



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**COORDENAÇÃO DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA**

**FRANCISCO JONATAN DE MORAES RAFAEL**

**ENSINO DA LEI DE FARADAY E APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS:  
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM FOCO EM FONTES DE ENERGIA  
RENOVÁVEIS**

**FORTALEZA**

**2025**

FRANCISCO JONATAN DE MORAES RAFAEL

ENSINO DA LEI DE FARADAY E APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS: UMA  
SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM FOCO EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao  
Curso de Licenciatura em Física da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial à obtenção do título de Licenciado em  
Física.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso  
Cavalcante Freire

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R124e Rafael, Francisco Jonatan de Moraes.

Ensino da Lei de Faraday e Aprendizagem Baseada em Projetos : Uma sequência didática com foco em fontes de energia renováveis / Francisco Jonatan de Moraes Rafael. – 2025.  
85 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire .

1. Lei de Faraday . 2. energias renováveis . 3. aprendizagens significativas . I. Título.

CDD 530

---

FRANCISCO JONATAN DE MORAES RAFAEL

ENSINO DA LEI DE FARADAY E APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS: UMA  
SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM FOCO EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao  
Curso de Licenciatura em Física da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial à obtenção do título de Licenciado em  
Física.

Aprovada em: 23/07/2025.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Ricardo Rodrigues de França Bento  
Universidade Federal do Ceará (UFMT)

---

Prof. Dr. Sanclayton Geraldo de Carvalho Moreira  
Universidade Estadual do Ceará (UFPA)

A Deus.

Aos meus pais, minha namorada Alana e meus amigos que sempre me apoiaram.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe Adriana e ao meu pai Jones por todo o carinho e apoio ao longo de toda a minha caminhada na graduação.

Ao Prof. Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire, pela excelente orientação.

Aos meus amigos Pedro Henrique, Ângelo, caíque, Antônio Nogueira e Bruno pela amizade de tantos anos e por estarem ao meu lado em todos os anos na faculdade.

A minha namorada Alana por todo carinho e apoio que me deu em momentos difíceis.

Aos colegas da turma de graduação, especialmente, Gleydson, Guilherme,

Yasmine, Lucas, Davi, Yago e Wesley com quem compartilhei momentos especiais ao longo de toda essa jornada.

“Educar é impregnar de sentido o que fazemos a cada instante” (Freire, 2005).

## RESUMO

Este trabalho propõe uma sequência didática para o ensino da Lei de Faraday. O público-alvo são alunos do 2º ou 3º ano do ensino médio. A proposta fundamenta-se na metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP). Esta sequência busca promover uma aprendizagem significativa ao relacionar conceitos físicos com problemas reais, como a falta de energia elétrica em algumas comunidades rurais, estimulando a reflexão, investigação e aplicação prática dos conhecimentos. A proposta é organizada em seis aulas que envolvem desde a sensibilização dos alunos para o problema social da energia, passando pelos fundamentos teóricos da indução eletromagnética, até a construção e apresentação de protótipos funcionais baseados em fontes de energia renováveis. Os estudantes trabalham em grupos para debater ideias, pesquisar, planejar, construir e apresentar soluções práticas que relacionam a teoria da Lei de Faraday com a geração sustentável de energia elétrica. A abordagem adotada visa favorecer o desenvolvimento de competências científicas e técnicas, além de incentivar o pensamento crítico, o trabalho colaborativo e a conscientização sobre a importância da sustentabilidade energética. A proposta promove o diálogo entre teoria e prática, por meio de experimentos, recursos multimídia e atividades investigativas, contribuindo para a formação integral dos alunos e a contextualização do ensino de Física. Dessa forma, o trabalho proposto alinha-se com as competências gerais da BNCC e específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Além disso, promove o desenvolvimento de habilidades específicas incluindo a análise de impactos ambientais, a avaliação de fontes de energia sob a perspectiva da sustentabilidade, a realização de experimentos que conectem teoria e prática e o uso de recursos tecnológicos para aprofundar a aprendizagem.

**Palavras-chave:** Lei de Faraday; energias renováveis; aprendizagens significativas.

## ABSTRACT

This work proposes a teaching sequence for Faraday's Law. The target audience is upper secondary school students. The proposal presented in this paper is based on the Project-Based Learning (PBL) methodology. This sequence seeks to promote meaningful learning by relating physical concepts to real-world problems, such as the lack of electricity in some rural communities, stimulating reflection, investigation, and practical application of knowledge. The programme is organized into six classes, ranging from raising students' awareness of the social issue of energy, to the theoretical foundations of electromagnetic induction, and to the construction and presentation of functional prototypes based on renewable energy sources. Students work in groups to discuss ideas, research, plan, and construct and present practical solutions that connect the theory of Faraday's Law with sustainable electricity generation. The approach proposed in this project aims to foster the development of scientific and technical skills, in addition to encouraging critical thinking, collaborative work, and awareness of the importance of energy sustainability. The programme promotes dialogue between theory and practice through experiments, multimedia resources, and investigative activities, contributing to the comprehensive education of students and the contextualization of Physics teaching. Thus, the proposed work aligns with the general competencies of the BNCC and those specific to the area of Natural Sciences and their Technologies. Furthermore, it promotes the development of specific skills such as analyzing environmental impacts, evaluating energy sources from a sustainability perspective, conducting experiments that connect theory and practice, and using technological resources to deepen learning.

**Keywords:** Faraday's law; renewable energy; significant learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Organização da Educação Básica .....	27
Figura 2- Estrutura do Ensino Médio .....	30
Figura 3- Representação da Energia Gravitacional .....	44
Figura 4- Bola impulsionada por mola comprimida.....	45
Figura 5- Esquema ilustrativo de um corpo em repouso no topo de um plano inclinado .....	45
Figura 6- Ilustração de bloco caindo em uma mola, demonstrando energia cinética e potencial gravitacional .....	47
Figura 7- Ilustração do funcionamento de um bate-estacas, demonstrando a transformações da energia .....	50
Figura 8- Corrente induzida pelo movimento de um ímã através de uma espira .....	55
Figura 9- Corrente induzida pelo fechamento do circuito em uma espira próxima .....	56
Figura 10- Transformador com enrolamentos primário e secundário .....	62

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Evolução dos Resultados e Metas do IDEB para o Ensino Médio- Brasil (2007 a 2021).....	28
-----------	---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens de cada fonte de energia..... 68

Tabela 2 – Estrutura da Sequência Didática..... 70

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABP	Aprendizagem Baseada em Projetos
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CNE	Conselho Nacional de Educação
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
ONU	Organização Mundial das Nações Unidas
PNE	Plano Nacional de Educação

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área
B	Campo magnético
$\Delta E$	Varição de energia
$\Delta E_d$	Energia dissipada
$\Delta \Phi_B$	Varição do fluxo magnético
E	Energia
$E_c$	Energia cinética
$E_m$	Energia mecânica total
$E_p$	Energia potencial
$E_{pe}$	Energia potencial elástica
$E_{pg}$	Energia potencial gravitacional
f	Força
$f_d$	Força dissipativa
g	Aceleração da gravidade
h	Altura
I	Corrente elétrica
k	Constante elástica
m	Massa
N	Número de espiras
Q	Calor
R	Resistência elétrica
t	Tempo
v	Velocidade
W	Trabalho
x	Deformação da mola
$\theta$	Ângulo entre o campo magnético e a normal da área
$\Phi_B$	Fluxo magnético
$\mathcal{E}$	Força eletromotriz induzida (fem)
$\eta$	Eficiência

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO DA PROPOSTA NO CONTEXTO EDUCACIONAL BRASILEIRO</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Base Nacional Comum Curricular (BNCC)</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1.1</b>	<i>A Estrutura do Ensino Médio na BNCC</i> .....	<b>27</b>
<b>2.1.2</b>	<i>Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias</i> .....	<b>31</b>
<b>2.1.3</b>	<i>Energia Renovável e Educação Ambiental na Área de Ciências da Natureza</i> .....	<b>35</b>
<b>3</b>	<b>ENSINO DE FISICA NO BRASIL E APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS</b> .....	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>Aprendizagem Baseada Em Projetos (ABP)</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1.1</b>	<i>Funcionamento da Aprendizagem Baseada em Projetos</i> .....	<b>38</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Energia</b> .....	<b>40</b>
<b>4.1.1</b>	<i>Energia mecânica</i> .....	<b>42</b>
<b>4.1.2</b>	<i>Energia Potencial</i> .....	<b>43</b>
<b>4.1.3</b>	<i>Energia Cinética</i> .....	<b>46</b>
<b>4.1.4</b>	<i>Princípio da Conservação da Energia</i> .....	<b>50</b>
<b>4.2</b>	<b>Produção de Energia Elétrica</b> .....	<b>53</b>
<b>4.2.1</b>	<i>Gerador Elétrico e Lei de Faraday</i> .....	<b>53</b>
<b>4.2.1.1</b>	<i>Fluxo magnético</i> .....	<b>54</b>
<b>4.2.1.2</b>	<i>Lei de Lenz</i> .....	<b>59</b>
<b>4.2.1.3</b>	<i>Como Funciona Um Gerador de Energia Elétrica</i> .....	<b>60</b>
<b>4.2.1.4</b>	<i>O que é um transformador elétrico?</i> .....	<b>62</b>
<b>4.3</b>	<b>Fontes de Energia</b> .....	<b>64</b>
<b>4.3.1</b>	<i>Fontes de Energia no Brasil</i> .....	<b>69</b>
<b>5</b>	<b>PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	<b>70</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>79</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto do ensino médio no Brasil, a disciplina de Física ainda enfrenta inúmeros desafios, principalmente no que se refere à promover uma aprendizagem significativa, que vá além da simples memorização de fórmulas e conceitos abstratos. A abordagem tradicional, centrada na exposição teórica e descolada da realidade dos estudantes, contribui para a desmotivação e para a percepção da Física como uma disciplina distante e inacessível. Soma-se a isso a baixa valorização da disciplina, a ausência de recursos didáticos adequados, a limitação da formação específica de muitos professores e a falta de articulação entre teoria e prática. Diante desse cenário, torna-se urgente a adoção de metodologias que favoreçam a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem, aproximando o conteúdo científico das vivências e necessidades concretas da sociedade, como defendem Moreira (2011) e Bacich et al. (2015). Segundo Ausubel:

Se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos. (Ausubel, 1980)

Ou seja, para Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento se ancora em saberes prévios, estabelecendo conexões cognitivas que tornam a informação mais duradoura e compreensível. Em outras palavras, para que o aprendizado seja mais longo e não apenas decorado e rapidamente esquecido, é essencial que os novos conhecimentos se conectem nas experiências, conhecimentos prévios e vivências do aluno. De forma semelhante, Moreira afirma que:

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva. (Moreira, 2010, p. 2)

Tais fundamentos reforçam a importância de propostas pedagógicas que mobilizem os

conhecimentos dos alunos e permitam que eles se tornem protagonistas na construção do saber. Considerando essas premissas, o presente trabalho propõe uma sequência didática fundamentada na metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), com o objetivo de ensinar conceitos relacionados à Lei de Faraday e suas aplicações práticas no funcionamento de geradores, transformadores e na produção de energia elétrica, ressaltando a importância do uso de fontes renováveis que minimizem os impactos ambientais. A proposta parte de uma situação-problema real: Como garantir uma fonte de energia elétrica sustentável e de baixo custo para comunidades que não possuem acesso constante à rede elétrica? A partir dessa questão, os estudantes são desafiados a construir um protótipo funcional de gerador elétrico utilizando princípios físicos estudados e recursos acessíveis, com base em alguma fonte de energia renovável, como solar, eólica, hídrica ou manual. Promovendo a consciência ambiental e o protagonismo juvenil, como defendido por Loureiro (2012).

Essa metodologia visa superar os modelos tradicionais de ensino, favorecendo o protagonismo dos alunos e a construção de significados a partir de suas experiências. A sequência didática está estruturada de forma que permita articular conteúdos teóricos com atividades práticas e experimentais, promovendo a investigação, a colaboração e a resolução de problemas. O papel do professor, nesse contexto, é o de mediador, organizando o processo de aprendizagem de modo a facilitar a ancoragem dos novos conhecimentos. Essa abordagem não apenas transmite conhecimento, mas também estimula o pensamento crítico, a criatividade e o protagonismo dos alunos. Além disso, a proposta dialoga com a visão de Delizoicov, Angotti e Machado (2002).

Delizoicov, Angotti e Machado (2002), em sua obra “Ensino de Ciências: fundamentos e métodos”, defendem que a experimentação no ensino de Ciências não deve ser tratada como uma simples verificação de teorias já conhecidas ou como uma atividade meramente ilustrativa. Para eles, a experimentação deve ser um instrumento de investigação e construção do conhecimento, promovendo o desenvolvimento do pensamento crítico e a formação cidadã dos estudantes. Defendem, ainda, que a prática experimental deve estar vinculada à problematização de situações reais do cotidiano dos alunos, sendo parte de um processo de construção do conhecimento científico.

Além de favorecer a compreensão da Lei de Faraday e de fenômenos relacionados a ela, a proposta contribui para a formação cidadã dos estudantes, abordar temas como fontes de energia renováveis nas escolas é fundamental para promover a consciência ambiental e a responsabilidade social entre os alunos. Em um cenário global marcado pelas mudanças climáticas e pela busca por soluções sustentáveis, discutir alternativas energéticas limpas e

renováveis permite que os estudantes compreendam a importância da preservação dos recursos naturais e da redução dos impactos ambientais causados por fontes não renováveis, como o petróleo e o carvão. Além disso, refletir sobre soluções energéticas sustentáveis torna o ensino mais atual, contextualizado e socialmente relevante, despertando o interesse dos alunos ao mostrar a aplicação prática dos conteúdos aprendidos. Como ressaltam Fracalanza e Amaral (1995), ao defenderem a importância de um ensino de Ciências contextualizado, voltado para a formação crítica e cidadã. Dessa forma, a proposta busca integrar conteúdos curriculares com problemas reais estratégias ativas de aprendizagem, promovendo um ensino de Física mais significativo, contextualizado e conectado com as demandas da sociedade contemporânea.

Para fundamentar essa proposta de intervenção pedagógica, o presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. No primeiro capítulo, discute-se o contexto educacional brasileiro, abordando os principais documentos legais e normativos que orientam o ensino, como a Constituição Federal de 1988, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), o Plano Nacional de Educação (PNE), as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com especial atenção à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

O segundo capítulo analisa os desafios e potencialidades do ensino de Física no Brasil, discutindo a importância da disciplina para a formação científica e cidadã dos estudantes e apresentando a metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) como alternativa às práticas tradicionais. Também se examina o funcionamento e os fundamentos pedagógicos dessa abordagem ativa, destacando sua pertinência para o ensino de Física.

No terceiro capítulo, é apresentado o referencial teórico necessário à compreensão dos conceitos de energia, energia mecânica, energia potencial e cinética, conservação da energia, fluxo magnético, geradores e transformadores elétricos, além de fontes de energia renováveis. Esses conceitos constituem a base física indispensável para a proposta didática.

O quarto capítulo apresenta a sequência didática elaborada, estruturada em seis aulas, que articulam teoria e prática por meio de atividades investigativas, experimentais e colaborativas. A sequência é orientada por uma situação-problema real e visa à construção de protótipos de geração de energia com base em fontes renováveis, utilizando os princípios da Lei de Faraday.

Por fim, o quinto capítulo traz a conclusão do trabalho, destacando os principais resultados esperados da aplicação da proposta e as contribuições pedagógicas para o ensino de Física, especialmente no que se refere à promoção da aprendizagem significativa, ao

desenvolvimento do pensamento crítico e ao fortalecimento da educação ambiental no contexto escolar.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO DA PROPOSTA NO CONTEXTO EDUCACIONAL BRASILEIRO**

Para que a sequência didática seja efetiva e esteja em consonância com as diretrizes educacionais brasileiras, é fundamental compreender o arcabouço legal e as orientações curriculares que regem o ensino no país, especialmente no contexto do Ensino Médio.

A educação ocupa um papel importantíssimo na construção de uma sociedade justa e democrática. Ela é fundamental para o desenvolvimento individual e coletivo. A educação estimula o pensamento crítico, amplia as oportunidades, diminui desigualdades sociais e é fundamental para o progresso econômico, científico e cultural de uma sociedade. Além disso, ela é imprescindível para a formação de cidadãos conscientes, justos, éticos e participativos, como destacam Freire (1987) e a LDB (Brasil, 1996), ao enfatizarem o papel transformador da educação na formação de cidadãos críticos e participativos.

No contexto brasileiro, a educação é assegurada pela Constituição Federal do Brasil como um direito de todos e dever do Estado e da família. Está prevista no artigo 205 da CRFB/88, que dispõe:

A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.  
(Brasil, 1988, art. 205)

Com fundamento nesse dispositivo constitucional, o Brasil estruturou um amplo sistema educacional que inclui diferentes etapas, modalidades e níveis de ensino, coordenados entre as diferentes esferas de governo e guiados por normas legais e orientações nacionais. A estrutura educacional representa uma conexão articulada entre a União, Estados, Distrito Federal e Municípios, cada um com responsabilidades compartilhadas no planejamento, financiamento e execução das políticas públicas educacionais. Essa estrutura tem como objetivo assegurar a diversidade cultural, regional e social do país, garantindo o funcionamento de instituições públicas e privadas em diferentes contextos. (CF/1988, art. 211; LDB/1996, art. 2º).

Além de organizar a estrutura educacional, a legislação educacional vigente define as normas legais para o funcionamento das instituições de ensino, formação dos profissionais, os

currículos escolares e os instrumentos de avaliação e financiamento, documentos como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), o Plano Nacional de Educação (PNE) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) são ferramentas essenciais para garantir a qualidade, a equidade e a continuidade das políticas educacionais no país, ao promoverem a articulação entre as diferentes esferas governamentais e orientarem a implementação de ações pedagógicas coerentes com os princípios constitucionais (Brasil, 1996; 2014; 2019)

Compreender como a educação funciona no Brasil não é somente analisar cada desafio ou etapa de ensino separados, mas também pensar em como o aprendizado está acontecendo. Para manter essa estrutura educacional, existem diversos marcos regulatórios fundamentais. A Constituição de 1988, promulgada durante o processo de redemocratização do país, é o marco inicial da atual estrutura educacional. No Título VIII – Da Ordem Social, Capítulo III – Da Educação, da Cultura e do Desporto, entre os artigos 205 a 214, a Carta Magna define que a educação tem como objetivos o desenvolvimento pleno da pessoa, a preparação para o exercício da cidadania e a qualificação para o trabalho. Estabelece, ainda, princípios como igualdade de acesso e permanência na escola, liberdade de ensinar e aprender, pluralismo de ideias, gratuidade do ensino público, valorização dos profissionais da educação, gestão democrática e garantia de padrão de qualidade. Também assegura o direito à educação básica obrigatória e gratuita dos 4 aos 17 anos, atendimento especializado a pessoas com deficiência e oferta de creches e pré-escolas (Brasil, 1988).

A partir das diretrizes estabelecidas na Constituição Federal de 1988, foi sancionada, em 1996, a Lei nº 9.394, que institui a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, responsável por regulamentar o sistema educacional brasileiro (Brasil, 1996). Essa legislação foi concebida com o objetivo de operacionalizar os princípios gerais da educação definidos entre os artigos 205 e 214 da Carta Magna (Brasil, 1988). Embora a Constituição defina a educação como um direito de todos e dever do Estado e da família, além de estabelecer princípios como a igualdade de acesso, a liberdade de ensinar e aprender, a gestão democrática e a valorização dos profissionais da educação, ela não detalha os mecanismos de implementação desses direitos.

Nesse contexto, a Lei nº 9.394/1996 foi criada para estruturar o sistema educacional de forma objetiva, definindo os níveis e modalidades de ensino, os critérios para formação docente, a repartição de responsabilidades entre União, Estados e Municípios, bem como as diretrizes curriculares e a carga horária mínima. Assim, essa norma complementa a Constituição ao transformar seus princípios em parâmetros aplicáveis ao cotidiano escolar. Considera-se essa legislação como a principal referência normativa na área educacional, pois

estabelece diretrizes claras sobre currículo, avaliação, formação docente e gestão escolar.

Antes da versão atual, o Brasil teve duas versões anteriores da LDB. A primeira, sancionada em 1961, foi um marco ao reconhecer a educação como direito universal, ao estabelecer a obrigatoriedade do ensino primário e ao organizar o sistema em níveis e modalidades. A segunda, de 1971, enfatizou a formação técnica, reestruturou o ensino em primeiro e segundo graus e integrou disciplinas como Educação Moral e Cívica, Higiene e Saúde, com foco em atender às demandas do mercado de trabalho, ainda que com uma abordagem mais centralizadora e tecnicista (Saviani, 2007).

A legislação atual, sancionada em dezembro de 1996 pelo então presidente Fernando Henrique Cardoso, teve seu texto elaborado e defendido pelo professor e senador Darcy Ribeiro. A nova versão representou um avanço ao incorporar uma abordagem mais democrática, com ênfase na valorização da diversidade, na gestão participativa e na autonomia das instituições escolares. Entre suas determinações, destacam-se a carga horária mínima anual de 800 horas, as diretrizes curriculares e a instituição do Plano Nacional de Educação (Brasil, 1996; Brasil, 2014).

A organização da educação brasileira é estruturada em dois níveis: a Educação Básica, que compreende a Educação Infantil, o Ensino Fundamental e o Ensino Médio; e a Educação Superior. A legislação reconhece, ainda, diferentes modalidades de ensino, tais como a Educação de Jovens e Adultos (EJA), a Educação Especial, a Educação Profissional e Tecnológica, e a Educação a Distância (EaD), ampliando o acesso à educação para diversos públicos (Brasil, 1996).

A Educação Infantil atende crianças de zero a cinco anos, dividindo-se entre creches (zero a três anos) e pré-escolas (quatro e cinco anos). Essa etapa é gratuita e de responsabilidade dos municípios, embora não seja obrigatória. O Ensino Fundamental, por sua vez, é obrigatório, gratuito e com duração de nove anos. Os anos iniciais (1º ao 5º) geralmente ficam sob responsabilidade municipal, enquanto os anos finais (6º ao 9º) ficam a cargo dos estados. A LDB prevê que os municípios assumam progressivamente toda essa etapa, mas, na prática, os anos iniciais são ofertados majoritariamente pelos municípios, enquanto os anos finais ficam sob responsabilidade dos estados. O Ensino Médio, etapa final da Educação Básica, tem duração de três anos e pode ser ofertado com formação técnica e profissional, sendo de responsabilidade estadual.

Outro avanço relevante da legislação foi o fortalecimento da autonomia pedagógica, administrativa e financeira das instituições escolares, além da ampliação do controle democrático da educação pública. A reformulação do currículo passou a seguir a Base

Nacional Comum Curricular (BNCC), que define um núcleo comum de conteúdos essenciais, ao mesmo tempo em que possibilita a adequação às realidades locais. A gestão escolar passou a ser orientada por princípios de participação democrática da comunidade (Brasil, 1996).

No que se refere ao financiamento, a lei reafirma os percentuais mínimos de investimento em educação previstos na Constituição: a União deve aplicar, no mínimo, 18% de suas receitas provenientes de impostos na manutenção e desenvolvimento do ensino, enquanto estados, Distrito Federal e municípios devem investir pelo menos 25%. Os artigos 70 e 71 da LDB especificam quais despesas podem ser consideradas como manutenção e desenvolvimento do ensino, assegurando que os recursos públicos sejam efetivamente destinados à melhoria da qualidade da educação (Brasil, 1996).

A norma também reforça o compromisso com uma educação inclusiva e equitativa, assegurando o direito à aprendizagem de todos os estudantes, incluindo aqueles com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento ou altas habilidades. Dessa forma, a LDB constitui-se como instrumento fundamental para a construção de um sistema educacional democrático, participativo e voltado à formação de cidadãos críticos.

Em articulação com essa legislação, o Plano Nacional de Educação (PNE) foi instituído pela Lei nº 13.005/2014, com vigência entre 2014 e 2024 e prorrogado até dezembro de 2025 pela Lei nº 14.834/2024. Trata-se de uma política pública estratégica que estabelece diretrizes, metas e estratégias para a educação brasileira, elaborada com ampla participação social. O plano define 20 metas que abordam temas como a universalização da educação básica, a ampliação do acesso ao ensino médio e superior, a valorização docente, a gestão democrática e a melhoria da qualidade do ensino (Brasil, 2014).

Entre os principais objetivos do PNE, está a busca pela qualidade do ensino, o que reforça a importância de metodologias inovadoras, capazes de engajar os estudantes e promover aprendizagens mais significativas e duradouras. Essas metas orientam os sistemas de ensino e as políticas públicas educacionais em todo o país (Brasil, 2014). Tanto a Lei nº 9.394/1996 quanto o Plano Nacional de Educação formam marcos legais essenciais para a organização das políticas educacionais brasileiras.

A partir desses instrumentos legais, emergem as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), estabelecidas pelo Conselho Nacional de Educação (CNE), com a função de orientar a organização, implementação e avaliação dos currículos da educação básica e superior. As diretrizes detalham os princípios pedagógicos que asseguram a coerência das propostas curriculares com os objetivos educacionais nacionais, mantendo uma relação direta com a legislação educacional e a BNCC.

Enquanto a LDB estabelece os fundamentos legais, as DCNs atuam como desdobramentos práticos, orientando a ação pedagógica conforme os princípios definidos em lei. O Plano Nacional de Educação (PNE) influencia a elaboração dessas diretrizes ao estabelecer metas que garantem qualidade, equidade e valorização docente.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica estão fundamentadas em três princípios norteadores: o ético, que promove a autonomia, a responsabilidade, a solidariedade e o respeito ao bem comum; o político, que visa os direitos de cidadania, a criticidade e a participação ativa na sociedade; e o estético, que contempla a sensibilidade, a criatividade e a valorização da diversidade cultural e artística. Esses princípios são essenciais para garantir uma formação integral e humanizadora, que vá além da mera transmissão de conteúdos, promovendo o desenvolvimento pleno dos sujeitos (Brasil, 2013).

Assim, as diretrizes curriculares visam promover uma formação integral e democrática, respeitando a diversidade regional e cultural dos estudantes. A última atualização das DCNs para o Ensino Médio ocorreu em 2018, alinhada à Reforma do Ensino Médio instituída pela Lei nº 13.415/2017.

Nesse cenário, a Base Nacional Comum Curricular, homologada em 2017, detalha os direitos de aprendizagem ao longo da Educação Básica. Estruturada por áreas do conhecimento e etapas de ensino, a BNCC orienta os currículos escolares, a produção de materiais didáticos, a formação docente e as práticas pedagógicas, permitindo uma base comum nacional, mas respeitando as especificidades locais.

A compreensão desse arcabouço normativo é essencial para a elaboração de propostas pedagógicas coerentes com os fundamentos legais da educação brasileira. A articulação entre a Constituição Federal, a Lei nº 9.394/1996, o Plano Nacional de Educação, as Diretrizes Curriculares Nacionais e a Base Nacional Comum Curricular forma a espinha dorsal das políticas educacionais do país, contribuindo para a construção de uma escola pública de qualidade, democrática, inclusiva e voltada à formação de cidadãos críticos, autônomos e preparados para os desafios contemporâneos.

## **2.1 Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento normativo que estabelece os conhecimentos, habilidades e competências essenciais que todos os estudantes devem adquirir ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica. Seu objetivo é garantir os direitos de aprendizagem e desenvolvimento, conforme determina o Plano

Nacional de Educação (PNE). Esse documento se aplica exclusivamente à educação escolar formal, conforme o § 1º do Artigo 1º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996).

Ela orienta a construção dos currículos das escolas públicas e privadas em todo o país, bem como as propostas pedagógicas das instituições escolares. Ela integra a política nacional da Educação Básica e contribui para o alinhamento de outras políticas e ações nos âmbitos federal, estadual e municipal, relacionadas à formação docente, à avaliação, à produção de materiais educacionais e à definição de critérios para a oferta de infraestrutura adequada ao pleno desenvolvimento da educação, a BNCC ressalta a importância de viabilizar um nível comum de aprendizagens, garantindo equidade e qualidade na formação dos alunos em todo o território nacional. Ao definir parâmetros claros, ela orienta o trabalho pedagógico das redes e escolas, fortalecendo a construção de uma educação mais justa e alinhada às necessidades do país.

Orientada pelos princípios éticos, políticos e estéticos definidos pelas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN), promove uma educação que vai além da mera difusão de conteúdo. Esses princípios favorecem o respeito à diversidade, o exercício da cidadania, a justiça social e a valorização da sensibilidade e da criatividade. Com isso, a Base reitera o compromisso com a formação integral dos estudantes, visando o desenvolvimento de todas as dimensões do ser humano e colabora para a construção de uma sociedade mais justa, democrática e inclusiva (Brasil, 2017).

A BNCC organiza a educação em torno de dez Competências Gerais, que representam as aprendizagens essenciais para o desenvolvimento integral dos alunos. Essas competências, que incluem o conhecimento sobre o mundo físico, social, cultural e digital, o pensamento crítico, a investigação científica, a criatividade e a capacidade de resolver problemas, são cruciais para a formação de cidadãos preparados para os desafios do século XXI. Nesse sentido, a sequência didática proposta, focada na Lei de Faraday e na geração de energia sustentável, alinha-se diretamente a diversas dessas competências. Ao desafiar os alunos a investigar, criar e propor soluções para problemas reais de acesso à energia, a proposta estimula o desenvolvimento do pensamento científico, da criatividade na resolução de problemas e da responsabilidade socioambiental, em consonância com os princípios da BNCC. (Brasil, 2017)

Na BNCC, entende-se por competência a capacidade de aplicação de conhecimentos conceituais e procedimentais, habilidades práticas, cognitivas e socioemocionais, atitudes e valores para solucionar situações complexas da vida cotidiana, exercer plenamente a

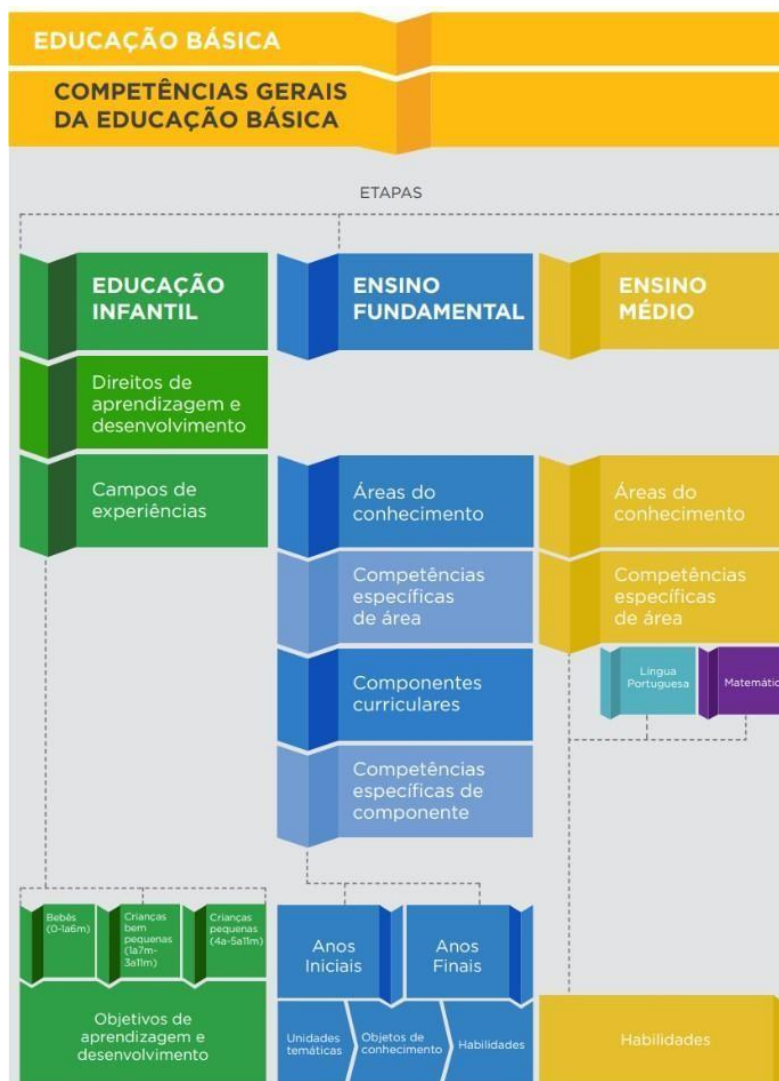
cidadania e atuar no mundo do trabalho (Brasil, 2017)

Ao determinar essas competências, a BNCC reconhece que a educação deve consolidar valores e promover ações que auxiliem na transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e comprometida com a conservação do meio ambiente (Brasil, 2013). Dessa forma, evidencia-se o alinhamento com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), um plano de ação global que tem como objetivo promover o desenvolvimento sustentável em todas as dimensões: social, econômica e ambiental (Brasil, 2017; ONU, 2015).

É essencial salientar que as competências gerais, estão interligadas e se desdobram no enfoque didático adotado nas três etapas da Educação Básica, Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, articulando-se à construção de conhecimentos, ao desenvolvimento de habilidades e à formação de atitudes e valores, conforme previsto na LDB. A BNCC estabelece-se como um instrumento essencial para a construção de uma educação pública, democrática e de qualidade, capaz de formar cidadãos preparados para os desafios do século XXI (Brasil, 1996; Brasil, 2017).

Ela é organizada de forma a explicitar as competências que devem ser construídas no decorrer de toda a Educação Básica, em cada uma de suas etapas, assegurando direitos de aprendizagem e desenvolvimento de todos os estudantes. Essa organização é representada pela Figura 1, que mostra um esquema visual retratando como as competências e habilidades está distribuída ao longo das três etapas da Educação Básica (Brasil, 2017).

Figura 1- Organização da Educação Básica



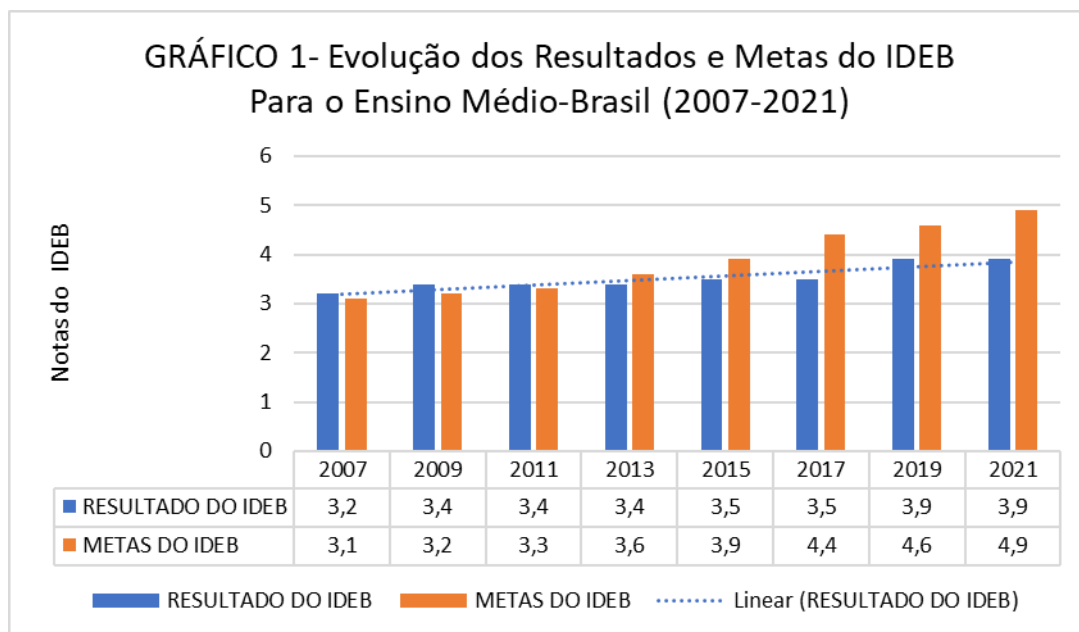
Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.

Cada etapa de ensino apresentada na Figura 1 contém componentes próprios, como campos de experiências, áreas do conhecimento e competências específicas, que se articulam de maneira progressiva. A partir desse cenário, o presente trabalho passa a abordar com maior profundidade a estrutura da BNCC voltada ao Ensino Médio, foco central desta proposta de sequência didática (Brasil, 2017).

### 2.1.1 A Estrutura do Ensino Médio na BNCC

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica e trata-se de um direito assegurado a todo cidadão brasileiro. Todavia, os dados e análises educacionais indicam que essa etapa tem enfrentado desafios significativos em termos de acesso, permanência e

qualidade da aprendizagem, como evidenciado pelo IDEB, o Gráfico 1 apresenta a evolução do IDEB do ensino médio na rede estadual, ilustrando avanços e lacunas ainda presentes ao longo dos anos.



Fonte: Dados do IDEB disponíveis em: <https://www.gov.br/inep>. Gráfico elaborado pelo autor. Acesso em: 11 jul. 2025

Diante desse cenário, torna-se fundamental que o Ensino Médio responda de forma efetiva às necessidades, expectativas e projetos de vida das juventudes. As Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM/2011) ressalta que essa etapa deve abranger a diversidade dos estudantes, tendo em vista que adolescentes, jovens e adultos possuem realidades distintas, que se distinguem por diferentes condições de existência e trajetórias sociais. Portanto, é vital que a escola reconheça e valorize a pluralidade dos jovens, compreendendo-as como sujeitos históricos e culturais, influenciados por múltiplas dimensões sociais, econômicas, culturais, étnico-raciais e de gênero. Essa abordagem exige que a escola se comprometa com o respeito à diversidade, com a valorização do protagonismo juvenil e com a incentivação de uma formação ética, crítica, criativa e autônoma (Brasil,2011a).

Em um contexto de ligeiras transformações tecnológicas e sociais contemporâneas, o Ensino Médio deve oferecer aos estudantes experiências formativas que capacitam os estudantes a compreender a realidade, enfrentar desafios emergentes e tomar decisões. A formação precisa integrar dimensões – científica, tecnológica, cultural, social e política – proporcionando o desenvolvimento de competências essenciais para a inserção cidadã e profissional dos jovens, de forma crítica e responsável (Brasil, 2011a; Brasil,2018). As finalidades do Ensino Médio, estabelecidas pela LDB (Lei nº 9.394/1996, Art. 35),

permanecem como base orientadora dessa etapa: (i) consolidação e aprofundamento dos conhecimentos do Ensino Fundamental; (ii) preparação básica para o trabalho e a cidadania, com flexibilidade para se adaptar a novas condições; (iii) formação ética e desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia intelectual; e (iv) compreensão dos fundamentos científico- tecnológicos dos processos produtivos, relacionando teoria e prática (Brasil, 1996).

A partir desses princípios, a BNCC propõe uma reestruturação do Ensino Médio, centrado na construção de uma escola que valorize a aprendizagem significativa, contextualizada e conectada às vivências dos estudantes. Tal proposta envolve fomentar a aprendizagem colaborativa, e valorizar as identidades juvenis, incentivar a construção de projetos de vida e o fortalecimento de atitudes empreendedoras, éticas e sustentáveis.

A Lei nº 13.415/2017, que altera a LDB, implementou mudanças na organização curricular do Ensino Médio. A partir dessa legislação, o currículo passa a ser dividido por duas partes: a Base Nacional Comum Curricular – obrigatória a todos – e os itinerários formativos, que devem ser definidos segundo as condições das redes de ensino e os interesses dos estudantes (BRASIL, 2017). Essa nova estrutura visa proporcionar uma maior flexibilização e diversidade na formação, assegurando que os jovens tenham acesso a percursos formativos que alinhem-se com suas realidades, aspirações e projetos futuros. A proposta enfatiza a necessidade de um Ensino Médio que, simultaneamente consolide conhecimentos essenciais, reconheça a juventude como protagonista da própria formação e como sujeito ativo na transformação da sociedade (Brasil, 2017b; Brasil, 2018).

A organização da BNCC para o Ensino Médio dá continuidade ao que foi proposto para a Educação Infantil e o Ensino Fundamental, mantendo-se centrada no desenvolvimento de competências e fundamentada no princípio da educação integral. Assim, as competências gerais da Educação Básica orientam também as aprendizagens desta etapa, abrangendo tanto os conteúdos essenciais estabelecidos pela BNCC quanto aqueles vinculados aos diferentes itinerários formativos. O detalhamento desses itinerários é de responsabilidade dos sistemas de ensino, redes e escolas, conforme disposto na Lei nº 13.415/2017. A Figura 2 apresenta a disposição das competências gerais e específicas que norteiam essa etapa, bem como a relação com os itinerários formativos, evidenciando a organização curricular em áreas do conhecimento e a flexibilidade proposta para a formação dos estudantes.

Figura 2- Estrutura do Ensino Médio



Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018, p. 468.

No ensino médio as aprendizagens essenciais definidas na BNCC estão dispostas por áreas do conhecimento:

- Linguagens e suas Tecnologias,
- Matemática e suas Tecnologias,
- Ciências da Natureza e suas Tecnologias e
- Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

Para cada área do conhecimento são definidas uma série de competências específicas, elas se articulam com as competências correspondentes do ensino fundamental, que são adaptadas às demandas e particularidades formativas dos estudantes do Ensino Médio. Essas competências específicas também devem fundamentar a proposição e detalhamento dos itinerários formativos vinculados a cada área. Relacionadas a cada competência específica definida nas áreas do conhecimento do Ensino Médio, a Base também apresenta habilidades que os estudantes devem desenvolver ao longo dessa etapa da Educação Básica (Brasil, 2018).

A estrutura curricular do Ensino Médio, estabelecida pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e regulamentada pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM/2018), é formada por dois elementos fundamentais: a formação geral básica

e os itinerários formativos. Esses dois componentes atuam em conjunto de forma articulada e indissociável, compondo um currículo que visa garantir tanto os direitos de aprendizagem comuns a todos os estudantes quanto percursos personalizados de aprofundamento (Brasil, 2018; Brasil, 2018).

A formação geral básica é constituída pelas competências e habilidades essenciais definidas na BNCC, organizadas por áreas do conhecimento: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Essa parte do currículo corresponde ao conjunto mínimo de aprendizagens obrigatórias para todos os estudantes do país. Os itinerários formativos, por sua vez, são conjuntos de disciplinas, projetos, oficinas ou outras atividades que permitem aos estudantes aprofundar seus conhecimentos em uma ou mais áreas do conhecimento ou em formação técnica e profissional, conforme seus interesses, contexto e projeto de vida (Brasil, 2018a).

Com a recente aprovação da Lei nº 14.845/2024, houve uma atualização significativa na carga horária do Ensino Médio. A formação geral básica passou a ocupar 2.400 horas da carga horária total da etapa, que é de 3.000 horas ao longo de três anos. Dessa forma, os itinerários formativos passam a corresponder a 600 horas, o que representa 20% da carga horária total — reduzindo a proporção anterior, em que a formação geral básica tinha 1.800 horas (60%) e os itinerários 1.200 horas (40%) (Brasil, 2024).

Essa reorganização busca fortalecer a formação comum, assegurando que todos os estudantes tenham acesso ampliado às aprendizagens essenciais, sem comprometer a flexibilidade e a personalização oferecidas pelos itinerários formativos. A articulação entre essas duas partes do currículo visa atender às necessidades de formação integral, preparando os jovens tanto para a cidadania quanto para o mundo do trabalho, respeitando a diversidade de juventudes e suas diferentes trajetórias (Brasil, 2018a; Brasil, 2024).

### ***2.1.2 Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias***

A base nacional comum curricular (BNCC), prevê para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias a finalidade central de desenvolver o letramento científico nos estudantes. Esse conceito vai além da simples memorização de conteúdos e visa formar indivíduos capazes de utilizar a ciência como ferramenta de compreensão, interpretação e transformação do mundo. Segundo a BNCC (2018), o letramento científico visa proporcionar aos estudantes a capacidade de “compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas

também atuar para transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências” (Brasil, 2018, p. 525).

O letramento científico pode ser entendido como a habilidade de utilizar o conhecimento científico para identificar questões, adquirir novos conhecimentos, explicar fenômenos e formular conclusões fundamentadas em evidências. Além disso, o indivíduo letrado cientificamente deve ser capaz de argumentar com base em dados, interpretar informações, avaliar criticamente situações e intervir de forma consciente em contextos cotidianos e sociais que envolvam ciência e tecnologia. Portanto, o letramento científico está relacionado à formação cidadã, uma vez que permite aos indivíduos compreender os impactos sociais, ambientais e éticos das práticas científicas e tecnológicas. Essa competência é fundamental para a formação de sujeitos conscientes, capazes de contribuir para a construção de uma sociedade mais justa e sustentável (Brasil, 2018).

Com isso, a proposta de uma sequência didática desenvolvida neste trabalho, ao fazer uso da aprendizagem baseada em projetos para abordar a Lei de Faraday e as fontes renováveis de energia, promove o desenvolvimento do letramento científico, pois envolve os estudantes na prática investigação e resolução de problemas reais. Ao interpretar dados, construir dispositivos e refletir sobre os impactos ambientais e sociais da geração de energia, os alunos exercitam competências essenciais para a formação cidadã. Dessa forma, tornam-se capazes de analisar criticamente informações científicas, tomar decisões fundamentadas e participar de forma ativa e responsável nos debates que envolvem ciência, tecnologia e sustentabilidade.

A área de Ciências da Natureza, composta por Física, Química e Biologia, deve ser abordada de forma integrada e contextualizada, considerando os eixos temáticos Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. O ensino deve articular teoria e prática, relacionando os conteúdos aos contextos vividos pelos estudantes e aos desafios contemporâneos. A BNCC também destaca a importância do uso de modelos científicos, da comunicação de resultados e da reflexão crítica sobre os impactos das tecnologias na sociedade e no meio ambiente. Assim, busca-se formar sujeitos autônomos, criativos e eticamente comprometidos com a construção de um futuro mais justo e sustentável (Brasil, 2018, P. 504-506).

A área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias é composta pelas disciplinas de Física, Química e Biologia, que devem ser abordadas de forma integrada, promovendo a compreensão dos fenômenos naturais e a aplicação dos saberes científicos em situações reais. Segundo a BNCC, “o ensino da área de Ciências da Natureza deve garantir a articulação entre

conhecimentos das Ciências da Natureza, os contextos vividos pelos estudantes e os problemas contemporâneos relevantes” (Brasil, 2018, p. 505).

Os conhecimentos conceituais em Ciências da Natureza são organizados em leis, teorias e modelos. Para que os alunos construam uma base científica sólida é essencial que eles desenvolvam a capacidade de criar, interpretar e aplicar esses modelos, além de identificar padrões e transformações presentes na natureza (Brasil, 2018, P.504).

As competências da área de Ciências da Natureza priorizam conteúdos que aprofundam a formação iniciada no Ensino Fundamental, organizados nos eixos temáticos Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. O foco é capacitar os estudantes a analisar, interpretar e argumentar com base em evidências, por meio de práticas investigativas, experimentos, resolução de problemas e uso de linguagens científicas, como gráficos, tabelas e fórmulas. Conforme destaca o documento, “o trabalho com práticas investigativas é fundamental para a construção da autonomia intelectual, da curiosidade e do pensamento crítico e criativo” (Brasil, 2018, p. 508).

Complementarmente, a BNCC propõe ainda que o ensino de Ciências analise criticamente o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde e na formação cultural, promovendo a reflexão sobre as interações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Brasil, 2018, p. 509-510).

Nesse sentido, a temática de Matéria e Energia, proporciona a diversificação das situações-problema que os estudantes devem encarar, exigindo o uso de modelos científicos com maior nível de abstração, envolvendo análises matrizes energéticas, prever a condutividade elétrica e térmica de materiais, interpretar o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa, compreender as reações dos gases a variações de pressão e temperatura e avaliar os impactos das emissões radioativas no meio ambiente e na saúde (Brasil, 2018, p. 510-512).

Já nas temáticas Vida, Terra e Cosmos, a ideia é que os estudantes explorem conceitos a respeito da origem e evolução da vida, do planeta, das estrelas e do universo, analisando as interações entre esses fatores e a diversidade dos seres vivos em relação ao ambiente. Isso inclui a utilização de modelos científicos para descrever reações nucleares que acontecem dentro das estrelas, realizar datações geológicas, entender a formação da matéria e da vida, além de correlacionar os ciclos biogeoquímicos ao metabolismo, ao efeito estufa e às mudanças climáticas (Brasil, 2018, p. 512-515).

A BNCC destaca a importância da contextualização no ensino de Ciências da Natureza, defendendo que os conhecimentos sejam conectados à realidade dos estudantes,

seus projetos de vida e aos desafios do mundo contemporâneo. Essa contextualização deve incluir também a dimensão histórica da ciência, compreendida como uma construção social influenciada por diferentes contextos. As competências da área incentivam a análise crítica de tecnologias atuais e suas implicações sociais, ambientais e culturais, promovendo a compreensão de fenômenos complexos e a valorização da diversidade e da sustentabilidade (Brasil, 2018, p. 515-517).

As competências específicas da área também enfatizam a importância da responsabilidade ética e do compromisso socioambiental, incentivando os estudantes a propor ações fundamentadas em evidências, que contribuam para a resolução de problemas relevantes à sociedade (Brasil, 2018, p. 517-519).

Por fim, o trabalho desenvolvido no Ensino Médio deve estar articulado às competências gerais da Educação Básica e aos conhecimentos construídos no Ensino Fundamental, assegurando continuidade e progressão da aprendizagem ao longo da trajetória escolar (Brasil, 2018, p. 519-520).

A BNCC propõe, para o Ensino Médio, o desenvolvimento de competências específicas na área de Ciências da Natureza com foco na construção do letramento científico, do pensamento crítico e da responsabilidade socioambiental. Essas competências orientam o ensino integrado de Física, Química e Biologia, com base em três eixos: Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo.

A **Competência 1** aborda a relação entre matéria, energia e suas transformações, incentivando a análise crítica do uso de tecnologias e materiais, com foco na sustentabilidade. As habilidades associadas envolvem prever comportamentos físicos e químicos, criar soluções sustentáveis e avaliar os impactos de radiações, ciclos naturais e processos de geração de energia.

A **Competência 2** trata da compreensão da dinâmica da vida, da Terra e do Cosmos, articulando conhecimentos de biologia, geociências e astronomia. Visa capacitar os estudantes a construir explicações sobre a origem e a evolução da vida e do universo, refletindo sobre a biodiversidade, os ciclos naturais e os impactos das ações humanas. As habilidades dessa competência incluem analisar teorias sobre a origem da vida, prever impactos ecológicos, interpretar fenômenos astronômicos e aplicar princípios da evolução biológica.

Já a **Competência 3** foca na investigação científica e no uso do conhecimento para resolver problemas reais, considerando contextos locais e globais. Incentiva o uso de métodos científicos, a comunicação de resultados em diferentes mídias e a análise de temas contemporâneos, como biotecnologia, sustentabilidade, riscos tecnológicos e impactos sociais

da ciência. As habilidades incluem formular hipóteses, interpretar dados, analisar aplicações tecnológicas e discutir questões éticas e sociais relacionadas à ciência.

Em conjunto, essas competências e habilidades visam formar estudantes autônomos, críticos, éticos e preparados para intervir de forma consciente nas questões científicas, sociais e ambientais do mundo contemporâneo (Brasil, 2018, p.520-526).

### ***2.1.3 Energia Renovável e Educação Ambiental na Área de Ciências da Natureza***

No Ensino Médio, a educação ambiental encontra terreno fértil área de Ciências da Natureza, especialmente por meio do estudo das fontes de energia e suas implicações ambientais, sociais e econômicas. Nesse sentido, a Física desempenha papel essencial ao permitir a compreensão dos processos de conversão de energia, eficiência energética, impactos ambientais e funcionamento de sistemas sustentáveis. A BNCC orienta que os estudantes a reflitam sobre o uso consciente da energia; compreendam os impactos ambientais causados por fontes não renováveis, como o petróleo e o carvão e explorem alternativas renováveis, como as energias solar, eólica, hidráulica e de biomassa, reconhecendo sua relevância para a preservação ambiental (Brasil,2018, p. 515-518).

Esse direcionamento está diretamente relacionado à Competência 1 da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio, que incentiva a análise de fenômenos naturais e processos tecnológicos com base nas interações entre matéria e energia (Brasil, 2018, p. 520-522).

Além disso, habilidades como a EM13CNT06 e a EM13CNT07 proporcionam um aprofundamento nessa perspectiva ao orientar os estudantes a avaliar o uso de diferentes formas de geração de energia elétrica, considerando aspectos como sustentabilidade, distribuição, consumo e impactos ambientais e culturais. Já a EM13CNT02 incentiva a construção de protótipos e experimentos que simulam sistemas sustentáveis de geração de energia, promovendo a integração entre teoria e prática (Brasil, 2018, p. 523-526).

Portanto, o ensino sobre fontes renováveis de energia, conforme a BNCC, não só contribui para o desenvolvimento de competências científicas, como também prepara os alunos a desempenharem um papel de agentes de transformação social e ambiental, cientes da importância de sua responsabilidade na busca por soluções sustentáveis para os desafios atuais. Essas habilidades permitem ao professor de Física, por exemplo, desenvolver atividades práticas e experimentais, como a construção de pequenos geradores eólicos, aquecedores solares caseiros ou sistemas de energia por biomassa, promovendo o aprendizado

ativo e significativo. Tais experiências não apenas ilustram conceitos físicos como energia cinética, elétrica e térmica, mas também proporcionam reflexão crítica sobre o consumo energético e as

possibilidades de transição para matrizes energéticas mais limpas (Brasil, 2018, p.523-526).

### **3 ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL E APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS**

A Física desempenha um papel central na formação científica e cidadã dos estudantes. Ela fornece ferramentas para compreender desde os fenômenos mais simples do cotidiano até os mais complexos, como os que envolvem o universo, a energia, o clima e a tecnologia. Além disso, a Física é uma base essencial para cursos superiores nas áreas de engenharia, tecnologia, saúde, arquitetura e meio ambiente, sendo, portanto, fundamental na formação de profissionais qualificados para atuar em setores estratégicos do desenvolvimento social e econômico (Brasil, 2018).

Para além do aspecto técnico, o ensino da Física pode contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes, capazes de tomar decisões fundamentadas e participar ativamente da sociedade, especialmente quando vinculada a temas atuais, como sustentabilidade, energias renováveis, impactos ambientais e transição energética (Brasil, 2018)

Apesar de sua relevância, o ensino de Física enfrenta, historicamente, diversos desafios de ordem estrutural e pedagógica. A disciplina é frequentemente vista pelos alunos como abstrata, descontextualizada e de difícil compreensão. Essa visão decorre, em grande parte, de práticas tradicionais de ensino, focada em aulas expositivas e na memorização de fórmulas, em detrimento de abordagens mais ativas e significativas (Moreira, 2011), o que contribui para a baixa atratividade da área.

Outro fator que compromete o ensino de Física no Brasil é a insuficiência de professores com formação específica na área. Essa carência é ainda mais acentuada em regiões afastadas dos grandes centros urbanos, onde a dificuldade de acesso a profissionais especializados é maior. Como consequência, é comum que docentes formados em áreas afins, como Matemática e Química, sejam responsáveis pelas aulas de Física, o que pode comprometer a abordagem adequada dos conteúdos específicos da disciplina. Soma-se a isso a precariedade da infraestrutura escolar, com a ausência de laboratórios equipados e materiais adequados para a realização de atividades experimentais, limitando a adoção de metodologias mais dinâmicas e interativas (INEP, 2021; Oliveira, 2017; Gatti, 2010).

Diante desse cenário, torna-se urgente a implementação de práticas pedagógicas que tornem o ensino de Física mais atrativo, contextualizado e significativo. Uma dessas práticas é a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), uma metodologia ativa que propõe a construção do conhecimento por meio de desafios e problemas reais, que exigem investigação,

colaboração e criatividade para alcançar soluções concretas e significativas (Hernandez; Ventura, 1998; Moran, 2018).

### **3.1 Aprendizagem Baseada Em Projetos (ABP)**

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma metodologia ativa centrada no aluno, que visa promover uma aprendizagem significativa por meio do desenvolvimento de projetos colaborativos, baseados em desafios reais, incentivando a investigação, a criatividade,

o trabalho em equipe e a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos. Contrapondo-se aos modelos tradicionais de ensino, nos quais o professor é o centro da transmissão de saberes e os alunos desempenham um papel passivo limitando-se a receber e memorizar informações, a ABP valoriza o protagonismo discente. Na ABP o aluno assume um papel de protagonismo e participa ativamente de todas as etapas do processo de aprendizagem — desde o planejamento até a execução e apresentação dos projetos — enquanto o professor atua como mediador, orientando, questionando e conduzindo reflexões. Nessa abordagem os projetos propostos tem como objetivo estimular a investigação, a criatividade e o desenvolvimento de competências como colaboração em equipe, pensamento crítico e aplicação prática dos conceitos estudados, promovendo uma aprendizagem significativa e contextualizada (Bender, 2014; Moran, 2015).

Inspirada nas ideias do filósofo John Dewey, no início do século XX, tem raízes nos pressupostos do construtivismo de Piaget (1976), que compreende o conhecimento como fruto das interações entre o sujeito e o meio, e ao construcionismo de Papert (1980), que valoriza a construção de artefatos significativos como forma de internalizar conceitos. Essa metodologia visa o desenvolvimento integral do aluno — físico, emocional e intelectual — por meio de experiências práticas, investigativas e contextualizadas, relacionadas ao conteúdo escolar (Dewey,1970; Piaget, 1976; Papert, 1980).

#### ***3.1.1 Funcionamento da Aprendizagem Baseada em Projetos***

O processo inicia-se com a apresentação de uma situação-problema instigante, real ou simulada, que desperte a curiosidade e a participação dos alunos. A partir desse estímulo inicial, a turma levanta hipóteses, identifica conhecimentos prévios e define o que precisa ser investigado. Essa etapa envolve pesquisas, leituras, experimentos e outras fontes de

informação. Ao longo do desenvolvimento do projeto, os alunos constroem soluções, elaboram produtos (como protótipos, maquetes, relatórios ou apresentações) e compartilham os resultados. Durante esse processo, o professor deixa de ser apenas transmissor de conteúdo e torna-se facilitador do processo de aprendizagem, incentivando a reflexão, conduzindo as discussões e avaliando o desenvolvimento cognitivo e comportamental dos alunos. Assim, a Aprendizagem Baseada em Projetos se consolida como uma metodologia que transforma o ambiente educacional, tornando-o mais dinâmico, participativo e significativo, favorecendo a construção de um conhecimento mais profundo e duradouro (Bender, 2014).

O emprego da ABP no ensino de Física é especialmente relevante, pois permite aos alunos a construção do conhecimento a partir do desenvolvimento de projetos ligados a situações reais do cotidiano tornando o conteúdo mais significativo. Ao invés de memorizar fórmulas de forma descontextualizada e passam a aplicar conceitos científicos na elaboração de soluções concretas para problemas autênticos — como, por exemplo, os desafios relacionados à geração e uso consciente da energia (Bender, 2014; Moran, 2015).

Neste trabalho, a Aprendizagem Baseada em Projetos será a metodologia chave para o desenvolvimento de uma sequência didática sobre o ensino da Lei de Faraday e sua Aplicação na produção de Energia e em Fontes de Energia Renováveis. A proposta parte da seguinte situação-problema: Como garantir acesso à energia elétrica em comunidades que não estão conectadas à rede convencional, de forma sustentável, econômica e segura?

A partir dessa pergunta norteadora, os alunos serão incentivados a investigar diferentes fontes de energia incluindo fontes renováveis, compreender os princípios físicos envolvidos, propor soluções e construir protótipos simples que representem alternativas de geração de energia limpa e acessível.

Essa abordagem busca romper com a lógica do ensino puramente expositivo e oferecer aos estudantes uma experiência de aprendizagem ativa, crítica e conectada com os desafios socioambientais contemporâneos, promovendo um ensino de Física mais significativo e transformador.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Energia

A energia é um conceito complexo, embora seja frequentemente mencionado em nosso dia a dia, sua compreensão formal exige o entendimento prévio do que é trabalho, outro conceito fundamental da Física. Na vida real, dizemos que estamos "trabalhando" sempre que fazemos esforço. Mas, na Física, a palavra trabalho tem um significado bem específico. Trabalho é realizado quando uma força faz um objeto se mover, ou seja, para que exista trabalho, deve haver força aplicada e o objeto deve se mover na direção dessa força (Halliday, 2016). Por exemplo se você levanta na academia um haltere do chão até sua cabeça, você faz um esforço que o movimenta, logo realizou um trabalho físico.

A definição de trabalho considera tanto a força aplicada quanto o deslocamento do objeto. Se você empurra uma parede com muita força e ela não se move, não há trabalho físico, mesmo que você esteja cansado. Isso acontece porque na Física, trabalho é a transferência de energia que acontece quando uma força é exercida sobre um corpo e provoca seu deslocamento em determinada direção. No caso da parede, como não se desloca, o trabalho realizado é zero, mesmo que tenha realizado um esforço físico. O cansaço que sentimos vem da energia gasta pelos músculos, mas essa dissipação interna de energia não se traduz em trabalho mecânico sobre o sistema externo (Halliday, 2016).

Em casos mais simples, em que a força é constante e o movimento é retilíneo, ou seja, ocorre em linha reta, na mesma direção e sentido da força, o trabalho realizado é definido como o produto da força pela distância percorrida pelo objeto. O trabalho mecânico  $W$  realizado é definido como o produto escalar entre a força e o deslocamento. Nesse caso, como o ângulo entre os vetores é  $\Theta = 0^\circ$ , tem-se:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cdot d \cdot \cos(0) = F \cdot d \quad (\text{eq.1})$$

Suponha que você está levando uma caixa para o alto de uma escada. Ao subir um degrau com essa caixa, você faz um certo esforço, que chamamos de trabalho. Agora, se, ao invés de uma caixa, você estivesse com duas caixas iguais ao subir um degrau, como você

está carregando o dobro de peso, então precisa fazer o dobro de esforço — ou seja, o trabalho é o dobro. Por outro lado, se você estivesse com uma só caixa, mas subisse dois degraus, a distância que você leva a caixa é o dobro. Como o trabalho é dado como força multiplicada pela distância, nesse caso o trabalho também é o dobro (Máximo; Alvarenga, 2006).

O trabalho pode ser dividido em duas categorias, de acordo com o que ele provoca no objeto. A primeira é o trabalho contra uma força. Por exemplo, ao esticar a corda de um arco, o arqueiro realiza trabalho contra as resistências das cordas. De forma semelhante, erguer um objeto pesado, faz-se força contra a gravidade. Até mesmo ao realizar flexões exige também trabalho contra o peso do próprio corpo. De modo análogo, a realização de trabalho mecânico também ocorre ao se aplicar uma força sobre um objeto com o intuito de colocá-lo em movimento. Nessa situação, é necessário vencer a força de atrito estático entre o objeto e a superfície de apoio, o que implica na realização de trabalho pela força aplicada a fim de superar essa resistência inicial ao movimento (Hewitt,2015).

A segunda categoria diz respeito ao trabalho realizado para alterar a velocidade de um objeto. Isso ocorre, por exemplo, ao acelerar ou frear um carro. Outro caso é o de um golfista que, ao golpear uma bola parada, faz com que ela se mova. Em ambas os casos — seja contra uma força ou para alterar a velocidade — o trabalho está relacionado à transferência de energia.

A unidade de trabalho é o joule (J), que equivale ao produto de uma força de 1 newton (N) aplicada por uma distância de 1 metro (m), em outras palavras,  $1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$ . Por exemplo, levantar uma maçã de 100 g (0,1 kg) até a altura de 1 metro, que corresponde à altura da cabeça, exige um trabalho de aproximadamente 1 joule, considerando a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$  (Máximo; Alvarenga, 2006).

Quando a quantidade de trabalho envolvido é muito grande, para facilitar a compreensão utilizam-se os múltiplos do joule, como quilojoules (kJ,  $10^3\text{J}$ ) e mega joule (MJ,  $10^6\text{J}$ ). Por exemplo, a frenagem de um caminhão viajando 100 km/h pode implicar em trabalho na ordem de MJ. Para indicarmos a rapidez com que o trabalho é realizado ou a energia é transformada em um sistema. Em outras palavras, mostrar quanto de energia é transferida ou convertida por unidade de tempo, precisamos falar sobre a potência. A potência é dada como o quociente do trabalho pelo tempo (Hewitt,2015).

$$P = \frac{W}{\Delta t} \quad (\text{eq.2})$$

Um exemplo simples é o de dois elevadores. Imagine que o elevador A tem o dobro da potência do elevador B. Ambos conseguem levantar uma carga de 500 kg até o décimo andar, ou seja, realizam a mesma quantidade de trabalho. No entanto, o elevador A faz isso em metade do tempo. Isso ocorre porque ele é mais potente, ou seja, realiza o trabalho mais rapidamente (Hewitt,2015).

Portanto, dizer que um elevador tem o dobro da potência não implica que ele eleva o dobro do peso de uma única vez, mas sim que ele é capaz de erguer essa mesma carga com maior velocidade, ou ainda, realizar o dobro do trabalho no mesmo intervalo de tempo. A potência mede a rapidez com que o trabalho é realizado ou a energia é transformada (Máximo; Alvarenga, 2006).

No Sistema Internacional a unidade de potência é dada em joule por segundo (J/s), também de watt (W), em homenagem a James Watt, inventor da máquina a vapor no século XVIII. Um watt corresponde à realização de 1 joule de trabalho em 1 segundo. Para valores maiores, utilizam-se seus múltiplos, como o quilowatt (kW), que equivale a 1.000 watts, e o megawatt (MW), que corresponde a 1 milhão de watts (Máximo; Alvarenga, 2006). A potência dos automóveis costuma ser expressa em cavalos-vapor (cv), enquanto a energia elétrica é geralmente medida em quilowattshora (kWh). Para conversão, é importante lembrar que 1 cavalo-vapor equivale aproximadamente a 0,7355 quilowatt. Assim, um motor com 136 cv possui uma potência próxima de 100 Kw (Máximo; Alvarenga, 2006).

#### ***4.1.1 Energia mecânica***

Para erguer um martelo, é preciso realizar trabalho. Com isso, o martelo passa a ter a capacidade de realizar trabalho ao cair sobre um prego. Para abrir a tampa de uma lixeira é preciso realizar trabalho pressionando o pedal da lixeira com uma mola. Com isso, a mola fica comprimida e passa a ter a capacidade de realizar trabalho ao empurrar a tampa da lixeira para cima. Isso ocorre de forma parecida, ao dar corda em um relógio antigo ou em um brinquedo de mola, realiza-se trabalho que permite ao objeto se movimentar ou emitir sons (Hewitt,2015).

Em todos esses exemplos, algo foi transferido para o objeto, dando-lhes a capacidade de realizar trabalho. Esse “algo” é chamado de energia. Em essência, a energia é a capacidade de realizar trabalho. Sempre que um sistema físico adquire a capacidade de realizar trabalho em decorrência de sua configuração ou estado, diz-se que ele possui energia potencial armazenada. Essa energia pode surgir, por exemplo, da compressão de um corpo elástico,

como no caso de uma mola comprimida, que armazena energia potencial elástica e é capaz de exercer força ao retornar à sua forma original. Pode também resultar da separação entre dois corpos que interagem por meio de uma força conservativa, como a força gravitacional. Ao elevarmos um objeto a uma certa altura em relação à superfície da Terra, realizamos trabalho contra a força gravitacional, aumentando sua energia potencial gravitacional. Em ambos os casos, a energia armazenada está associada à possibilidade de realizar trabalho quando as forças conservativas são liberadas. A energia usada para separá-los fica armazenada no sistema. Se soltar, eles se atraem novamente, liberando essa energia como movimento (Hewitt,2015).

A redistribuição das cargas elétricas dentro das moléculas de uma substância acontece em processos onde as partículas (como elétrons) mudam de lugar dentro dos átomos ou moléculas, armazenando energia. Por exemplo, em uma pilha, ocorrem reações químicas que provocam a redistribuição de cargas elétricas, como elétrons e íons, entre as substâncias envolvidas. Essa reorganização armazena energia química, que será liberada quando a pilha for usada para alimentar um dispositivo, como uma lanterna (Hewitt,2015).

Assim como o trabalho, a energia é medida em joules (J). A energia pode se manifestar de diversas formas, sendo as mais comuns, no caso da energia mecânica, a energia potencial, associada à posição de um objeto e a energia cinética relacionada ao seu movimento. A energia mecânica, por sua vez, pode ser entendida como a soma dessas duas formas. (Hewitt,2015).

#### ***4.1.2 Energia Potencial***

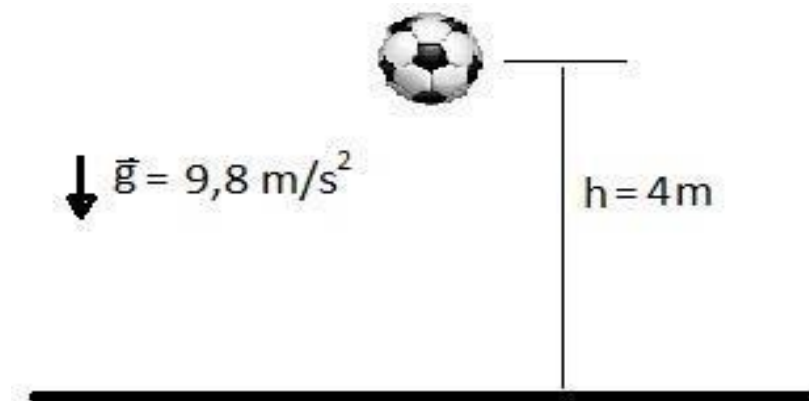
Um objeto pode armazenar energia em função de sua posição. Essa energia acumulada, que pode posteriormente ser utilizada, é chamada de energia potencial ( $E_p$ ), pois tem o potencial de realizar trabalho. Por exemplo, uma mola ao ser comprimida ou esticada armazena energia potencial em função de sua posição, assim como um arco tensionado, que pode utilizar essa energia para realizar trabalho fazendo com que a flecha seja disparada. Da mesma forma, uma liga de borracha esticada em um estilingue armazena energia potencial devido à deformação de suas partes, podendo realizar trabalho ao ser liberada (Hewitt,2015).

A energia química também é uma forma de energia potencial e está relacionada às posições das cargas elétricas dentro e entre as moléculas, e é liberada durante as reações químicas. Combustíveis fósseis, pilhas e alimentos são exemplos de fontes que armazenam esse tipo de energia. Quando esta energia armazenada está relacionada aos trabalhos da força

peso, essa energia é chamada Energia Potencial Gravitacional e quando está associada a uma força elástica é Energia Potencial Elástica (Hewitt,2015).

Imagine uma bola posicionada a uma altura de 4m em relação ao solo, como mostra a Figura 3. Devido à atração gravitacional da Terra, ao ser solta, ela pode realizar trabalho ao atingir o chão — Amassar ou deformar um objeto ao impactar; movimentar algo que esteja no caminho dela; gerar som ou vibração no impacto; comprimir uma mola, se cair sobre ela; perfura o solo ou qualquer superfície menos rígida. Isso evidencia que o corpo armazena energia em função de sua posição, sendo capaz de realizar ações ao cair (Máximo; Alvarenga, 2006).

Figura 3- Representação da Energia Gravitacional



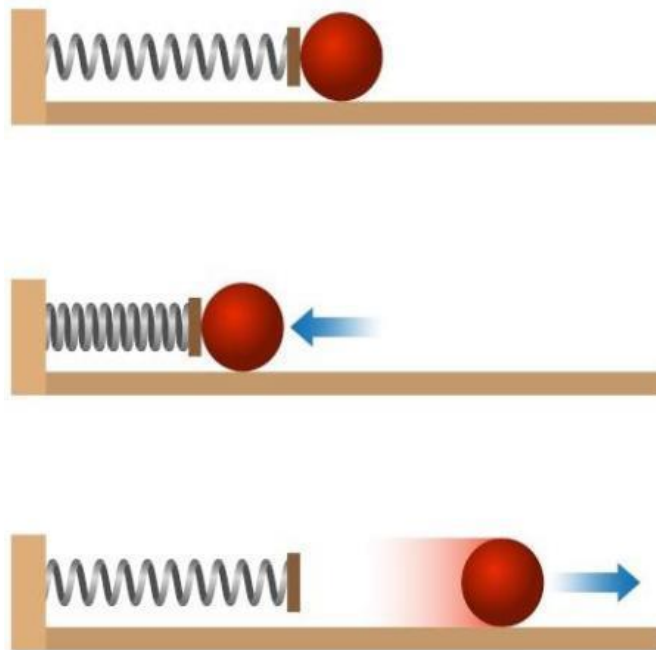
Fonte: Efeito Joule (2010). Disponível em:

[https://efeitojoule.com/2010/06/energia-](https://efeitojoule.com/2010/06/energia-potencial-gravitacional-energia/)

[potencial-gravitacional-energia/](https://efeitojoule.com/2010/06/energia-potencial-gravitacional-energia/). Acesso em: 7 jul. 2025.

De maneira análoga, ao ser liberada, uma bola presa à extremidade de uma mola é impulsionada pela força elástica, adquirindo movimento e podendo realizar trabalho mecânico sobre outros corpos, como mostra a Figura 4. Ou seja, o sistema também armazena energia associada à posição da bola em relação à mola, denominada energia potencial elástica, que é convertida em energia cinética capaz de realizar trabalho ao ser liberada (Máximo; Alvarenga, 2006)

Figura 4- Bola impulsionada por mola comprimida

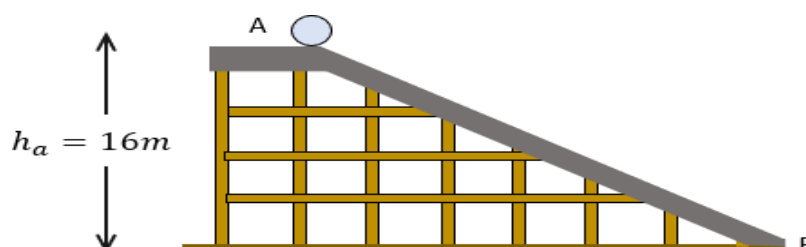


Fonte: BRASIL ESCOLA. Energia potencial elástica.  
Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/amp/fisica/energia-potencial-elastica.htm>. Acesso em: 07 jul.2025.

Em ambos os casos, a energia surge da posição ocupada pelo corpo: no primeiro, a posição elevada em relação ao solo; no segundo, a deformação da mola. Quando a energia potencial está associada à altura do corpo em relação à Terra, chamamos de energia potencial gravitacional. Já quando está relacionada à compressão ou extensão de uma mola, é chamada de energia potencial elástica. A unidade de medida da Energia Potencial é Joule (J) (Máximo; Alvarenga, 2006).

Imagine um corpo de massa  $m$  situado a uma determinada altura  $h$  em relação, a um nível horizontal de referência, como mostra a Figura 5.

Figura 5- Esquema ilustrativo de um corpo em repouso no topo de um plano inclinado



Fonte: col-cemar.cl (s.d).

Quando esse corpo cai dessa altura até o nível de referência, a força peso realiza um trabalho sobre ele. Calculando este trabalho, podemos determinar a energia potencial gravitacional associada a esse objeto quando o mesmo está situado a essa altura  $h$ . Esse trabalho é dado pelo produto da força peso pelo deslocamento vertical, sendo  $mg$  a força peso e  $h$  o deslocamento vertical do objeto, temos:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = mg \cdot h \quad (\text{eq.3})$$

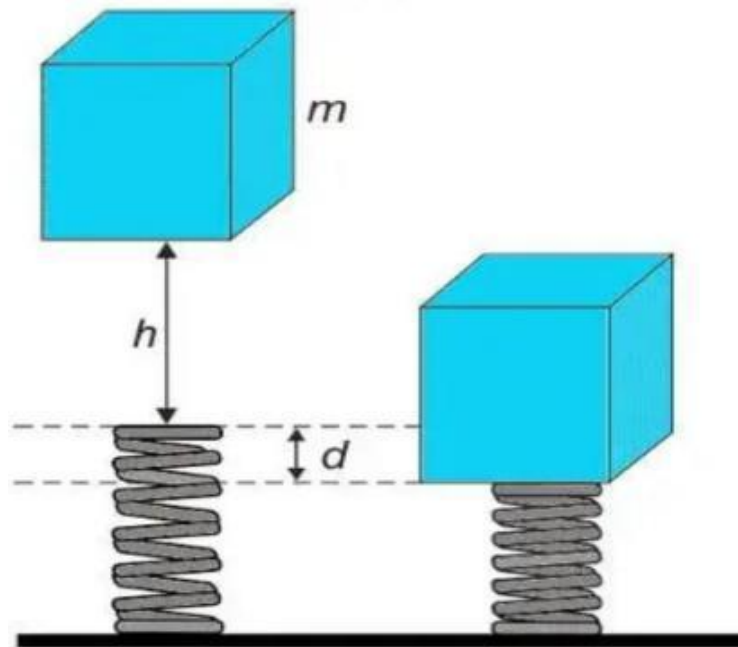
Portanto, a energia potencial gravitacional do corpo na altura  $h$  é:

$$E_{p,g}(h) = mgh \quad (\text{eq.4})$$

#### ***4.1.3 Energia Cinética***

Quando um objeto é colocado em movimento, ele adquire a capacidade de realizar trabalho. Isso significa que ele possui energia associada ao seu movimento, chamada de energia cinética ( $E_c$ ). Considere um bloco inicialmente posicionado a uma certa altura. Ao ser solto, ele cai em rota de colisão com uma mola, como mostra na Figura 6.

Figura 6- Ilustração de bloco caindo em uma mola, demonstrando energia cinética e potencial gravitacional



Fonte: FUVEST. Questão sobre Energia Potencial.

Disponível em: Projeto Agatha Edu. Trabalho e Energia: Energia Potencial Gravitacional E Elástica.

<http://www.projetoagathaedu.com.br/questoes-vestibular/fisica/trabalho-e-energia/energia-potencial-gravitacional-e-elastica.php>. Acesso em: 13 jul. 2025.

Ao colidir com a mola, a velocidade do bloco em movimento vai diminuindo gradualmente até parar, enquanto a mola é comprimida pela força do impacto. Portanto, o bloco em movimento foi capaz de realizar trabalho ao comprimir a mola. Isso ocorre porque, ao se mover, o bloco transfere energia para a mola, realizando sobre ela um trabalho. Essa capacidade de realizar trabalho vem da energia cinética do bloco — a energia que ele possui devido ao seu movimento. Da mesma forma, em situações do dia a dia, também observamos a ação da energia cinética. Imagine um carro que está se deslocando a 60 km/h e, ao perder os freios, acaba colidindo com um poste. Para provocar os danos no carro e no poste, foi necessária uma certa quantidade de energia. Essa energia veio do próprio movimento do carro, ou seja, da sua energia cinética (Máximo; Alvarenga, 2006).

É fácil perceber que, quanto maior for a velocidade do bloco representado na Figura 6,

maior será a compressão da mola. De maneira semelhante, o aumento da massa do bloco também resulta em maior compressão. Isso indica que o bloco realiza um trabalho mais significativo sobre a mola e, conseqüentemente, possui maior quantidade de energia cinética. Esse mesmo princípio pode ser aplicado ao exemplo do carro colidindo com o poste. Caso o veículo fosse mais leve, a energia cinética envolvida no impacto seria menor, e os danos, provavelmente, menos intensos. Por outro lado, se a velocidade do carro fosse maior — como 80 km/h ou 100 km/h —, a energia cinética aumentaria consideravelmente, resultando em um impacto mais severo. Isso ocorre porque a energia cinética aumenta com o quadrado da velocidade, ou seja, pequenos aumentos na velocidade causam grandes aumentos na energia envolvida.

Matematicamente, a energia cinética de um corpo de massa  $m$ , em movimento com velocidade  $v$ , é dada por:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\text{eq.5})$$

Essa relação nos ajuda a compreender por que um carro mais pesado ou com maior velocidade tende a causar danos maiores em uma colisão ou a comprimir mais intensamente uma mola ao impactá-la. No entanto, a energia cinética é apenas uma entre as várias formas de energia que atuam nos fenômenos físicos do cotidiano. Para compreender melhor o funcionamento da natureza e das tecnologias modernas, é essencial reconhecer como diferentes tipos de energia interagem e se manifestam em diversas situações (Máximo; Alvarenga, 2006). A seguir, serão apresentadas algumas dessas formas de energia, suas características e aplicações.

Entre essas formas, destaca-se a energia térmica que está relacionada ao grau de agitação das partículas que compõem a matéria. Um sistema com maior energia térmica encontra-se a uma temperatura mais elevada em comparação com os demais. Essa energia é transferida na forma de calor entre corpos e sistemas, sempre do mais energético para o menos energético, e essa transferência pode ocorrer por condução, convecção ou radiação. A energia térmica influencia diretamente o estado físico da matéria, contribuindo para as mudanças entre os estados sólido, líquido e gasoso (Gaspar, 2006)

A energia elétrica, por sua vez, está associada à corrente elétrica, ou seja, ao movimento ordenado de portadores de carga, como elétrons e íons, em circuitos fechados. Por ser relativamente fácil de manipular, é amplamente utilizada em dispositivos que fornecem movimento, luz, calor e som, desempenhando papel central na vida moderna (Gaspar, 2016)

A energia química é um tipo de energia potencial armazenada nas ligações entre os átomos que formam as moléculas. Essa energia pode ser absorvida ou liberada, dependendo do tipo de reação química envolvida. Durante o processo de formação ou rompimento dessas ligações, as reações químicas consomem ou liberam energia, o que permite converter energia química em outras formas, como energia elétrica ou térmica. Um exemplo claro do uso de energia química são os combustíveis, como a gasolina e o álcool. As reações de combustão liberam grande quantidade de energia armazenada nas ligações químicas, na forma de calor, que por sua vez é convertida em energia mecânica nos motores dos automóveis (Atkins; Jones, 2012). A energia nuclear refere-se à energia armazenada no interior dos núcleos atômicos. Diferentemente da energia química, que envolve as ligações entre átomos, a energia nuclear diz respeito às interações dentro do próprio núcleo. Há duas principais formas de liberação dessa energia: a fissão e a fusão nuclear. A fissão é o processo de divisão de um núcleo pesado em núcleos menores, sendo o urânio-235 e o plutônio-239 os elementos mais utilizados nesse tipo de reação. Embora seja uma fonte eficiente de energia, a fissão apresenta riscos significativos, já que os subprodutos gerados são altamente radioativos e perigosos. A fusão, por outro lado, consiste na união de dois núcleos leves para formar um núcleo mais pesado, como a transformação de hidrogênio em hélio. Esse é o processo responsável pela produção de energia nas estrelas, como o Sol. No entanto, a fusão controlada ainda enfrenta desafios técnicos, pois exige condições extremas de temperatura e pressão para ocorrer de forma eficiente e segura. A energia nuclear, independentemente do processo, libera enormes quantidades de energia térmica que podem ser convertidas em energia mecânica e, posteriormente, elétrica. Contudo, seus riscos, sobretudo em função do potencial bélico e de acidentes, tornam seu uso alvo de intensos debates (Tipler; Llewellyn, 2011).

A energia solar é proveniente das reações de fusão nuclear que ocorrem no interior do Sol. Por meio da radiação, essa energia atinge a Terra e constitui uma das principais fontes primárias de energia do planeta. Absorvida pelos vegetais através da fotossíntese, transforma-se em energia química, servindo como base da cadeia alimentar. A energia solar também é responsável por diversos fenômenos naturais, como o ciclo da água, as correntes marítimas e os padrões climáticos. Tecnicamente, pode ser convertida em energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos, que utilizam materiais semicondutores para captar a luz solar e liberar elétrons, gerando corrente elétrica. Além disso, a energia solar é amplamente utilizada no aquecimento de água, tanto em residências quanto em processos industriais, oferecendo uma alternativa sustentável e renovável (Cresesb, 2022).

A energia luminosa está associada à radiação eletromagnética na faixa visível do

espectro. O Sol é a principal fonte natural dessa forma de energia, embora ela também possa ser gerada artificialmente por meio de lâmpadas alimentadas por energia elétrica. Já a energia sonora está relacionada às ondas mecânicas de pressão transmitidas através de meios materiais, originadas por vibrações ou choques entre corpos. Embora menos aproveitada tecnologicamente em comparação com outras formas, a energia sonora é fundamental em processos de comunicação e percepção do ambiente.

Assim, todas essas formas de energia interagem entre si e estão presentes nos mais diversos contextos da vida cotidiana, sendo essenciais para a compreensão dos fenômenos físicos e para o desenvolvimento de tecnologias (Hewitt, 2015).

#### 4.1.4 Princípio da Conservação da Energia

Entender o comportamento da energia e como ela se transforma é mais importante do que apenas saber defini-la. Quando analisamos os fenômenos naturais a partir das transformações e transferências de energia, é possível compreender melhor como elas ocorrem. A energia, nesse sentido, é o recurso utilizado pela natureza para que os processos aconteçam. Tomemos como exemplo o funcionamento de um bate-estacas, representado na Figura 7 (Máximo; Alvarenga, 2006).

Figura 7- Ilustração do funcionamento de um bate-estacas, demonstrando a transformações da energia



Fonte: ABC Color. Ejemplos de energía cinética y potencial. 23

maio 2023. Disponível em: <https://www.abc.com.py/tag/ejemplos-de-energia-cinetica-y-potencial/>. Acesso em: 13 jul. 2025.

Ao realizar trabalho para levantar o martelo, fornecemos para ele uma energia potencial e, quando martelo é liberado, essa energia armazenada se transforma em energia cinética, que é então transferida para o prego, empurrando-o para dentro da madeira. A profundidade da penetração multiplicada pela força média do impacto corresponde a um valor aproximado da energia potencial original. Esse valor é apenas aproximado porque parte da energia é dissipada na forma de calor e som, aquecendo o solo, o prego e gerando ruído no momento da colisão. Ao considerarmos essa energia dissipada na análise, percebemos que a energia não se perde e nem a ganhos de energia – apenas transformação (Máximo; Alvarenga, 2006).

O estudo das diferentes formas de energia e suas transformações levou a formulação de uma das mais fundamentais leis da Física, a lei da conservação da energia, que afirma que a energia não pode ser criada nem destruída, mas transformada de uma forma em outra, mantendo-se constante em quantidade. Essa lei compreende desde sistemas mais simples, como um pêndulo, quanto sistemas extremamente complexos, como uma supernova. Ao observarmos situações como a do bate-estacas, percebemos que a energia se conserva no sistema, desde que todas as suas formas sejam consideradas (potencial, cinética, térmica, etc.). Em sistemas ideais, em que não há atrito ou outras forças dissipativas, esse princípio se aplica de forma ainda mais evidente (Hwitte, 2015).

Forças dissipativas são responsáveis por perdas de energia mecânica em sistemas não conservativos, isto é, aqueles em que a energia mecânica total é reduzida ao longo do tempo. Forças de atrito e forças de arraste são bons exemplos de forças dissipativas (Máximo; Alvarenga, 2006).

Quando um paraquedista salta, sua energia potencial gravitacional é gradualmente transformada em energia cinética. Durante a queda, o ar exerce resistência (força de arrasto), dissipando parte da energia mecânica em forma de energia térmica e sonora. Quando o paraquedas é aberto, a resistência do ar aumenta muito, reduzindo bruscamente a velocidade. Isso aumenta ainda mais a dissipação de energia, ajudando a reduzir a velocidade do paraquedista para possibilitar pouso seguro. Além disso, a energia que é dissipada por esse tipo de força não pode voltar a ser usada como energia mecânica. Isso acontece porque as forças dissipativas, como o atrito, não armazenam energia da mesma forma que as forças conservativas, como a gravidade ou a força elástica. Elas apenas transformam a energia em formas que se espalham e não podem ser reaproveitadas diretamente (Tipler e Moscar, 2009).

Forças conservativas e forças dissipativas diferem no fato de que essas primeiras, quando realizam trabalho sobre um objeto, são capazes de armazenar energia na forma de energia potencial, que pode ser novamente convertida em energia cinética. Além disso, a energia potencial está sempre relacionada às diferentes posições ocupadas por um corpo. Dessa forma, esse tipo de energia independe da trajetória pelo qual um corpo ou partícula se moveu sob a ação de uma força conservativa, mas apenas de suas posições final e inicial (Tipler e Moscar, 2009).

Um bom exemplo de força conservativa ocorre ao abandonarmos, em uma região de vácuo, uma bolinha a uma certa altura, de forma com que caia em queda livre rumo ao chão. Se repetirmos o experimento, porém dessa vez deixando com que a bolinha escorregue por um plano inclinado e perfeitamente liso, sem atrito, o resultado será o mesmo: para uma mesma altura e no mesmo instante de tempo, os valores da energia cinética e da energia potencial gravitacional serão iguais em ambos os casos, independentemente da trajetória percorrida pela bolinha. Por isso, pode-se afirmar que a força gravitacional, ou força peso, apresenta natureza conservativa (Tipler e Moscar, 2009). Quando há apenas forças conservativas atuando sobre um corpo, a soma da energia cinética com a energia potencial permanece constante, mesmo que essas energias se transformem entre si. Essa soma é chamada de energia mecânica total:

$$E = E_c + E_p \quad (\text{eq.6})$$

Ou seja:

Energia Mecânica no ponto A = Energia Mecânica no ponto B

$$E_{cA} + E_{pA} = E_{cB} + E_{pB} \quad (\text{eq.7})$$

Isso significa que, se um corpo perde energia potencial (ao descer), essa energia se transforma integralmente em energia cinética (o corpo ganha velocidade), e vice-versa. Já se houver presença de forças dissipativas, como o atrito, a energia mecânica total é reduzida pois parte dela se transforma em outras formas, como o calor. A energia total do universo ainda se conserva, mas a energia útil disponível para o movimento se reduz. Por isso, dizemos que a energia mecânica se conserva apenas em sistemas onde atuam forças conservativas (Tipler e Moscar, 2009).

O entendimento da energia e de suas transformações é de extrema importância para interpretarmos fenômenos naturais e também para o funcionamento de máquinas, geração de energia e muito mais. Entender que a energia não se perde, mas se transforma, nos ajuda a compreender o mundo físico de forma mais profunda e científica (Hewitt, 2015).

## **4.2 Produção de Energia Elétrica**

A energia elétrica é essencial para a sociedade, abastecendo desde a iluminação das casas até o funcionamento de grandes indústrias, sustentando diversas atividades fundamentais. Seu fornecimento até as residências, indústrias e comércios envolve um longo processo dividido em três etapas principais: geração, transmissão e distribuição. A energia elétrica é um tipo de energia ligada ao movimento de partículas eletricamente carregadas, como os elétrons (Hewitt, 2015). Ela é produzida quando existe uma diferença de potencial (tensão) entre dois pontos, o que provoca o deslocamento das cargas e gera uma corrente elétrica. Sua geração se dá por meio da conversão de outras formas de energia, que pode ser de fontes renováveis ou não renováveis como a mecânica, térmica, química ou solar. Os sistemas mais utilizados envolvem a conversão de energia mecânica em energia elétrica. O fornecimento de energia elétrica até as residências, comércios e indústrias envolve um processo complexo dividido em três grandes etapas:

1. Geração – onde a energia elétrica é produzida;
2. Transmissão – em que a energia é transportada em alta tensão por longas distâncias;
3. Distribuição – etapa final em que a energia chega ao consumidor com voltagem adequada ao uso. Para que tudo isso funcione, dispositivos como geradores e transformadores são essenciais.

### ***4.2.1 Gerador Elétrico e Lei de Faraday***

Um gerador elétrico é um aparelho capaz de converter energia mecânica (movimento) em energia elétrica, sendo peça central no processo de geração de energia em usinas hidrelétricas, termelétricas, eólicas e outras. Os geradores convertem energia mecânica em elétrica, por meio do princípio indução eletromagnética, descrita pela Lei de Faraday.

Por volta de 1820, Hans Christian Oersted descobriu, de forma acidental, uma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos. Durante um experimento, ao fazer passar uma corrente elétrica por um fio condutor, observou uma alteração na orientação das agulhas de

bússolas próximas ao fio. Tal observação revelou que eletricidade e magnetismo — até então considerados fenômenos distintos — estão, na realidade, interligados, pertencendo a uma mesma natureza. A partir dessa descoberta, deram-se início aos estudos sistemáticos sobre o eletromagnetismo (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Com os avanços proporcionados por esses estudos, compreendeu-se que correntes elétricas são capazes de gerar campos magnéticos. Entretanto, o fenômeno inverso — a geração de corrente elétrica a partir de um campo magnético — só foi observado em 1831, por Michael Faraday e Joseph Henry. Ambos demonstraram que um campo magnético variável pode induzir a formação de um campo elétrico e, conseqüentemente, de uma corrente elétrica. Esse fenômeno passou a ser conhecido como Lei da Indução de Faraday (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Atualmente, a indução eletromagnética encontra ampla aplicação na sociedade. Um exemplo é o funcionamento das guitarras elétricas, que captam as vibrações das cordas por meio de campos magnéticos e as convertem em sinais elétricos — processo fundamental para a música moderna. Outro exemplo notável são os fornos de indução, amplamente utilizados na indústria para fundição de metais, ao aquecê-los com base nas correntes induzidas.

Ademais, o princípio da indução é essencial para a geração de energia elétrica em larga escala. Geradores elétricos — desde os empregados em usinas hidrelétricas até os modelos domésticos — operam por meio da conversão de energia mecânica em energia elétrica, justamente a partir da indução eletromagnética.

#### *4.2.1.1 Fluxo magnético*

Antes de tratarmos de aplicações como os geradores elétricos, vamos discutir dois experimentos simples relacionados à Lei de Indução de Faraday. Considere o cenário ilustrado pela Figura 8, onde a figura mostra uma espira condutora ligada a um amperímetro, sem qualquer fonte de tensão.

Figura 8- Corrente induzida pelo movimento de um ímã através de uma espira



Fonte: HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física: Eletromagnetismo. Volume 3. 10. ed. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2016. p. 568.

Inicialmente, nenhuma corrente é observada. No entanto, ao aproximar um ímã da espira, o amperímetro indica a presença de uma corrente elétrica. Quando o ímã cessa seu movimento, a corrente desaparece. Ao afastá-lo, uma nova corrente surge, agora em sentido oposto. Com isso é possível tirar algumas conclusões. Essa corrente, chamada de corrente induzida, só aparece enquanto há movimento relativo entre o ímã e a espira se eles ficam parados, a corrente desaparece. Quanto mais rápido for esse movimento, maior é a corrente induzida. Além disso, através deste experimento é possível notar que o sentido da corrente depende de qual polo do ímã está mais próximo e se ele está se aproximando ou se afastando da espira (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Quando aproximamos o polo norte do ímã da espira a corrente induzida circula no sentido horário, já ao afastarmos esse mesmo polo norte, a corrente passa a circular no sentido anti-horário. Da mesma forma, ao aproximarmos o polo sul do ímã, a corrente surge no sentido anti-horário, e ao afastarmos o polo sul, a corrente muda para o sentido horário (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

A corrente que surge na espira recebe o nome de corrente induzida, já o trabalho realizado por unidade de carga para movimentar os elétrons e gerar essa corrente é chamada de força eletromotriz induzida. Todo o fenômeno de gerar essa corrente e essa força, é conhecido como indução eletromagnética (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Agora imagine um segundo cenário ilustrado desta vez pela a figura 9, onde mostra duas espiras condutoras colocadas próximas uma da outra, mas sem estarem em contato.

Figura 9- Corrente induzida pelo fechamento do circuito em uma espira próxima



Fonte: HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física: Eletromagnetismo. Volume 3. 10. ed. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2016. p. 568.

A espira da direita está ligada a uma fonte de corrente por meio de uma chave S, que pode ser aberta ou fechada. A espira da esquerda está conectada a um amperímetro, que serve para detectar a presença de corrente elétrica. Ao fechar a chave, permitindo a passagem de corrente pela espira da direita, o amperímetro detecta, por um curto momento, uma corrente na espira da esquerda. Quando a chave é aberta, interrompendo a corrente na espira da direita, o amperímetro novamente registra uma corrente, agora em sentido oposto.

Isso mostra que uma corrente induzida, e conseqüentemente uma força eletromotriz induzida, aparece apenas quando a corrente na espira da direita está variando — ou seja, quando ela começa ou para de circular. Em contrapartida nenhuma corrente induzida é observada enquanto a corrente na espira da direita permanece constante, ou seja, quando a chave está permanentemente aberta ou fechada (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Esses resultados indicam que a corrente e a força eletromotriz induzidas são causadas por alguma variação. Faraday descobriu que essa variação está relacionada à quantidade de campo magnético que atravessa a espira e que essa “quantidade de campo magnético” pode ser entendida como o número de linhas de campo magnético que passam pela área da espira (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Uma força eletromotriz é induzida na espira da esquerda, tanto na Fig. 8 quanto na Fig. 9, quando ocorre uma variação na quantidade de linhas de campo magnético que atravessam essa espira. O que realmente importa não é a quantidade total de linhas de campo, mas sim a velocidade com que essa quantidade varia. É essa taxa de variação que determina o valor da força eletromotriz e da corrente induzida (Halliday; Resnick; Walker, 2016). Essa ideia está no centro da Lei de Faraday, um dos pilares da indução eletromagnética.

Para entender melhor essa relação, podemos recorrer a uma analogia simples. Imagine uma argola de arame parada no ar. Uma pessoa, com um ventilador ligado, começa a lançar

confetes coloridos em sua direção. Os confetes simbolizam as linhas de campo magnético. Quando o ventilador está longe, poucos confetes passam pela argola — isso representa um fluxo magnético pequeno. À medida que o ventilador se aproxima, mais confetes atravessam a argola, e o fluxo aumenta. No momento em que o ventilador para de se mover, a quantidade de confetes por segundo se estabiliza — o fluxo deixa de variar. Essa variação na quantidade de confetes por segundo corresponde, na analogia, à variação do fluxo magnético, que é o que efetivamente gera a corrente induzida.

Com essa analogia em mente, fica mais fácil compreender o que ocorre nos experimentos. No primeiro experimento (Fig. 8), as linhas de campo magnético saem do polo norte do ímã e se espalham pelo espaço. Ao aproximarmos o polo norte do ímã da espira, aumenta o número de linhas de campo atravessando a espira. Essa variação faz com que os elétrons comecem a se mover, gerando uma corrente induzida e uma força eletromotriz induzida. No momento em que o ímã para de se mover, a quantidade de linhas de campo deixa de variar e, por isso, a corrente e a força eletromotriz também desaparecem (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

No segundo experimento (Fig. 9), quando a chave está aberta, não há corrente na espira da direita e, portanto, não existe campo magnético. Ao fechar a chave, a corrente começa a circular na espira da direita, gerando um campo magnético que também atravessa a espira da esquerda. Enquanto a corrente está aumentando, o campo magnético também cresce e, com isso, o número de linhas de campo que passam pela espira da esquerda aumenta.

Assim como no primeiro experimento, essa variação é o que provoca a corrente induzida e a força eletromotriz induzida. Quando a corrente na espira da direita atinge um valor constante, o campo também se estabiliza, e como não há mais variação no número de linhas de campo, a corrente induzida na espira da esquerda cessa (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Para aplicar a Lei de Faraday a problemas específicos, é necessário calcular a quantidade de campo magnético que atravessa uma espira. Define-se o fluxo magnético como a medida da quantidade de campo magnético que atravessa uma determinada área. Suponha uma espira que envolve uma área  $A$ , submetida a um campo magnético  $B$ . O fluxo magnético que atravessa essa espira é dado por:

$$\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} \quad (\text{eq.8})$$

Nessa expressão,  $d\mathbf{A}$  é um vetor de módulo igual ao elemento de área  $dA$ ,

perpendicular à superfície em cada ponto. O produto escalar entre o campo magnético e o vetor área assegura que apenas a componente do campo perpendicular à superfície seja considerada na integração. Em um caso especial, se a espira for plana e o campo magnético for uniforme e perpendicular ao plano da espira, o produto escalar se simplifica, pois o ângulo entre  $\mathbf{B}$  e  $\mathbf{A}$  é zero e, portanto,  $\cos\theta = 1$ . Nesse cenário, o fluxo magnético é dado por:

$$\Phi_{\mathbf{B}} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A} \quad (\text{eq.9})$$

A unidade de fluxo magnético no Sistema Internacional (SI) é o weber (Wb), onde  $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$ . Com o conceito de fluxo magnético definido, podemos enunciar de forma mais rigorosa a Lei de Faraday da Indução Eletromagnética: o módulo da força eletromotriz induzida ( $\varepsilon$ ) em uma espira condutora é igual à taxa de variação temporal do fluxo magnético  $\Phi_{\mathbf{B}}$  que atravessa essa espira:

$$\varepsilon = \left| \frac{d\Phi_{\mathbf{B}}}{dt} \right| \quad (\text{eq.10})$$

No entanto, a força eletromotriz induzida gera uma corrente que se opõe à variação do fluxo, conforme enunciado pela Lei de Lenz. Essa oposição é representada pelo sinal negativo na equação completa da Lei de Faraday:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_{\mathbf{B}}}{dt} \quad (\text{eq.11})$$

Em muitas aplicações práticas, esse sinal é omitido quando se deseja apenas o valor absoluto da força eletromotriz. Quando se trata de uma bobina com  $N$  espiras, e todas as espiras são percorridas pelo mesmo fluxo magnético, a força eletromotriz total induzida na bobina é a soma das forças eletromotrizes induzidas em cada espira. Nesse caso, a equação é:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d\Phi_{\mathbf{B}}}{dt} \quad (\text{eq.12})$$

Existem três maneiras principais de alterar o fluxo magnético que atravessa uma espira ou bobina, e assim induzir uma força eletromotriz:

1. Modificar o módulo do campo magnético  $\mathbf{B}$ , por exemplo, aproximando ou afastando um ímã.
2. Alterar a área da espira ou a parte da área que está imersa no campo magnético.
3. Mudar o ângulo entre o campo magnético e a superfície da espira, como ao girar a

espira em relação à direção do campo.

Esses três mecanismos fundamentam o funcionamento de dispositivos como geradores, transformadores, indutores e diversas tecnologias baseadas em indução eletromagnética.

#### 4.2.1.2 Lei de Lenz

A Lei de Lenz complementa e detalha a Lei de Faraday, explicando o sentido da corrente induzida em uma espira ou bobina. Formulada pelo físico alemão Heinrich Lenz em 1834, essa lei afirma que a corrente elétrica induzida por uma variação do fluxo magnético cria um campo magnético que se opõe à causa que a produziu. Em outras palavras, a corrente induzida age de forma a tentar impedir a mudança no fluxo magnético que a gerou.

Essa oposição não é apenas um detalhe matemático; é uma consequência do princípio da conservação de energia. Sem essa oposição, a corrente induzida aumentaria indefinidamente, o que violaria as leis da física. Para entendermos melhor, voltamos ao exemplo do ímã e da espira condutora que já descrito. Quando aproximamos o polo norte do ímã da espira, o fluxo magnético através da espira aumenta, induzindo uma corrente. A Lei de Lenz diz que essa corrente cria um campo magnético com sentido oposto ao campo do ímã que está se aproximando, ou seja, a espira “resiste” à aproximação do ímã. Esse comportamento pode ser pensado como uma espécie de “força de resistência” que atua para manter o fluxo magnético constante.

Da mesma forma, quando afastamos o ímã, o fluxo magnético diminui, e a corrente induzida cria um campo magnético que tenta “manter” o fluxo, gerando um campo no mesmo sentido do ímã, agindo para impedir a diminuição do fluxo. Outro exemplo claro ocorre no segundo experimento com as duas espiras. Ao fechar a chave que liga a espira da direita, a corrente começa a circular, aumentando o campo magnético que atravessa a espira da esquerda. A corrente induzida na espira da esquerda cria um campo magnético que se opõe a esse aumento repentino, tentando reduzir a mudança no fluxo. Quando a chave é aberta e a corrente da espira da direita cessa, o fluxo magnético diminui abruptamente, e a corrente induzida cria um campo que tenta manter o fluxo, ou seja, no mesmo sentido do campo original, resistindo à variação.

A Lei de Lenz é expressa matematicamente pelo sinal negativo na equação da Lei de Faraday:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{eq.13})$$

Esse sinal negativo indica justamente a oposição da força eletromotriz induzida à variação do fluxo magnético.

A Lei de Lenz possui diversas implicações práticas relevantes:

- **Conservação de energia:** assegura que a energia elétrica gerada pela indução não surge do nada, mas é extraída de alguma fonte, geralmente do trabalho mecânico realizado para mover o ímã ou variar o campo magnético. Por essa razão, sentir a “resistência” ao movimento do ímã é uma demonstração direta da conservação da energia.
- **Funcionamento de freios magnéticos:** em certas bicicletas e trens, freios baseados em correntes parasitas (ou correntes de Foucault) utilizam a indução eletromagnética. Quando discos metálicos passam próximos a ímãs fixos, correntes induzidas criam campos magnéticos que se opõem ao movimento, desacelerando o veículo sem contato mecânico.
- **Estabilização em transformadores e motores elétricos:** a Lei de Lenz garante que as correntes induzidas nesses dispositivos reajam de maneira adequada para evitar variações abruptas, assegurando o funcionamento estável e eficiente dos equipamentos.
- **Geração de energia elétrica:** nos geradores, a oposição imposta pelas correntes induzidas exige que uma força mecânica seja aplicada continuamente para manter o movimento. Isso explica por que é necessário “empurrar” ou girar a manivela ou turbina para produzir eletricidade.

Dessa forma, a Lei de Lenz constitui um princípio fundamental que relaciona o fenômeno da indução eletromagnética à conservação da energia. Ela também explica a direção da corrente induzida, oferecendo uma compreensão mais profunda e completa do comportamento dos sistemas eletromagnéticos.

#### 4.2.1.3 Como Funciona Um Gerador de Energia Elétrica

O processo de produção de energia elétrica pelo gerador começa quando uma fonte de energia primária, como a força da água, do vapor ou do vento, faz mover uma turbina. Essa turbina é acoplada a um eixo, que, ao girar, transmite o seu movimento para um componente do gerador chamado rotor. O rotor é uma parte móvel constituída de ímãs permanentes ou eletroímãs (Hewitt, 2015).

Quando o rotor gira, ele movimenta os ímãs e eletroímãs em seu interior, como resultado dessa rotação o campo magnético gerado pelos ímãs também se move, fazendo surgir um campo magnético variável ao redor do estator, que é a parte fixa do gerador e onde se encontram enroladas bobinas de fio condutor. Essa variação do campo magnético provoca uma oscilação no fluxo magnético através das bobinas, o que induz uma corrente elétrica nelas — de acordo com o princípio de Faraday (Hewitt, 2015).

A corrente elétrica gerada nas bobinas do estator, geralmente é uma corrente alternada (CA), pois a variação cíclica do campo magnético gera uma corrente que muda de direção periodicamente. Essa corrente é então coletada e direcionada para as próximas etapas do processo elétrico: transmissão, transformação e distribuição, até chegar aos consumidores finais. Nas residências, essa corrente alterna 60 vezes por segundo, ou seja, tem frequência de 60 hertz (60 Hz) (Hewitt, 2015).

Os geradores são classificados de acordo com a fonte de energia utilizada para gerar o movimento da turbina, ou seja, a energia mecânica. Abaixo estão os principais tipos:

1. Gerador termelétrico: Utiliza a queima de combustíveis fósseis (como carvão, gás natural e óleo) ou biomassa (resíduos orgânicos) para aquecer água e produzir vapor de alta pressão, que movimenta turbinas ligadas ao gerador.

2. Gerador eólico: Aproveita a força dos ventos para girar as pás de uma turbina eólica. O movimento da turbina gira o rotor do gerador, transformando a energia do vento em energia elétrica.

3. Gerador de biomassa: Queima materiais orgânicos (como resíduos agrícolas, florestais ou lixo orgânico) para produzir calor, seguindo o mesmo princípio das usinas termelétricas — o calor gera vapor que movimenta as turbinas.

Esses diferentes tipos de geradores são escolhidos com base na disponibilidade local dos recursos energéticos. Independentemente da fonte de energia primária, o princípio de funcionamento dos geradores geralmente é baseado na transformação de energia mecânica em energia elétrica por meio da indução eletromagnética (Hewitt, 2015).

Após a energia elétrica ser gerada nas usinas, ela precisa ser conduzida até chegar aos locais onde será consumida — como cidades, bairros, indústrias e estabelecimentos comerciais. Esse transporte é feito por meio do processo de transmissão da energia elétrica. As usinas costumam ser construídas em regiões distantes dos centros urbanos, como margens

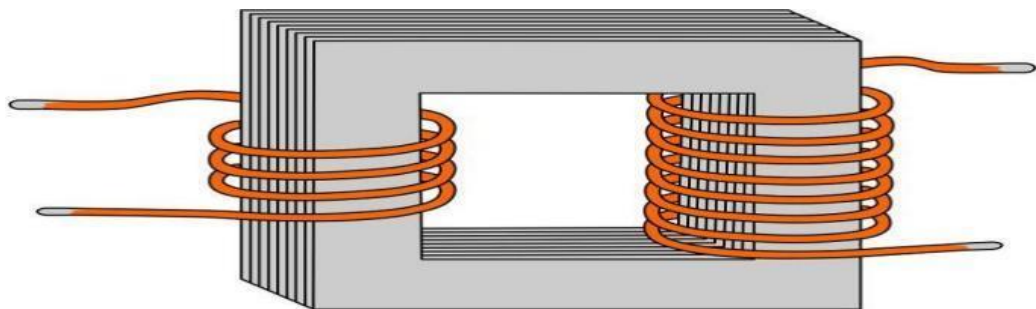
de rios (hidrelétricas), regiões de ventos fortes (eólicas) ou áreas de incidência solar (solares). Assim, a energia elétrica precisa percorrer um longo caminho até os consumidores (Neoenergia, 2024).

Ao longo desse percurso, parte da energia elétrica pode ser dissipada na forma de calor devido à resistência dos fios, fenômeno conhecido como efeito Joule. Para minimizar essa dissipação de energia, utiliza-se um recurso fundamental: o aumento da tensão elétrica, e é aqui que entra o papel dos transformadores (Neoenergia, 2024).

#### 4.2.1.4 O que é um transformador elétrico?

O transformador é um dispositivo utilizado para aumentar ou reduzir a tensão (voltagem) da corrente elétrica sem alterar a sua frequência. Ele funciona somente com corrente alternada (CA) e é indispensável tanto na etapa de transmissão quanto na de distribuição da energia elétrica. O seu princípio de funcionamento é baseado na indução eletromagnética, o mesmo princípio utilizado nos geradores. Os transformadores são constituídos por dois enrolamentos de fios de cobre, denominados de primário e secundário. Esses enrolamentos apresentam um número de voltas diferentes e encontram-se envolvidos em torno de um núcleo de ferro, sem que haja contato entre eles. A Figura 10 mostra um transformador com enrolamentos primário e secundário (Hewitt, 2015).

Figura 10- Transformador com enrolamentos primário e secundário



Fonte: BRASIL ESCOLA. O que é um transformador? Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-um-transformador.htm>. Acesso em: 14 jul. 2025.

Quando a corrente alternada passa pelo enrolamento primário, ela cria um campo magnético com as mesmas características, ou seja, variável que é concentrada e amplificada pelo núcleo de ferro em direção ao enrolamento secundário. Esse campo, por sua vez, induz

uma corrente elétrica no enrolamento secundário (Hewitt, 2015).

A variação da tensão induzida, depende da proporção entre o número de espiras (voltas do fio) nas duas bobinas (primário e secundário). Caso o número de espiras seja maior no secundário do que no primário a tensão será elevada caso ocorra o contrário, ele irá abaixar a tensão. Essa relação entre o número de espiras e a tensão, pode ser expressa por:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad (\text{eq.14})$$

Durante a transmissão de energia elétrica em longas distâncias, é essencial reduzir as perdas por aquecimento nos fios ao máximo. Essas perdas acontecem devido ao efeito Joule, onde parte da energia elétrica se transforma em calor, a potência de energia elétrica dissipada nos fios pode ser dada por:

$$P_{\text{perdida}} = R \cdot I^2 \quad (\text{eq.15})$$

Ou seja, perda de energia nos fios é proporcional ao quadrado da corrente, no entanto, a potência elétrica que precisa ser transmitida é pode ser expressa:

$$P = U \cdot I \quad (\text{eq.16})$$

Assim, observando essa relação, podemos perceber que, ao aumentarmos a tensão elétrica (U), a corrente (I) diminui, desde que a potência (P) se mantenha constante. Isso acontece porque a corrente é inversamente proporcional à tensão nessa condição. Essa redução na corrente é vantajosa, pois diminui significativamente as perdas de energia nos cabos durante a transmissão (Hewitt, 2015).

Por essa razão, nas usinas, utilizam-se transformadores elevadores para aumentar a tensão para valores muito altos, como 138 kV, 230 kV ou mais, a fim de transmitir grandes quantidades de energia com mais eficiência, diminuindo as perdas ao longo das linhas de transmissão. Após percorrer longas distâncias, essa tensão elevada é novamente reduzida por transformadores rebaixadores para níveis seguros de uso nas cidades, garantindo eficiência e segurança no fornecimento de energia elétrica (Vasconcelos, 2017).

A distribuição de energia elétrica é a última etapa do percurso da eletricidade, ela constituída de uma complexa rede de elementos que tem por finalidade transmitir a energia elétrica das usinas geradoras até o consumidor final. Ela ocorre após a transmissão e tem como objetivo levar a energia elétrica com a tensão apropriada para o uso em residências, comércios, escolas, hospitais e indústrias (Vasconcelos, 2017).

Cabem às empresas distribuidoras de energia, sejam elas públicas ou privadas, a responsabilidade de entregar a eletricidade aos consumidores. Assim como no sistema de transmissão, na etapa de distribuição são utilizados fios condutores, transformadores e equipamentos de medição, controle e proteção. No entanto, o sistema de distribuição é mais extenso e ramificado, pois precisa alcançar residências, comércios e indústrias de forma ampla. As redes de distribuição são formadas por linhas de alta, média e baixa tensão, que permitem atender diferentes demandas de consumo (Vasconcelos, 2017).

A energia elétrica, após ser transportada por longas distâncias em alta tensão, chega às subestações de distribuição próximas aos centros urbanos. Nessas subestações, ela passa por transformadores rebaixadores que reduzem a tensão para níveis adequados, geralmente em torno de 13,8 kV. Em seguida, a energia segue pelas redes de distribuição primária, que percorrem ruas principais e bairros, operando com tensões médias entre 11 kV e 34,5 kV (Vasconcelos, 2017).

Próximo às áreas de consumo, como residências e estabelecimentos comerciais, a energia passa por transformadores montados em postes ou em caixas subterrâneas. Esses aparelhos realizam o último rebaixamento da tensão, normalmente para 220 V ou 127 V, conforme o padrão local. A energia, agora em baixa tensão, é conduzida pelas redes de distribuição secundária até as unidades consumidoras, por meio de cabos conectados diretamente aos imóveis (Vasconcelos, 2017).

Por fim, cada local possui um medidor de energia elétrica, que registra o consumo em quilowatt-hora (kWh), valor que será utilizado na cobrança mensal. Todo esse sistema garante que a eletricidade chegue de forma segura, eficiente e com a tensão apropriada aos consumidores (Vasconcelos, 2017).

A distribuição encerra o ciclo da energia elétrica, assegurando que a eletricidade gerada a quilômetros de distância chegue até cada lâmpada acesa, cada máquina ligada e cada equipamento funcionando corretamente (Vasconcelos, 2017).

### **4.3 Fontes de Energia**

As fontes de energia são recursos naturais ou artificiais que são utilizados pela sociedade para gerar diferentes formas de energia. Essa energia é de suma importância para diversas atividades, como o deslocamento de veículos, a geração de calor e a produção de eletricidade para fins domésticos, comerciais e industriais. O uso das fontes de energia está fortemente relacionado ao meio ambiente, já que, dependendo da forma como esses recursos

são explorados, podem causar grandes impactos à natureza (Goldemberg, 2008)

As fontes de energia são divididas em duas categorias, de acordo com a capacidade de regeneração de recursos, são elas as fontes de energia renováveis, que se regeneram naturalmente em curto prazo, e não renováveis, que são limitadas e podem se esgotar com o uso contínuo (Goldemberg, 2008)

As fontes renováveis de energia são recursos naturais capazes de se regenerar em curto período. Como essas fontes de energia são reutilizáveis, isso possibilita o seu uso contínuo, desde que sejam utilizados de maneira responsável. Embora algumas dessas fontes possam ser consideradas inesgotáveis, como a luz solar e o vento, outras — como a água — podem se tornar escassas se forem mal utilizadas. Além disso, é importante destacar que nem toda fonte renovável é totalmente limpa, pois algumas ainda podem gerar impactos ambientais relevantes. Algumas das principais fontes de energia renováveis são:

- Energia Eólica: A energia eólica é obtida a partir da força dos ventos. Esse processo acontece quando turbinas eólicas, também chamadas e aerogeradores, que possuem pás giratórias se movimentam devido a forças dos ventos, esse movimento mecânico é transferido a um gerador que é responsável por transformar a energia do movimento em energia elétrica (Iberdrola, 2024). Por ser abundante e natural, é considerada uma fonte renovável e inesgotável, a energia eólica não libera poluentes nem contribui para o aquecimento global, tornando-se uma alternativa sustentável aos combustíveis fósseis. No entanto, para que seja eficiente, é necessário instalar as turbinas em locais com ventos constantes e fortes, como regiões costeiras ou áreas elevadas (Iberdrola, 2024). Apesar de ser uma fonte de energia com um grande potencial, ela ainda não é amplamente usada em todo o mundo devido ao alto custo dos equipamentos. No entanto, países como Estados Unidos, China e Alemanha vêm investindo significativamente nessa fonte.

- Energia Solar: A energia solar é uma fonte de energia renovável que utiliza a radiação do Sol para gerar eletricidade ou aquecer líquidos, sendo considerada inesgotável. Existem duas formas principais de aproveitamento a solar fotovoltaica, onde são usadas placas solares instaladas em locais com boa exposição ao sol, como telhados ou áreas abertas. A luz do sol atinge as células fotovoltaicas e os elétrons presentes dentro do material semicondutor se movimentam. Essa movimentação gera corrente elétrica contínua (CC). Um inversor transforma essa corrente contínua em corrente alternada (CA), que é usada em casas e indústrias. A energia é consumida localmente ou enviada para a rede elétrica. Já solar térmica, utiliza o calor solar para aquecer água ou outros líquidos, podendo também gerar

vapor para movimentar turbinas. Embora ainda tenha custo elevado, seu uso tem crescido com a instalação de painéis solares em residências, empresas e a construção de grandes usinas solares (EPE, 2024).

- Energia Hidrelétrica: A energia hidrelétrica é gerada a partir da força da água dos rios, que movimenta turbinas nas usinas hidrelétricas. No Brasil, essa é a principal fonte de geração de eletricidade, devido à grande quantidade de rios com potencial para esse fim. Nesse processo, a água do rio é represada por uma barragem, formando um reservatório. Esse acúmulo cria um desnível, ou seja, uma diferença de altura, que aumenta a pressão da água. Quando a usina hidrelétrica precisa gerar energia, libera-se a água por meio de tubos chamados condutos forçados. Ao passar por esses tubos, a água atinge altíssimas velocidades e faz girar as turbinas, que estão conectadas a geradores, e o movimento delas produz energia elétrica. Depois de gerada, essa energia é transportada através de fios e torres até as cidades, onde é usada nas casas, escolas, fábricas e outros lugares. Por usar a água da natureza, que pode ser reutilizada com ciclo da chuva, a energia hidrelétrica é classificada como uma fonte renovável. Porém apesar de ser uma fonte renovável, grandes usinas hidrelétricas podem causar sérios impactos ecológicos e sociais (EPE, 2024).

- Biomassa: A biomassa é uma fonte de energia renovável obtida a partir da queima de materiais orgânicos, como madeira, bagaço de cana-de-açúcar, resíduos agrícolas e até excrementos animais, para gerar energia térmica ou elétrica. É considerada renovável porque o gás carbônico liberado durante a queima é reabsorvido pelas plantas no processo de fotossíntese, mantendo o equilíbrio atmosférico. O seu funcionamento é bem simples ao queimar a biomassa, ocorre a liberação calor, que é utilizado para aquecer a água e produzir vapor. Esse vapor por sua vez é utilizado para movimentar turbinas ligadas a geradores, produzindo energia elétrica. Em alguns casos, a biomassa é transformada em gás (biogás) ou líquido (como o etanol), que também podem ser usados como combustíveis. Seu uso deve ser controlado para garantir a sustentabilidade do processo (EPE, 2024).

- Energia das Marés (Maremotriz): A energia maremotriz aproveita o movimento das marés — a elevação e o recuo das águas do mar — para gerar eletricidade. Para transformar a energia desse movimento em energia elétrica, constroem-se usinas maremotrizes em locais com grande variação do nível da água. Durante a maré alta, a água do mar entra em um reservatório por meio de comportas. Quando a maré baixa, a água é liberada de volta ao mar, passando por turbinas. Esse fluxo movimenta turbinas, esse movimento aciona os geradores que produzem a energia elétrica. Apesar de ainda pouco explorada, a energia das marés representa uma alternativa promissora, especialmente em regiões litorâneas com grande

amplitude de maré (EPE, 2024).

Nas fontes não renováveis de energia são utilizados recursos que existem em quantidade limitada na natureza e podem se esgotar em um futuro relativamente próximo. Seu processo de formação pode levar milhões de anos, o que faz com que sua reposição em curto prazo seja impossível. Por isso, seu uso contínuo e em larga escala representa um desafio estratégico para as sociedades modernas. Um exemplo claro é o petróleo, cujo esgotamento global é estimado para as próximas décadas. Os combustíveis fósseis são amplamente utilizados tanto no transporte de veículos quanto para geração de eletricidade em usinas termoelétricas. Os três

principais tipos são: Petróleo, Carvão mineral, Gás natural, além desses, existem outros derivados como a nafta e o xisto betuminoso (EPE, 2024).

Atualmente, os combustíveis fósseis formam a base da matriz energética mundial. De acordo com a Agência Internacional de Energia, cerca de 81,63% da energia consumida no planeta provém dessas fontes. No Brasil, elas respondem por aproximadamente 56,8% da matriz energética (Portal solar, 2024). Grandes disputas geopolíticas são motivadas por recursos. Muitos países dependem da exportação desses combustíveis, enquanto outros adotam estratégias para garantir seu acesso. No entanto, o uso contínuo dos combustíveis fósseis está ligado à emissão de grandes quantidades de gases de efeito estufa, sendo apontada como uma das principais causas do aquecimento global e das mudanças climáticas (Portal solar, 2024).

Outra fonte de energia não renovável bastante utilizada é energia nuclear, a energia nuclear, é uma fonte de energia obtida a partir da fissão do urânio-235, um material altamente radioativo. Nesse processo o núcleo do átomo se divide e libera uma grande quantidade de calor, que aquece a água e a transforma em vapor. O vapor, por sua vez, movimenta turbinas que acionam geradores de eletricidade (EPE, 2024).

Apesar de usinas nucleares emitirem poucos poluentes atmosféricos durante sua operação, seu gera grande preocupação devido aos riscos envolvidos. O principal problema está no lixo radioativo produzido, que é altamente perigoso e exige armazenamento seguro por milhares de anos. Além disso, acidentes em reatores nucleares podem causar impactos ambientais e humanos de grandes proporções, como demonstrado em episódios como Chernobyl e Fukushima (Pereira, 2005)

Com a crescente preocupação com o aquecimento global, alguns países voltaram a considerar a energia nuclear como uma alternativa viável, por emitir menos gases do efeito estufa em comparação com os combustíveis fósseis. Cada fonte de energia possui vantagens e

desvantagens. Fontes como o carvão e o petróleo, apesar de serem abundantes e baratas, geram danos significativos ao meio ambiente. Outras, como a energia solar e eólica, são limpas e sustentáveis, mas ainda enfrentam desafios tecnológicos e financeiros para ampla adoção (EPE, 2024).

Diante disso, a estratégia mais viável para equilibrar a segurança energética, sustentabilidade e viabilidade econômica seria a diversificação das matrizes energéticas em cada país. No entanto, essa diversidade ainda é limitada, tanto no Brasil quanto em grande parte do mundo, o que evidencia a necessidade de políticas energéticas mais equilibradas e sustentáveis. A Tabela 1 mostra as vantagens e desvantagens de cada fonte de energia.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens de cada fonte de energia

<b>TIPO DE FONTE</b>	<b>FONTE DE ENERGIA</b>	<b>VANTAGENS</b>	<b>DESvantAGES</b>
RENOVÁVEL	ENERGIA EÓLICA	Não emitem gases poluentes; considerada uma fonte limpa	Modifica a paisagem e afeta a rota migratória de aves.
RENOVÁVEL	ENERGIA SOLAR	Limpa; abundante e apresenta bom custo-benefício	Requer investimentos e avanços tecnológicos para maior viabilidade econômica.
RENOVÁVEL	ENERGIA HIDRELÉTRICA	Renovável a curto prazo; baixo custo operacional	Pode causar impactos ambientais e sociais devido à construção de barragens
RENOVÁVEL	BIOMASSA	Pouca emissão de poluentes; utiliza materiais orgânicos renováveis	Pode afetar recursos hídricos e intensificar o desmatamento.
RENOVÁVEL	ENERGIA DAS MARÉS	Fonte limpa com baixo impacto ambiental	Ainda depende de avanços tecnológicos para se tornar economicamente viável.

NÃO-RENOVÁVEL	COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS	Alta eficiência energética; fácil extração e processamento; custo mais acessível	Grande emissão de gases poluentes; contribui para o aquecimento global; esgotamento dos recursos.
NÃO-RENOVÁVEL	ENERGIA NUCLEAR	Não emite gases de efeito estufa e não depende de condições Climáticas	Alto custo de implantação; riscos de acidentes; geração de lixo radioativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### **4.3.1 Fontes de Energia no Brasil**

O Brasil possui uma matriz energética diversificada, de acordo com o Ministério de Minas e Energia, a participação das renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE) brasileira aumentou para 49,1%, em 2023. Esse percentual coloca o Brasil em uma posição de destaque em relação à média global, que depende majoritariamente de combustíveis fósseis. Por isso, o país apresenta uma emissão relativamente menor de gases de efeito estufa em comparação com outras nações (Portal solar, 2024).

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) 2024, os altos níveis de renovabilidade na Oferta Interna de Energia foram garantidos principalmente pela expansão das fontes eólica, solar e de biomassa. A principal fonte de geração elétrica do Brasil, a energia hidráulica, permaneceu estável, favorecida por um regime hídrico adequado, conforme destaca o relatório. O crescimento das fontes renováveis ao longo das últimas duas décadas reforça a posição de liderança do Brasil na transição energética, impulsionada especialmente pela integração e consolidação de novas fontes na matriz energética nacional (Portal solar, 2024).

## 5 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática elaborada, apresenta-se com estrutura fundamentada na aprendizagem baseada em projetos. A proposta está organizada em 6 aulas com duração estimada em 50 minutos para cada aula, e tem como produto final a construção de um protótipo de um gerador elétrico, construído a partir dos conhecimentos desenvolvidos sobre a Lei de Faraday e utilizando fontes de energia renovável. A Tabela 2 mostra a sequência didática das aulas.

Tabela 2- Estrutura da Sequência Didática

<b>Aulas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Atividades/Etapas</b>	<b>Recursos Didáticos</b>
Aula 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilizar sobre a falta de energia em comunidades rurais</li> <li>- Levantar hipóteses e conhecimentos prévios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentar situação-problema e debater</li> <li>- Exibir vídeo curto sobre comunidades sem energia</li> <li>- Discussão em grupos: causas, soluções e tipos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vídeo curto, Slides Folhas ou cartazes, Quadro branco e marcadores</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>de energia</li> <li>- Registrar hipóteses em cartazes/folhas</li> <li>- Explicar ABP e projeto</li> </ul>	

Aula 2	<p>-Compreender fundamentos da geração de energia elétrica</p> <p>- Experimento para demonstração da indução eletromagnética</p>	<p>- Aula dialogada sobre campo magnético, movimento e corrente induzida</p> <p>- Explicar Lei de Faraday com esquemas e animações</p> <p>- Experimento prático com bobinas, ímãs e multímetros/LEDs</p> <p>- Discussão dos resultados</p> <p>- Relacionar com geradores e transformadores</p>	<p>Fio de cobre esmaltado , Ímãs, LEDs, Multímetros , Slides</p>
Aula 3	<p>- Entender funcionamento básico de geradores e transformadores</p> <p>- Identificar etapas da produção e distribuição da energia</p>	<p>- Apresentar componentes do gerador</p> <p>-Demonstrar funcionamento via vídeo ou cartolina modelo físico</p> <p>- Estudo dirigido com pontos chaves para consolidar conceitos</p> <p>- Construir mapa conceitual coletivo</p> <p>-Iniciar pesquisa sobre protótipo (fontes renováveis)</p>	<p>Vídeos, Infográficos Modelos físicos, Fichas de leitura e cartolina</p>
Aula 4	<p>- Pesquisa e planejamento do protótipo, elaboração do projeto técnico</p>	<p>Planejar uma solução prática, organizar os passos da construção</p>	<p>Roteiro de pesquisa Internet, Papel, canetas, cartolina, fichas técnicas</p>

Aula 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir e testar protótipos</li> <li>- Aplicar teoria na prática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montagem dos protótipos em grupos</li> <li>- Realizar testes e medições (tensão, corrente, LEDs)</li> <li>- Ajustar protótipos e solucionar problemas</li> <li>- Registrar processo no diário de bordo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ímãs, bobinas, LEDs, multímetros Eixos, colas, ferramentas , materiais recicláveis</li> </ul>
Aula 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentações</li> <li>Socialização das soluções</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentar soluções desenvolvidas</li> <li>- Refletir sobre aplicabilidade prática e aprendizagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cartazes, Protótipos Celulares para gravação, Fichas de avaliação</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

### **Aula 1 – Apresentação da Situação-Problema e Discussão Inicial sobre Energia Elétrica**

- Objetivos da aula: Sensibilizar os estudantes para o problema social da falta de energia elétrica em comunidades rurais, levantar hipóteses e conhecimentos prévios sobre energia e geração elétrica.

- Público alvo: Estudantes do ensino médio (segundo ano) e/ou terceiro.

- Duração da aula: 50 minutos.

- Recursos didáticos: Vídeo ou documentário curto sobre comunidades sem energia elétrica, slides com imagens ilustrativas, folhas ou cartazes para registro de hipóteses, quadro branco e marcadores para socialização das ideias.

A aula terá início com questionamentos e discussões para os alunos, com a intenção de fazê-los refletirem acerca do problema da falta de energia elétrica em algumas comunidades rurais. Dando continuidade a esse processo reflexivo, o(a) professor(a) apresentará a seguinte situação problema para a turma: “Uma pequena comunidade rural não possui acesso constante à rede elétrica. Como garantir uma fonte sustentável e de baixo custo para atender pequenas necessidades, como carregar lanternas ou rádios?”. A situação será lida em voz alta e brevemente discutida, a fim de despertar o interesse e contextualizar o tema.

Após isso, será exibido um vídeo um trecho da reportagem “Moradores se unem para

trazer energia elétrica para comunidade ...”, transmitida pelo canal Record News no YouTube, que mostra realidades de comunidades sem acesso à energia elétrica, destacando os desafios enfrentados pelos moradores. O vídeo tem duração aproximada de 5 minutos e contém imagens e depoimentos reais de moradores enfrentando a falta de energia elétrica.

Em seguida, os alunos serão organizados em pequenos grupos para discutir as seguintes questões:

- Por que algumas comunidades ainda não têm acesso à energia?
- Quais soluções simples poderiam ser pensadas para essa situação?
- Que tipos de energia vocês conhecem?

A mediação do(a) professor(a) será essencial para assegurar que todos participem e direcionar o foco da discussão para alternativas sustentáveis. Cada grupo registrará suas hipóteses e ideias sobre possíveis formas de gerar energia elétrica com baixo custo. Esses registros poderão ser feitos em folhas individuais ou cartazes, e depois socializados com a turma. O(a) professor(a) explicará a proposta da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), enfatizando que os estudantes investigaram formas de geração de energia sustentável e, ao final, irão propor uma solução prática. Também serão apresentados os próximos passos do projeto, como pesquisa, experimentação e apresentação dos resultados.

## **Aula 2 – Introdução à Indução Eletromagnética e à Lei de Faraday**

- Objetivos da aula: Compreender os fundamentos físicos da geração de energia elétrica, vivenciar na prática o fenômeno da indução eletromagnética.

- Público alvo: Estudantes do ensino médio (segundo) e/ou terceiro.

- Duração da aula: 50 minutos.

- Recursos didáticos: Fio de cobre esmaltado, ímãs de neodímio ou cerâmicos, LEDs, multímetros, slides com esquemas

A aula será organizada de forma cronológica e conceitual, iniciando com o contexto histórico e avançando para os fundamentos da indução eletromagnética e suas aplicações. Os conteúdos abordados incluem:

### **1. Experimento de Ørsted**

A aula começará com a apresentação da descoberta feita por Hans Christian Ørsted,

que demonstrou que uma corrente elétrica é capaz de gerar um campo magnético, estabelecendo a base da relação entre eletricidade e magnetismo.

## 2. Lei de Faraday da Indução Eletromagnética

Em seguida, será introduzida a ideia de reciprocidade: se a eletricidade pode gerar magnetismo, o inverso também é possível. Assim, será explicada a descoberta de Michael Faraday, que demonstrou que a variação do fluxo magnético em uma espira condutora induz o surgimento de uma corrente elétrica. Esse fenômeno é conhecido como indução eletromagnética

## 3. Fluxo Magnético e Variação Temporal

Serão apresentados os conceitos de fluxo magnético e como sua variação no tempo em uma bobina (ou espira) gera uma corrente induzida.

## 4. Fatores que influenciam a indução

Serão explorados os principais fatores que aumentam ou diminuem a corrente induzida:

- Intensidade do campo magnético;
- Velocidade do movimento entre ímã e espira;
- Número de espiras do condutor;
- Orientação da espira em relação ao campo magnético

## 5. Lei de Lenz

Será abordado o sentido da corrente induzida, explicando a Lei de Lenz, que determina que a corrente gerada sempre se opõe à causa que a produziu, garantindo a conservação da energia.

## 6. Força Eletromotriz Induzida (fem)

Os alunos compreenderão o conceito de fem induzida, relacionada à energia fornecida

para movimentar cargas elétricas durante o processo de indução.

## 7. Aplicações Práticas

A aula se encerrará com exemplos de aplicação da indução eletromagnética em dispositivos como geradores elétricos e transformadores, destacando a importância da indução na geração e distribuição de energia elétrica. Serão utilizados exemplos cotidianos para estimular a participação dos estudantes por meio de perguntas e esquemas ilustrativos e animações simples para explicar a relação entre variação do fluxo magnético e corrente induzida.

### Perguntas Estimuladoras

- Você já usou uma bicicleta de academia que acende a tela e funciona só quando você pedala? Como será que ela gera essa energia sem estar ligada na tomada?
- Como é possível que um carregador sem fio funcione mesmo sem estar conectado por cabos?
- Se o vento ou a água em uma usina fazem algo girar, como isso se transforma em energia elétrica?
- Por que os postes de luz têm caixas grandes chamadas transformadores? O que será que eles fazem com a eletricidade?
- É possível gerar eletricidade sem usar pilhas ou tomadas? De que forma?
- O que acontece quando você movimenta um ímã perto de fios enrolados? Que tipo de energia está sendo transformada ali?
- Qual a importância de poder gerar eletricidade em lugares afastados, onde não há rede elétrica?

Posteriormente, o professor realizará uma demonstração prática utilizando bobinas de fio de cobre, ímãs e multímetros ou LEDs, para que os alunos possam observar a geração de corrente ao movimentar o ímã dentro da bobina. Após a demonstração, será promovida uma conversa orientada sobre as observações feitas, relacionando os resultados à teoria apresentada. Por fim, será estabelecida a conexão entre o fenômeno demonstrado e o funcionamento de equipamentos como geradores e transformadores.

### **Aula 3 – Funcionamento de Geradores Elétricos, Transformadores e Produção de Energia**

- Objetivos da aula: Compreender o funcionamento básico de geradores e transformadores, identificar as etapas de produção e distribuição da energia elétrica.

- Público alvo: Estudantes do ensino fundamental (nono ano) e/ou médio.

- Duração da aula: 50 minutos.

- Recursos didáticos: Vídeos explicativos, infográficos, modelos físicos (ex: motores), fichas de leitura, quadro e cartolina.

A aula começará com a explicação dos componentes principais de um gerador (turbina, eixo, rotor, estator, ímã) e como o movimento mecânico é convertido em energia elétrica. Será exibido um utilizado um modelo físico (ex: ventilador desmontado) para mostrar a estrutura e o funcionamento de um gerador real e de um modelo caseiro.

Em seguida, será proposto um que os alunos realizem uma pesquisa com uso de recursos digitais (como vídeos, sites confiáveis e infográficos), com o objetivo de compreenderem as etapas de produção de energia (geração, transmissão e distribuição de energia elétrica).

O professor orientará a atividade destacando pontos-chave que devem ser investigados, como:

- As fontes de energia utilizadas na geração de eletricidade (renováveis e não renováveis);

- Os tipos de usinas elétricas (hidrelétrica, solar, eólica, termoelétrica,etc.);

- O papel da transmissão e distribuição, incluindo a função dos transformadores no transporte da energia elétrica até as residências e estabelecimentos.

A pesquisa será feita em grupos de até 5 integrantes, com acompanhamento do professor. Após o levantamento das informações, cada grupo irá organizar um mapa conceitual em cartaz, relacionando os elementos do sistema elétrico de forma visual e organizada. Os cartazes serão apresentados ou expostos na sala, promovendo o compartilhamento de aprendizados entre os grupos. Essa atividade tem como objetivo consolidar os conceitos estudados e preparar os alunos para a etapa final do projeto: o planejamento e construção de um gerador funcional com base em diferentes fontes de energia.

### **Aula 4 – Pesquisa e Planejamento do Protótipo**

- Objetivos da aula: Planejar uma solução prática para o problema apresentado,

organizar as etapas para construção de um gerador funcional a partir de fonte renovável.

- Público alvo: Estudantes do ensino médio(segundo) e/ou terceiro.
- Duração da aula: 50 minutos.
- Recursos didáticos: Roteiro de pesquisa impresso, acesso à internet, papel, canetas, cartolina, fichas técnicas.

A aula se iniciará com a continuidade dos grupos previamente formados durante a construção do mapa conceitual. Eles definirão a fonte de energia que será utilizada em seus protótipos. Os grupos seguirão um roteiro de pesquisa orientada com questões como: Qual é o princípio físico envolvido? Quais os materiais necessários? Qual será a função do protótipo (ex: acender LED, carregar aparelho)?

Após a pesquisa, cada grupo elaborará desenhos técnicos e descreverá as etapas de construção do protótipo, incluindo materiais e objetivos. Por fim, o(a) professor(a) analisará os planos e fornecerá feedbacks técnicos e pedagógicos para o aprimoramento dos projetos.

#### **Aula 5 – Construção dos Protótipos (Oficina Experimental)**

- Objetivos da aula: Construir e testar os protótipos., relacionar teoria e prática na aplicação dos conceitos estudados.
- Público alvo: Estudantes do ensino médio (segundo) e/ou médio.
- Duração da aula: 50 minutos.
- Recursos didáticos: Ímãs, bobinas, LEDs, multímetros, eixos, colas, ferramentas simples, materiais recicláveis.

Nesta aula, os grupos farão a montagem dos protótipos com os materiais reunidos, sob orientação e supervisão do(a) professor(a). Serão realizados testes práticos, como medição de tensão e corrente, verificação do acendimento de LEDs ou carregamento de aparelhos. Os estudantes farão os ajustes necessários nos protótipos e trocarão ideias entre os grupos para aprimorar os resultados. Para registrar o andamento do processo de construção, cada grupo irá preencher um diário de bordo, anotando as etapas da construção, os desafios enfrentados e as soluções adotadas.

#### **Aula 6 – Apresentação das Soluções e Socialização**

- Objetivos da aula: Socializar as soluções desenvolvidas, apresentar a aplicabilidade dos protótipos na resolução de problemas reais.
- Público alvo: Estudantes do ensino fundamental (nono ano) e/ou médio.

- Duração da aula: 50 minutos.
- Recursos didáticos: Cartazes, protótipos, celulares para gravação, fichas de avaliação.

Nesta aula, cada grupo apresentará seu protótipo à turma, explicando: o seu funcionamento, a justificativa da fonte de energia utilizada, os fundamentos físicos envolvidos (Lei de Faraday, conservação da energia) e a aplicabilidade do projeto em contextos reais.

Os protótipos serão expostos em formato de feira de ciências, aberta para visitação interna (turmas ou professores convidados). Será realizada a coavalia o entre os grupos e a avalia o docente, com base em critérios previamente definidos. Por fim, os alunos preencherão fichas de autoavalia o e participarão de uma roda de conversa para refletir sobre o processo e os aprendizados.

#### Sugestão de Atividade:

Como atividade para casa, propõe-se aos alunos (divididos em grupos, para otimizar o tempo) que pesquisem exemplos de comunidades rurais que desenvolveram soluçoes criativas e sustentáveis para suprir suas necessidades energéticas.

Os temas podem ser os seguintes:

- Uso de painéis solares improvisados.
- Pequenas turbinas eólicas caseiras.
- Minigeradores hidrelétricos comunitários.
- Sistemas de biogás.

No entanto, deve-se dar autonomia aos alunos para trazerem em suas pesquisas outros assuntos que também sejam pertinentes   proposta.

## 6 CONCLUSÃO

Discutir fontes de energia renováveis no Ensino Médio é essencial para o desenvolvimento de competências que incentivem a análise crítica das tecnologias, a sustentabilidade e a responsabilidade socioambiental. A Competência Específica 1 da área de Ciências da Natureza orienta os estudantes a analisarem fenômenos naturais e processos tecnológicos com base nas relações entre matéria e energia, avaliando os impactos decorrentes do uso de diferentes fontes energéticas. Por sua vez, a Competência Específica 3 ressalta a importância de investigar problemas reais e propor soluções sustentáveis, considerando os contextos locais, regionais e globais.

As habilidades EM13CNT306 (avaliar riscos e justificar comportamentos seguros com base no conhecimento científico), EM13CNT309 (analisar questões socioambientais relacionadas à dependência de recursos não renováveis e discutir alternativas energéticas) e EM13CNT308 (compreender o funcionamento de equipamentos elétricos e seus impactos) evidenciam a relevância de tratar esse tema em sala de aula.

Em conclusão, a proposta de uma sequência didática fundamentada na aprendizagem baseada em projetos tem por objetivo promover uma aprendizagem significativa que estabeleça um diálogo entre a teoria e a prática, ao mesmo tempo em que se alinha às diretrizes estabelecidas pela BNCC. A ideia de relacionar a Lei de Faraday com o processo de produção de energia é uma forma de mostrar como conceitos físicos são contextualizados no mundo real. Propor aos alunos uma situação-problema que exija a aplicação desses conceitos, fazendo uso de alternativas sustentáveis, visa demonstrar como a Física e o letramento científico podem solucionar problemas reais do dia a dia. Além disso, busca desenvolver nos estudantes uma consciência crítica sobre o uso responsável da energia, estimulando a busca por soluções que promovam a preservação do meio ambiente, a economia de recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida.

A sequência didática proposta também possui grande potencial para ampliar a reflexão dos estudantes sobre o descarte irregular de componentes eletrônicos, como baterias e lâmpadas, e suas implicações ambientais. Ao abordar esses temas, é possível incentivar práticas mais conscientes, como o uso de lâmpadas de LED, que consomem menos energia e possuem maior durabilidade, contribuindo para a economia de recursos. Além disso, a proposta pode incorporar atividades práticas que explorem o reaproveitamento de motores

descartados de equipamentos como impressoras, HDs e aparelhos de DVD, promovendo a reutilização de materiais e demonstrando como a Física pode ser aplicada na criação de soluções sustentáveis e acessíveis. Com isso, a sequência didática não apenas contextualiza conceitos físicos, mas também estimula a criatividade, o protagonismo e o desenvolvimento de competências voltadas à sustentabilidade e à inovação tecnológica.

Dessa forma, o trabalho demonstra que quando o ensino de Física é ancorado em metodologias ativas e em problemas reais, ela contribui significativamente para a formação integral dos estudantes e para a construção de uma consciência crítica e cidadã voltada para a sustentabilidade energética e a transformação social.

## REFERÊNCIAS

ABC COLOR. **Exemplos de energia cinética e potencial**. 23 maio 2023. Disponível em: <https://www.abc.com.br/tag-ejemplos-de-energia-cinetica-y-potencial>. Acesso em: 13 jul. 2025.

AGENDA 2030. Organização das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 13 jul. 2025.

ASTH, Rafael. **Energia potencial**. Toda Matéria. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/energia-potencial/>. Acesso em: 11 jul. 2025.

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Porto Alegre: Artesmed, 2003.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BACICH, Lilian; MORAN, José (orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BACICH, Lilian; TANZI NETO, Adolfo; TREVISANI, Fernando de Mello (orgs.). **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.

BENDER, William N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2014.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 11 jul. 2025.

BRASIL. Decreto nº 4.281, de 25 de junho de 2002. Regulamenta a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que dispõe sobre a Educação Ambiental. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 26 jun. 2002.

BRASIL. Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961. Fixa as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 27 dez. 1961.

BRASIL. Lei nº 5.692 de 11 de agosto de 1971. Fixa diretrizes e bases para o ensino de 1º e 2º graus. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 12 ago. 1971.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da

educação nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm). Acesso em: 11 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 28 abr. 1999.

BRASIL. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de Educação – PNE e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 26 jun. 2014. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2014/lei/113005.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/113005.htm). Acesso em: 11 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. Altera a Lei nº 9.394, de 1996, para dispor sobre a reorganização da estrutura curricular do ensino médio. **Diário Oficial da União**: Brasília, 17 fev. 2017.

BRASIL. Lei nº 14.834, de 4 de abril de 2024. Altera a LDB para incluir a obrigatoriedade da educação digital. **Diário Oficial da União**: <http://www.ceex.unicamp.br>. Acesso em: 11 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.845, de 9 de abril de 2024. Dispõe sobre a inclusão da educação climática nos currículos da educação básica. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 10 abr. 2024.

BRASIL. Lei nº 14.845, de 2024. Altera a carga horário do Ensino Médio. **Diário Oficial da União**: Brasília, 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**: Resolução CNE/CEB nº 2, de 30 de janeiro de 2012. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 31 jan. 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. **Plano Nacional de Educação**. Brasília, DF: MEC, [s.d.]. Disponível em: <http://www.gov.br/mec/pt-br/pne>. Acesso em: 11 jul. 2025.

BRASIL. Resolução CNE/CEB nº 2, de 22 de dezembro de 2018. Aprova as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica. **Diário Oficial da União**: Brasília, 24 dez. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CEB nº 3, de 21 de dezembro de 2011. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Diário Oficial da União**: Brasília, 28 dez. 2011.

BRASIL ESCOLA. **Energia potencial elástica**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/amp/fisica/energia-potencial-elastica.htm>. Acesso em: 07 jul. 2025.

BRASIL ESCOLA. **O que é um transformador?** Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-um-transformador.htm>. Acesso em: 14

jul. 2025.

DELIZUCOV, D.; ANGOTTI, J. A.; MACHADO, D. B. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

DEWEY, John. **Democracia e educação**. São Paulo: Nacional, 1970.

DOURADO, L. F.; OLIVEIRA, J. F. A. **A qualidade da educação: perspectivas e desafios**. Cadernos Cedes, v. 29, n. 78, p. 201-215, 2009. Disponível em: <http://www.ceex.unicamp.br>. Acesso em: 18 jul. 2025.

EFEITO JOULE. **Energia potencial gravitacional**. 2010. Disponível em: <https://estudopreenem.com/2010/06/energia-potencial-gravitacional>. Acesso em: 12 jul. 2025.

EPE. **Fontes de Energia**. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.fpe.gov.br/abcdeenergia/fontes-de-energia>. Acesso em: 17 jul. 2025.

FRACALANZA, Hilário; AMARAL, Ivan Amorosino do. **O Ensino de Ciências no Primeiro Grau**. São Paulo: Atual, 1993.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FUVEST. **Questão sobre energia potencial. PROJETO AGATHA EDU. Trabalho e Energia: Energia Potencial Gravitacional e Elástica**. Disponível em: <https://www.projetagatha.edu.br/wp-content/uploads/2021/08/trabalho-e-energia-energia-potencial-gravitacional-e-elastica.php>. Acesso em: 12 jul. 2025.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física: eletromagnetismo e física moderna**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2006.

GASPAR, Alberto. **Física: volume 2: ondas, óptica e termodinâmica**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2006.

GATTI, Bernadette Maria. **Desafios da formação de professores no Brasil**. São Paulo: Cortez, 2010.

GOLDBERG, José et al. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. São Paulo: Ed. USP, 2008.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. Volume 3. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Volume 1 - Mecânica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HERNÁNDEZ, Fernando; VENTURA, Montserrat. **A organização do Currículo por projetos de trabalho**. O conhecimento é um caleidoscópio. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

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

IBERDROLA. **Energia eólica terrestre**. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/conhecer/nossa-atividade/energia-eolica-terrestre>. Acesso em: 17 jul. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Painel de Indicadores Educacionais**. [S.I.]: INEP. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJyZlZldjMjYwM2I2ZWQtNWZmOS00NmE0LTkwNjUtZjI5NTI0NzgwOGI0YiIsIjoizbIiwib3JpZ2luIjojMSJ9>. Acesso em: 11 jul. 2025.

LIBÂNEO, José Carlos; OLIVEIRA, João Ferreira de; TOSCHI, Mirza Seabra. **Educação escolar: políticas, estrutura e organização**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

LOURIEIRO, Carlos Frederico Bernardo. **Sustentabilidade e educação: um olhar da ecologia política**. São Paulo: Cortez, 2012.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**. São Paulo: Vetor Editora, 2008.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Física: volume 1: ensino médio**. São Paulo: Scipione, 2006.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional 2024**. Brasília, DF: MME, 2024.

MORAN, José Manuel. **O papel do professor na aprendizagem baseada em projetos**. In: BACICH, L.; MORAN, J. (orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2015. p. 97-111.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. Porto Alegre: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa: da teoria à prática**. São Paulo: Centauro, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.

MOREIRA, Marco Antônio. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.

MOREIRA, Marco Antônio. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1999.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Lei de Faraday**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/lei-faraday.htm>. Acesso em: 14 jul. 2025.

NEOENERGIA. **Caminho da energia elétrica: da geração à distribuição**. 2024. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/caminho-da-energia-eletrica-da-geracao-a-distribuicao>. Acesso em: 17 jul. 2025.

OLIVEIRA, D. A. L. **Análise da consonância dos programas nacionais de Educação com os déficits de infraestrutura das escolas públicas do Brasil: possibilidades e desafios à descentralização**. 2017. Dissertação (Mestrado em Gestão Pública) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Transformar nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova Iorque, 2015. Disponível em: <https://un.org/sustainabledevelopment/2015/09/agenda2030/>. Acesso em: 18 jul. 2025.

PAPERT, Seymour: **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artmed, 1980.

PEREIRA, Elaine Campos. **Risco e vulnerabilidade socioambiental e o “depósito definitivo de rejeitos radioativos” na percepção dos moradores do ABCD Paulista**. Dissertação (Mestrado em Sociologia) – Faculdade de Ciências Humanas e Filosofia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

PIAGET, Jean. **A epistemologia genética**. São Paulo: Abril Cultural, 1976. (Coleção Os Pensadores).

PORTAL SOLAR. **Matriz Energética Brasileira e Matriz Elétrica Brasileira**. Disponível em: <https://portalsolar.com.br/matriz-energetica-brasileira-matriz-eletrica-brasileira>. Acesso em: 18 jul. 2025.

SAVIANI, Dermeval. **História das ideias pedagógicas no Brasil**. 25. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física moderna**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros – Volume 1: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Aprendizagem baseada em projetos**. Disponível em: [https://www.ufrgs.br/flipped/Oficina/Metodologias/Ativas/Aprendizagem\\_baseada\\_em\\_projetos.html](https://www.ufrgs.br/flipped/Oficina/Metodologias/Ativas/Aprendizagem_baseada_em_projetos.html). Acesso em: 11 jul. 2025.

VASCONCELOS, Filipe Matos de. **Motores de Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica**. [S.l.]: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.