e cite algumas reflexões ele tem feito sobre o Antropoceno.
9. Discuta com seus colegas sobre o tema acima e proponha uma alternativa a construção de hidrelétricas que possam gerar o mínimo de impacto social e ambiental.
10. O que é Transição Energética?
11. Pelo que parece todas as fontes de energia geram algum tipo de impacto danoso seja de ordem política, econômica, social ou ambiental, então como os países devem escolher a melhor forma de produzir energia elétrica com o menor impacto possível?
12. A substituição da frota veicular que usa derivados de petróleo (combustível fóssil) por carros movidos a eletricidade é uma proposta para redução dos gases poluentes. Mas de onde virá essa energia elétrica que abastecerá os carros?
13. Que tipos de impactos sociais, econômicos e ambientais a produção de energia eólica envolve?
14. A passagem de corrente elétrica nos condutores produz um efeito térmico, geração de calor. Esse é um aspecto bom ou ruim quando se fala em eficiência energética? Justifique sua resposta.
15. A partir dos conhecimentos adquiridos, explique os elementos da eletrodinâmica que estão representados na ilustração a seguir.



16. A partir dos seus conhecimentos e do webdoc “Sirius”, explique a importância de investimento em pesquisas relacionadas à estrutura da matéria para melhorar a eficiência energética, de produção alimentar e medicamentos para o futuro da humanidade.

Assista ao webdoc Sirius pelo link a seguir:

<https://www.youtube.com/watch?v=d8g6min0cRQ&t=4s>



Era uma casa muito sem graça, não tinha circuito, não tinha nada!



O sonho da casa própria é um dos maiores objetivos de vida de muitas pessoas. Segundo o IBGE em dados divulgados em dezembro de 2023, são mais de 64% de domicílios próprios no Brasil. Políticas públicas de financiamentos buscam há anos aumentar esse percentual.

Mas quando se pensa em casa própria, o que primeiro se planeja, o que primeiro vem à mente? Segurança, gastos, lazer, localização, saneamento? Se você mora em casa própria (dos seus pais/responsáveis) ou de aluguel faça esse exercício mental: quando você puder ter sua casa própria, o que ela precisará ter para ser dos seus sonhos?

Ouso dizer que você não pensou na capacidade e segurança elétrica. Não é de se espantar, esses “detalhes” técnicos costumam ser tratados pelos engenheiros, construtoras, mestres de obra, empreiteiros, etc. Mesmo quando o imóvel está na planta, essas características não chegam até nós.

Mas fique sabendo que o circuito elétrico residencial ou industrial é pensado juntamente com toda a estrutura, lá no alicerce o aterramento já está presente. As tubulações, conexões, tomadas, interruptores, lâmpadas, bem como suas quantidades, dimensões, qualidade, tudo faz parte do projeto elétrico.

Uma residência precisa de uma quantidade mínima de tomadas, interruptores bem posicionados, disjuntores que não desarmem (salvo em situações de risco) e outros fatores, que só podem ser alcançados através de um bom projeto elétrico.

Não se trata apenas de conforto e eficiência, mas também existem requisitos de segurança a serem atendidos, que podem ser conferidos nas normas NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão e na NR10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade (Projetando Elétrica, 2024).

Pense na sua casa, quantas tomadas têm em cada cômodo? Suas posições parecem aleatórias? Quando alguém liga o chuveiro elétrico enquanto outros equipamentos elétricos também estão ligados, você percebe alguma oscilação na intensidade da luz das lâmpadas, por exemplo? O disjuntor “cai” com frequência? Já reparou em sua conta de luz se lá está escrito monofásica, bifásica ou trifásica? O que isso significa? Aliás, o que é uma NBR???

As Normas Brasileiras (NBR) são instruções técnicas proferidas por profissionais e pesquisadores de determinada área e que são aprovadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que devem ser seguidas na execução de quaisquer projetos.

Por exemplo, a NBR 5410 tem mais de 200 páginas e orienta como deve ser executado o projeto elétrico de baixa tensão (1000 V em tensão alternada e 1500 V em tensão contínua no país) de casas, prédios, comércios, indústrias e agropecuária.

A norma foi estabelecida para assegurar a qualidade nas instalações, sem oferecer riscos para os trabalhadores, moradores e animais, proporcionando uniformidade entre as instalações e sistemas elétricos (Projetando Elétrica, 2024).

Os benefícios vão desde a economia de energia até segurança.

- Correto dimensionamento dos materiais utilizados, evitando gastos desnecessários.
- Prevenção contra choques acidentais, principalmente nas áreas molhadas.
- Evitar quedas de energia e desarme do disjuntor devido a sobrecargas.
- Pontos de tomada e interruptores distribuídos de forma eficiente.
- Prevenção contra surtos na tensão elétrica, como raios e sobretensões.
- Dimensionamento conforme as necessidades do cliente/imóvel.
- Correto cálculo de consumo de energia, evitando o mau funcionamento de equipamentos eletroeletrônicos ou gastos desnecessários nas contas de luz.

O projeto começa com a planta baixa (arquitetônica), em que se tem os cômodos e suas dimensões como ilustrado na figura 1. Em seguida se sobrepõe, ou seja, coloca-se por cima da planta baixa a localização de todos os pontos elétricos (tomadas, lâmpadas, fiação, quadro de luz), como ilustrado na figura 2.

Para dar continuidade tem-se que ter em mãos o cálculo da demanda que atenda às necessidades dos clientes, que é a previsão de cargas (somatório das potências dos equipamentos do projeto) e, por fim, um diagrama (esquema do circuito) com sua simbologia própria encerram o projeto elétrico residencial.

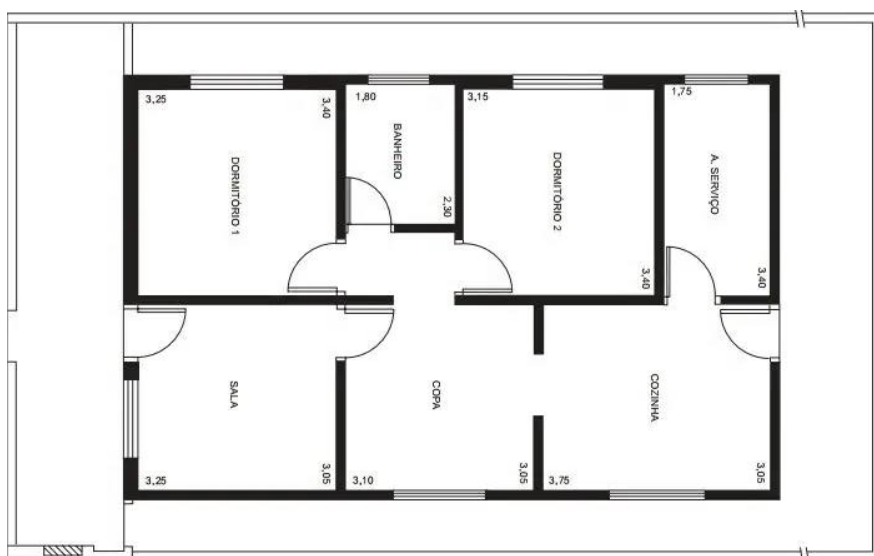


Figura 1. Planta baixa para uma residência de 70 m². Saber Elétrica.

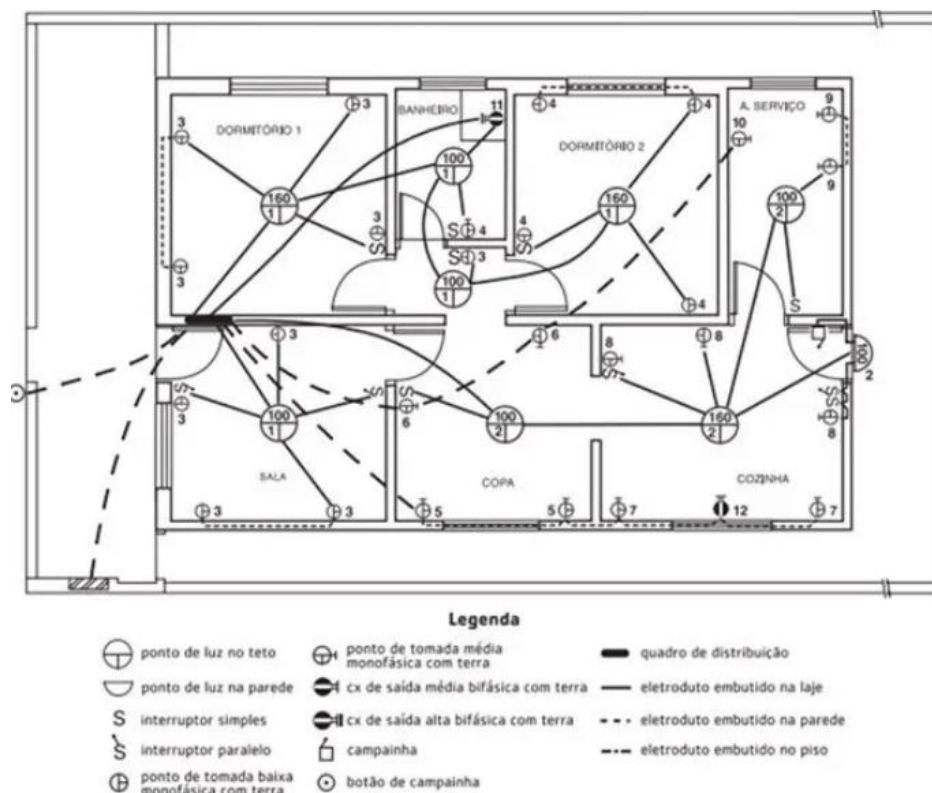


Figura 2. Diagrama representando todos os eletrodutos com sua respectiva legenda. Saber Elétrica.

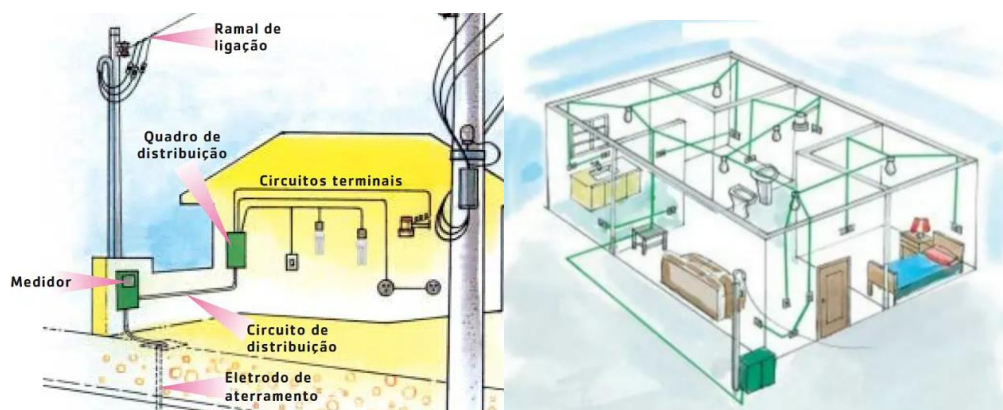


Figura 3. a) Representação das ligações elétricas externas. b) internas. Saber Elétrica.

O projeto elétrico nada mais é do que um circuito elétrico residencial definido como o conjunto de pontos (luz e tomadas) conectados por condutores que são ligados ao mesmo dispositivo de proteção (disjuntor). O ideal é que circuitos simples fiquem com até 10A de corrente, sendo que em 127V a potência é de 1270VA e em 220V a potência é de 2200 VA (Projetando Elétrica, 2024).

O volt-ampère (VA) está designado como unidade de medida da potência elétrica utilizada em projetos elétricos, entretanto é mais comum ser representada pelo watt (W). Todos os equipamentos elétricos que têm em sua casa (você pode verificar em etiquetas,

selos, manuais, impressões) apresentam inscrições que indicam a potência elétrica consumida quando ligados à rede elétrica, por exemplo, (15W - 220V).



Figura 4. Inscrições das capacidades elétricas em um carregador de celular (ddp, corrente, frequência e potência elétrica).

Se liga na história!

Você sabe o que é o *watt*?

Watt é o nome dado à unidade de medida (no SI) da grandeza que mede a **potência (P)**. Foi assim chamada em homenagem ao matemático e engenheiro britânico James Watt (1736-1819).

A potência elétrica pode ser entendida como a “rapidez” com se consome energia. É a medida da energia elétrica consumida por qualquer aparelho elétrico. A partir da potência dos equipamentos e do seu tempo de funcionamento podemos estimar a quantidade de energia elétrica consumida.

A potência dos equipamentos é tão importante em um projeto elétrico que deve ser estimado o seu somatório, a previsão de cargas antes do dimensionamento e aquisição das tomadas, fiação, etc. A NBR 5410 traz uma série de instruções quanto a esse procedimento, vejamos alguns itens:

- O projeto deve possuir, no mínimo, quatro circuitos terminais: um para iluminação, um para os pontos de tomada e dois para os circuitos independentes.
- Nos circuitos de iluminação, dividir as cargas em dois circuitos mesmo sendo pequena a potência de cada um, pois, não é necessário desligar toda a iluminação em caso de defeito ou manutenção.

- É recomendável separar os circuitos de iluminação e de força em todos os tipos de edificações e aplicações. Uma vez que, dessa forma, um circuito não será afetado pela falha do outro caso ocorra um defeito em um deles.
- A corrente de projeto do circuito comum (iluminação + tomadas) não deve ser superior a 16A.
- Os pontos de iluminação não devem ser alimentados em sua totalidade por um só circuito caso esse circuito seja comum (iluminação + tomadas).
- Os pontos de tomadas não podem ser alimentados em sua totalidade por um só circuito caso esse circuito seja comum (iluminação + tomadas).
- Nos casos em que iluminação e tomadas são separadas, um circuito de iluminação deve ter seção mínima de 1,5 mm² e um circuito de tomada deve ter seção mínima de 2,5 mm².

Cada cômodo deve ter um mínimo de tomadas estipulado pelas suas dimensões, área ou fração de perímetro, por exemplo:

- Cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias: um ponto de tomada para cada 3,5 m, com duas tomadas sobre a bancada da pia.
- Salas e dormitórios: um ponto de tomada a cada 5 m, espaçados uniformemente.

No caso das salas de estar deve-se atentar para a possibilidade de que um ponto de tomada possa ser utilizado para alimentação de mais de um equipamento, sendo recomendável equipá-lo com a quantidade de tomadas julgada adequada para minimizar a possibilidade de uso de tês.

- Demais cômodos: um ponto de tomada se sua área for igual ou inferior a 2,25 m², posicionado externamente a até 0,80 m de sua porta de acesso.

Você consegue perceber como não há aleatoriedade em como estão distribuídas as tomadas em sua casa? E as “previsões” (aquilo que foi pensado detalhadamente) não param por aí: a potência a ser atribuída a cada ponto de tomada é função dos equipamentos que ele poderá vir a alimentar e não deve ser inferior a alguns valores mínimos.

Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente. Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada (Projetando Elétrica, 2024).

Até o chuveiro ganha recomendação própria, após conhecer sua potência elétrica (quantidade de energia consumida pelo aparelho que está diretamente relacionada à sua

capacidade de aquecimento da água), é preciso dimensionar corretamente o circuito elétrico para suportar essa carga que é a maior dentre os equipamentos de uso cotidiano. Esse processo envolve o cálculo das correntes, a escolha dos disjuntores e a seleção do fio adequado.

Ufa, quantos detalhes! Dá até uma canseira em pensar na quantidade de tomadas, espessura de fios e a potência de cada equipamento elétrico dentro de uma simples casa, mas, sem esses detalhes todos, os riscos com acidentes elétricos (choques, incêndios, sobrecargas) podem ser incalculáveis.

Entretanto os desafios não param por aí, fora de casa os detalhes também importam muito. Os chamados “gatos” na rede elétrica (ligações clandestinas, desvios ou manipulação indevida de relógios medidores) além de somarem prejuízos às concessionárias de energia elétrica e perdas de arrecadação de impostos, oferecem riscos elevados em acidentes elétricos.



Figura 5. Poste de luz com emaranhados de fios de alta tensão. Gato na rede elétrica. Foto: André Ramalho.

Segundo dados da ANELL (Agência Nacional de Energia Elétrica), os furtos de energia no Brasil chegaram a 15 % em 2022. Isso significa que ajustes são feitos para o ciclo tarifário seguinte aos dados, a agência recalcula as tarifas para cada distribuidora de forma a aumentar os valores para os demais consumidores.

Além de que os “gatos” são crimes, se enquadram em furto ou estelionato, artigos 155 e 171 do código penal, onde as penas incluem reclusão e multa:

Pode responder pelo crime de furto de energia elétrica (subtração para si de coisa alheia móvel) quem realizar a conduta de puxar ou desviar a energia elétrica de sua fonte natural, ou seja, quem faz uma ligação clandestina diretamente da rede elétrica e evita ou não deixa que a energia seja mensurada pelo medidor (relógio) da concessionária local (“gato na rede”).

Obter, para si ou para outrem, vantagem ilícita, em prejuízo alheio, induzindo ou mantendo alguém em erro, mediante artifício, ardil, ou qualquer outro meio fraudulento.

Engana-se quem pensa que os principais responsáveis por essa prática são os residentes das periferias e comunidades. Em ação realizada pela Polícia Civil e Enel de São Paulo ocorrida em fevereiro deste ano (2024), foi constatado que 74% das fraudes eram do comércio, 19% da indústria e apenas 7% residenciais, em áreas nobres e de classe média (ENEL).

Referência Bibliográficas

GOMES, Irene. Agência de notícias - IBGE. **Domicílios próprios predominam**. 06 de dez. de 2023. Disponível em:

<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/38544-domicilios-proprios-predominam-mas-13-5-deles-nao-tem-documentacao#:~:text=Cerca%20de%2064%2C6%25%20da,menor%3A%2064%2C2%25>>. Acessado em: 05 de abr. de 2024.

Projetando Elétrica. **O que é um projeto elétrico residencial**. Disponível em: <<https://www.projetandoeletrica.com.br/entendendo-o-que-e-um-projeto-eletrico-residencial/>>. Acessado em: 05 de abr de 2024.

_____. Diferença entre uma instalação monofásica, bifásica e trifásica.

_____. Potência e dimensionamento do chuveiro.

_____. Como fazer o levantamento de cargas elétricas.

_____. NBR 5410. Instalações elétricas de baixa tensão.

_____. Sistema de aterramento elétrico.

RUDDY, Gabriela. EPBR. **Quase 15% da energia elétrica do Brasil é furtada**. 23 de out. de 2023. Disponível em:

<<https://epbr.com.br/gato-de-energia-eletrica-qual-o-tamanho-do-problema-e-o-impacto-na-conta-de-luz/>>. Acessado em 08 de abr. de 2024.

PUPULIM, Pedro. CNN. **Maior ocorrência de “gatos” de energia é em regiões da classe média**. 11 de mar. de 2024. Disponível em:

<<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/maior-ocorrencia-de-gatos-de-energia-e-em-regioes-de-classe-media-diz-enel/>>. Acessado em 12 de abr. de 2024.

Verificação de Leitura

1. A pesquisa do IBGE divulgada em 2023, aponta que a maioria das pessoas escolhem a casa própria levando em consideração:
 - a) localização
 - b) segurança
 - c) custo
 - d) nenhuma das anteriores
2. Verdadeiro ou Falso:
() O sistema de aterramento de uma edificação é o último processo a ser realizado.
3. Quem determina as características técnicas para a construção de uma casa?
 - a) Mestre de obras
 - b) Construtora
 - c) Engenheiro
 - d) Associação Brasileira de Normas Técnicas
 - e) Cliente/proprietário
4. A quantidade de tomadas de um cômodo deve ser:
 - a) 2,5
 - b) 6
 - c) 5
 - d) depende
5. “Gatos” são uma prática criminosa que:
 - a) reduz os gastos com energia elétrica
 - b) impede fuga de corrente
 - c) aumenta lucros
 - d) aumentam tarifas
6. Segundo o texto, quem mais pratica “gatos” na rede elétrica são:
 - a) pobres e analfabetos
 - b) residentes de periferia e comunidades
 - c) comerciantes
 - d) eletricitas

Atividade de Pesquisa e Aprofundamento

1. O texto indica que o projeto elétrico de uma casa deve ter pelo menos 4 circuitos elétricos terminais: um para iluminação, um para os pontos de tomada e dois para os circuitos independentes. Isso é um indicativo de que o circuito residencial é qual tipo (série ou paralelo)? Quais suas características?
2. Faça uma estimativa da carga elétrica (somatório das potências dos equipamentos) de sua casa.
3. Quais dos equipamentos/dispositivos elétricos que você tem em casa gera mais gasto de energia? Justifique sua resposta.
4. Quais consequências a prática mostrada na figura acarretam? Justifique sua resposta. Responda em termos de potência, tensão, resistência e corrente elétrica.



5. Apesar do texto trazer a informação de que são os comerciantes de áreas nobres ou classe média os que mais praticam “gatos”, o senso comum indica que essa prática é mais recorrente em comunidades periféricas. A que pode ser atribuída essa falácia?
6. Por que a espessura (área de seção reta dos fios) deve ser levada em consideração para o correto dimensionamento dos circuitos elétricos residenciais?
7. Qual a diferença entre tensão alternada e contínua? O que Nikola Tesla tem a ver com isso?
8. Aparelhos eletrônicos desligados, mas em modo standby, continuam gerando gastos de energia elétrica? Justifique sua resposta.
9. Imagine que na sua casa utiliza-se um chuveiro com as seguintes especificações: (3300 W - 220 V) e nunca apresentou problemas quando em funcionamento. Seus pais resolveram trocá-lo por um mais moderno e potente cujas especificações são: (7700 W - 220 V). Porém, toda vez que a ducha nova é ligada o disjuntor desarma.

A partir da situação descrita, responda:

- a) Indique os motivos para o desarme do disjuntor.
 - b) Aponte possíveis soluções para resolver o problema do desarme do disjuntor para poder utilizar a ducha nova.
 - c) O que significa uma ducha “mais potente”?
10. Faça o esboço de uma planta baixa da casa dos seus sonhos. Indique no seu desenho, use como referência as figuras de 1 a 3 do texto:
- a) Onde ficará o quadro de luz.
 - b) Indique a localização das tomadas e as lâmpadas para todos os cômodos.
 - c) Faça uma estimativa dos equipamentos elétricos que pretende ter com suas respectivas potências. Em seguida, faça o cálculo da carga elétrica.
 - d) De posse dessa informação diga se sua casa será mono, bi ou trifásica.
 - e) Que características o disjuntor da sua casa deve ter?
 - f) Estime quantos metros de fiação será necessário?
 - g) Quais inovações sua casa poderia ter para ser mais econômica e ecologicamente viável quanto aos gastos na construção e no consumo de energia elétrica?

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que o produto educacional aplicado segundo a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos pode contribuir com uma aprendizagem consoante com as propostas atuais da Educação Básica, os indícios de aprendizagem encontrados nas atividades de pesquisa e aprofundamento realizados pelos estudantes são: compreender as Ciências como ferramenta para agir no mundo, produzir significados em contextos diversos para enfrentar questões de vida em sociedade, pensar o mundo cientificamente, expressar em linguagem própria das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, conhecimento conceitual da Física, especificamente da Eletrodinâmica, contextualização histórica, social e cultural com ênfase nas aplicações de conhecimento científico e tecnológico, e nas implicações éticas, sociais, econômicas e ambientais.

O desenvolvimento dos conteúdos extrapolou a mera memorização de equações e resolução de exercícios repetitivos, houve o desenvolvimento de habilidades procedimentais e atitudinais que envolvem valores e postura ética com valorização do contexto sociocultural, desenvolvimento de competências cognitivas e sociais, um ensino voltado para uma formação integral crítica e contextualizada dos alunos.

A compreensão da Eletrodinâmica nos seus aspectos CTSA incentiva iniciativas e ações dos alunos que levam ao desenvolvimento de uma postura ética, socialmente comprometida e de responsabilidade social, uma perspectiva libertadora, emancipatória e crítica como pretendia Paulo Freire.

Com esta proposta foi possível perceber o potencial que se tem para desenvolver este tipo de material abrangente em seus objetos de estudo que se interrelaciona com diferentes dimensões do conhecimento e pode contribuir para formação integral dos alunos. Uma aprendizagem coerente com as propostas atuais da Educação Básica que aponta possibilidades de caminhos para transformação no ensino de Física para além de meras resoluções de exercícios e contribuir para uma aprendizagem de qualidade da Física.

A discussão de questões sobre os impactos da ciência na sociedade, em sala de aula, ameniza algumas ideias ingênuas sobre as ciências, por exemplo, a de que a ciência é dotada de todas as respostas certas e absolutas, ou de que está distante da vida cotidiana, mais próxima das ficções cinematográficas.

Numa época marcada por muitos questionamentos, às vezes exagerados e mal-informados sobre as ciências, apresentar uma visão contextualizada, problematizadora, crítica e dialógica se mostra urgente e necessário.

Ao assumir a CTSA como referência dos saberes escolares e como cenário de aprendizagem do qual os problemas e questões sociais significativas surgiriam como temas a serem investigados, concretizados no material didático defendido nesta dissertação, conclui-se que este produto educacional contribuiu para a aprendizagem em Eletrodinâmica de forma satisfatória, atendendo às expectativas de um ensino freiriano sob a ótica CTSA. Portanto, entende-se que a proposição de um ensino problematizador, crítico, contextualizado, dialógico e que faça parte da realidade imediata dos alunos torna os saberes ensinados dotados de sentido para este aluno, na medida em que possam ser mobilizados em contextos fora dos muros escolares, dentro de suas casas.

Quanto a ensinar Eletrodinâmica sob a perspectiva CTSA a partir do produto educacional, foi uma experiência inovadora para a professora e inédita para os alunos. O desenvolvimento dos textos foi um grande desafio que permitiu promover reflexões que envolvem a dimensão social e crítica das ações educativas e do próprio conteúdo científico a ser estudado. Observar os alunos empolgados, fazendo mil perguntas foi estimulante, além de romper com a monotonia que muitas aulas encerram. O suprassumo desta experiência ocorreu quando um grupo de alunos perguntou quando os textos para estudar os conteúdos do 3º bimestre seriam enviados.

Um aspecto a ser levado em consideração na aplicação deste produto educacional é que o segundo Momento Pedagógico poderia ter duas aulas ao invés de apenas uma. Uma aula para conceituação física e outra para resolução de exercícios. Recorda-se que a avaliação foi do tipo formativa e contínua durante todo o período de aplicação do produto educacional. Como de costume, nesta escola, houve uma semana de revisão de conteúdo após a aplicação do produto educacional a partir da resolução de exercícios o que não comprometeu os objetivos deste produto educacional e nem da própria escola.

Por fim, espera-se que trabalhos como este possam fomentar visões menos “enlatadas” da ciência e que possa inspirar outras práticas de ensino em outras áreas da Física, talvez mais urgente, a chamada Física de Fronteira

(Moderna e Contemporânea) que despertam tanto interesse nos alunos e ganham cada vez mais espaço em séries e filmes, mas ainda não como carreira a seguir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. **Avaliação e melhoria da aprendizagem em Física**. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa. *et al.* Ensino de Física. 1ª ed. São Paulo: Cenage Learning, p. 141-158, 2018.

ALVES, Vera Regina Oliveira. **Tendências educacionais**: concepção histórico-cultural e teoria histórico-crítica. Santa Catarina: LEFIS. UFSC, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – Ensino Médio**. Brasília, 2018.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB**. 9394/1996.

_____. **PNLD 2021**: ciências da natureza – guia de livros didáticos – ensino médio. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2021. Disponível em: https://pnld.nees.ufal.br/pnld_2021_didatico/componente-curricular/pnld-2021-obj2-ciencias-natureza-suas-tecnologias. Acesso em: 1 out. 2023.

DELIZOICOV, Demétrio. **Problemas e Problematisações**. In: PIETROCOLA, M. (Org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, p. 125-150, 2001.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: 2002.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Física**. MEC – Ministério da Educação. Secretaria de Ensino de 2º grau. Parte Integrante do projeto Diretrizes Gerais para o Ensino de 2º grau, Núcleo Comum, São Paulo: Convênio MEC/PUC SP, 1988.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários a prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2004.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 18.ed. São Paulo: Paz e Terra, 1987.

MOREIRA, Marco Antonio. **Desafios no ensino da física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, n. suppl 1, Rio Grande do Sul, 2021.

RICARDO, Elio Carlos. **Educação CTSA**: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. Ciência e Ensino. Vol. 1. n. especial, novembro, 2007.

RICARDO, Elio Carlos. **Problematização e contextualização no Ensino de Física**. In. CARVALHO, Anna Maria Pessoa (Org). et al. Ensino de Física. 1ª ed. São Paulo: Cenage Learning, p. 29-51, 2018.