



UESB

Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

RICARDO BRENO BARBOSA BATISTA

**APLICAÇÃO DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DO EFEITO
FOTOVOLTAICO: Potencial Solarimétrico do Norte de Minas Gerais como
oportunidade de consolidação de conceitos**

**Vitória da Conquista
2026**

RICARDO BRENO BARBOSA BATISTA

**APLICAÇÃO DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DO EFEITO
FOTOVOLTAICO: Potencial Solarimétrico do Norte de Minas Gerais como
oportunidade de consolidação de conceitos**

Dissertação apresentada ao Polo 62 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador: Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro
Coorientador: Prof. Dr. Jorge Ricardo Araujo Kaschny

**Vitória da Conquista
2026**

B337a

Batista, Ricardo Breno Barbosa.

Aplicação dos Três Momentos Pedagógicos no ensino do efeito fotovoltaico: potencial solarimétrico do norte de Minas Gerais como oportunidade de consolidação de conceitos / Ricardo Breno Barbosa Batista, 2026.

126 f. : il. , color.

Orientador (a): Dr. Luizdarcy de Matos Castro.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2026.

Inclui referências F. 111 - 119

Contem produto educacional.

1. Ensino de física. 2. Efeito fotovoltaico. 3. Efeito fotoelétrico. 4. Três Momentos Pedagógicos. I. Castro, Luizdarcy de Matos. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF. III. T.

CDD 530.07

Catálogo na fonte: Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista -BA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Mestrado Nacional Profissional
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



**APLICAÇÃO DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DO EFEITO
FOTOVOLTAICO: POTENCIAL SOLARIMÉTRICO DO NORTE DE MINAS GERAIS COMO
OPORTUNIDADE DE CONSOLIDAÇÃO DE CONCEITOS**

AUTORIA: RICARDO BRENO BARBOSA BATISTA

DATA DE APROVAÇÃO: 10 DE ABRIL DE 2026

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br LUIZDARCY DE MATOS CASTRO
Data: 10/04/2026 11:33:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br VERA APARECIDA FERNANDES MARTIN
Data: 10/04/2026 12:01:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dª. Vera Aparecida Fernandes Martin
Examinadora externa

Documento assinado digitalmente
gov.br CRISTINA PORTO GONÇALVES
Data: 10/04/2026 14:02:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Drª. Cristina Porto Gonçalves
Examinadora interna

2026



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300





UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos dez dias do mês de abril de 2026, às 09h, via videoconferência, pela plataforma GoogleMeet, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada **APLICAÇÃO DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DO EFEITO FOTOVOLTAICO: Potencial Solarimétrico do Norte de Minas Gerais como oportunidade de consolidação de conceitos**, de autoria de Ricardo Breno Barbosa Batista, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo professor Dr. Luizdarcy de Matos Castro, orientador do mestrando e contou com a participação da professora Dr^a. Vera Aparecida Fernandes Martin e da professora Dr^a. Cristina Porto Gonçalves, na condição de examinadores; tendo sido APROVADO. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser entregue, na secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da UESB.

Documento assinado digitalmente
gov.br LUIZDARCY DE MATOS CASTRO
Data: 10/04/2026 11:33:01-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br VERA APARECIDA FERNANDES MARTIN
Data: 10/04/2026 12:03:20-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof^a. D^a. Vera Aparecida Fernandes Martin
Examinadora externa

Documento assinado digitalmente
gov.br CRISTINA PORTO GONCALVES
Data: 10/04/2026 14:06:41-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Cristina Porto Gonçalves
Examinadora interna

Documento assinado digitalmente
gov.br RICARDO BRENO BARBOSA BATISTA
Data: 10/04/2026 13:04:53-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Ricardo Breno Barbosa Batista
Discente

Documento assinado digitalmente
gov.br WAGNER DUARTE JOSE
Data: 12/04/2026 14:38:06-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Wagner Duarte José
Coordenador do PPG-MNPEF

2026



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Leile Tatiane, companheira incansável em todos os momentos da minha vida, cuja paciência, apoio e amor foram fundamentais nesta jornada, aos meus filhos Alexandre, Heitor e Ricardo, que são minha maior inspiração para seguir em frente, com esperança e compromisso com a educação, à minha mãe Eusedir, carinhosamente chamada de Diga, exemplo de força, coragem e dedicação, cujos ensinamentos e sacrifícios tornaram possível a realização deste sonho e a todos aqueles que, como eu, buscam maneiras cada vez mais interessantes para ensinar Física.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar, a Deus, por me conceder saúde, força e coragem para enfrentar os desafios desta caminhada acadêmica.

À minha esposa, Tatiane, por todo o amor, paciência, incentivo e compreensão nos momentos em que precisei me ausentar da convivência familiar para me dedicar aos estudos.

Aos meus filhos, Alexandre, Heitor e Ricardo, que são minha inspiração diária e o motivo maior para buscar sempre o melhor.

À minha mãe, Eusedir, exemplo de dedicação e amor incondicional, que sempre acreditou em mim.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pelo acolhimento, pela qualidade da formação e pelo compromisso com o ensino e a pesquisa.

Ao meu orientador, professor Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Coorientador: Prof. Dr. Jorge Ricardo Araujo Ricardo Araujo Kaschny pela orientação cuidadosa, pela escuta atenta, pelos conselhos assertivos e por compartilhar seu conhecimento com generosidade durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) – código de financiamento 001, pelo papel essencial no incentivo à formação de professores e no fortalecimento da pesquisa em educação no Brasil.

Ao casal Seu Galego e Dona Angélica, pela acolhida calorosa e pelo cantinho sempre disponível para os momentos de descanso.

Aos amigos Ernandes e Dean, pelas companhias nas viagens, pelas conversas e pela amizade que tornaram essa jornada mais leve.

Aos colegas da turma do mestrado, pelo apoio mútuo, pelas trocas de experiências e pelo espírito de colaboração que marcou nossa caminhada.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, deixo aqui o meu mais sincero agradecimento.

EPÍGRAFE

"Um país se faz com homens e livros, mas se desenvolve com ciência" (César Lattes)

RESUMO

Esta dissertação analisa a aplicação dos Três Momentos Pedagógicos (3MP) no ensino do efeito fotovoltaico no Ensino Médio, articulando o conhecimento científico escolar às vivências e ao contexto regional do Norte de Minas Gerais. O trabalho teve como objetivo promover uma aprendizagem crítica e contextualizada, favorecendo a problematização da realidade e a construção coletiva do conhecimento, com ênfase na diferenciação conceitual entre os efeitos fotovoltaico e fotoelétrico e no desenvolvimento da consciência energética dos estudantes. A análise dos registros de observação, produções discentes e respostas pré/pós indicou avanços na capacidade de distinguir mecanismos e aplicações dos efeitos fotoelétrico e fotovoltaico; aumento do letramento científico ao relacionar modelos microscópicos (junção p-n, bandas de energia) a dispositivos reais; maior engajamento e protagonismo em atividades investigativas; e elevação da consciência energética, com reconhecimento da viabilidade técnica e socioeconômica da energia solar na região, dadas as condições solarimétricas favoráveis. Conclui-se que a sequência didática fundamentada nos 3MP potencializa a aprendizagem significativa, crítica e contextualizada de Física, oferecendo um roteiro replicável para docentes que desejem integrar dados regionais, metodologias ativas e avaliação formativa, em consonância com a BNCC e com os princípios de sustentabilidade e cidadania científica.

Palavras-chave: ensino de física; efeito fotovoltaico; efeito fotoelétrico; três momentos pedagógicos; Norte de Minas Gerais.

ABSTRACT

This dissertation analyzes the application of the Three Pedagogical Moments (TPM) in teaching the photovoltaic effect in high school, articulating scientific knowledge with students' experiences and the regional context of Northern Minas Gerais, Brazil. The study aimed to promote critical and contextualized learning, encouraging the problematization of reality and the collective construction of knowledge, with emphasis on the conceptual differentiation between the photovoltaic and photoelectric effects, as well as on the development of students' energy awareness. The analysis of observational records, students' productions, and pre/post responses indicated advances in the ability to distinguish mechanisms and applications of the photoelectric and photovoltaic effects; increased scientific literacy through the connection between microscopic models (p-n junction, energy bands) and real devices; greater engagement and protagonism in investigative activities; and enhanced energy awareness, including recognition of the technical and socioeconomic feasibility of solar energy in the region, given its favorable solarimetric conditions. It is concluded that the didactic sequence based on the TPM enhances meaningful, critical, and contextualized learning in Physics, providing a replicable framework for teachers who seek to integrate regional data, active methodologies, and formative assessment, in alignment with the Brazilian National Common Curricular Base (BNCC) and with the principles of sustainability and scientific citizenship.

Keywords: physics education; photovoltaic effect; photoelectric effect; three pedagogical moments; Northern Minas Gerais.

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 – Dissertações e trabalhos acadêmicos	16
Quadro 2 – Artigos Científicos em Revistas e Anais	16
Quadro 3 – Livros e Referenciais Teóricos	17
Quadro 4 – Cronograma de execução do produto educacional (Sequência Didática) fundamentada nos 3MP.....	51
Quadro 5 – Comparativo do efeito fotoelétrico com o efeito fotovoltaico.....	60
Quadro 6 – Dados médios de irradiação solar:.....	67

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplificação do efeito fotoelétrico	28
Figura 2 – Funcionamento de uma célula fotovoltaica	30
Figura 3 – Estrutura de bandas de metais, semicondutores e isolantes	32
Figura 4 – Diagrama de bandas de energia de um semicondutor intrínseco de silício	32
Figura 5 – Complexo Solar Janaúba – Janaúba/MG	39
Figura 6 – Usina solar Sol de Jaíba – Jaíba/MG	40
Figura 7 – Usina solar Sol do Cerrado – Jaíba/MG	41
Figura 8 – Fachada da escola	45
Figura 9 – Secretaria escolar	46
Figura 10 – Sala de informática	46
Figura 11 – Sala de aula	47
Figura 12 – Cantina	47
Figura 13 – Quadra poliesportiva	48
Figura 14 – Início do primeiro momento pedagógico	53
Figura 15 – Aplicação do questionário Likert	55
Figura 16 – Terceira aula do primeiro momento pedagógico	57
Figura 17 – Simulação do efeito fotoelétrico (PhET Colorado)	58
Figura 18 – Simulação do efeito fotovoltaico	59
Figura 19 – Estrutura de bandas de metais, semicondutores e isolantes	62
Figura 20 – Semicondutores do tipo N e do tipo P	62
Figura 21 – Simulação do efeito fotovoltaico	63
Figura 22 – Custo de produção de energias renováveis entre 2010 e 2020	64
Figura 23 – Mapa hipsométrico do estado de Minas Gerais	66
Figura 24 – Apresentação dos trabalhos de pesquisa: vantagens e desvantagens do uso da energia solar fotovoltaica	69
Figura 25 – Apresentação dos trabalhos de pesquisa: diferenças conceituais e funcionais entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico	70
Figura 26 – Apresentação dos trabalhos de pesquisa: usinas solares do Norte de Minas Gerais	72
Figura 27 – Apresentação dos trabalhos de pesquisa: viabilidade da energia fotovoltaica em residências da região	74
Figura 28 – Simulação do funcionamento de um painel fotovoltaico	76
Figura 29 – Simulação do funcionamento de um painel fotovoltaico	77
Figura 30 – Término da sequência didática	80

LISTAS DE MAPAS

Mapa 1 – Mapa hipsométrico (em metros) do estado de Minas Gerais	35
Mapa 2 – Média anual de radiação solar no estado de Minas Gerais, com destaque para as regiões Norte e Noroeste	35
Mapa 3 – Precipitação média sazonal e anual (mm) em Minas Gerais no período de 1998 a 2012: a) verão, b) outono, c) inverno, d) primavera e e) média anual	36
Mapa 4 – Temperatura máxima média anual em Minas Gerais	37
Mapa 5 – Regiões promissoras de Minas Gerais segundo a intersecção entre irradiação solar direta diária, declividade do terreno e linhas de transmissão	38

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Questão 1: Já ouvi falar sobre o efeito fotovoltaico	82
Gráfico 2 – Questão 2: Sei como a luz solar pode ser convertida em energia elétrica	83
Gráfico 3 – Questão 3: Consigo explicar, mesmo que de forma simples, como funcionam os painéis solares	83
Gráfico 4 – Questão 4: Sei a diferença entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico	84
Gráfico 5 – Questão 5: Já estudei sobre energia solar em alguma aula de Física	85
Gráfico 6 – Questão 6: Acredito que a energia solar pode substituir outras fontes de energia no futuro	86
Gráfico 7 – Questão 7: Considero a energia solar uma fonte importante para preservar o meio ambiente	87
Gráfico 8 – Questão 8: Vejo a energia solar como algo acessível para a população da minha região	88
Gráfico 9 – Questão 9: Acredito que o uso da energia solar pode gerar benefícios econômicos para comunidades locais	89
Gráfico 10 – Questão 10: Gostaria de aprender mais sobre fontes renováveis de energia, especialmente a solar	90
Gráfico 11 – Questão 11: Sei que o Norte de Minas Gerais tem bom potencial para geração de energia solar	91
Gráfico 12 – Questão 12: Acredito que a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências é economicamente viável para a maioria da população da minha região	92
Gráfico 13 – Questão 13: Vejo a energia solar como uma solução viável para suprir as necessidades energéticas da minha comunidade	93
Gráfico 14 – Questão 14: Acredito que a adoção da energia solar pode contribuir para a geração de empregos na região	94
Gráfico 15 – Questão 15: Gostaria que mais conteúdos sobre energia solar fossem trabalhados nas aulas de Física	94
Gráfico 16 – Respostas da Questão 1: Já ouvi falar sobre o efeito fotovoltaico	98
Gráfico 17 – Respostas da Questão 2: Sei como a luz solar pode ser convertida em energia elétrica	99

Gráfico 18 – Respostas da Questão 3: Consigo explicar, mesmo que de forma simples, como funcionam os painéis solares	99
Gráfico 19 – Respostas da Questão 4: Sei a diferença entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico	100
Gráfico 20 – Respostas da Questão 5: Já estudei sobre energia solar em alguma aula de Física	100
Gráfico 21 – Respostas da Questão 6: Acredito que a energia solar pode substituir outras fontes de energia no futuro	101
Gráfico 22 – Respostas da Questão 7: Considero a energia solar uma fonte importante para preservar o meio ambiente	101
Gráfico 23 – Respostas da Questão 8: Vejo a energia solar como algo acessível para a população da minha região	102
Gráfico 24 – Respostas da Questão 9: Acredito que o uso da energia solar pode gerar benefícios econômicos para comunidades locais.....	102
Gráfico 25 – Respostas da Questão 10: Gostaria de aprender mais sobre fontes renováveis de energia, especialmente a solar	103
Gráfico 26 – Respostas da Questão 11: Sei que o Norte de Minas Gerais tem bom potencial para geração de energia solar	104
Gráfico 27 – Respostas da Questão 12: Acredito que a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências é economicamente viável para a maioria da população da minha região	104
Gráfico 28 – Respostas da Questão 13: Vejo a energia solar como uma solução viável para suprir as necessidades energéticas da minha comunidade	105
Gráfico 29 – Respostas da Questão 14: Acredito que a adoção da energia solar pode contribuir para a geração de empregos na região	106
Gráfico 30 – Respostas da Questão 15: Gostaria que mais conteúdos sobre energia solar fossem trabalhados nas aulas de Física	106

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 MAPEAMENTO TEMÁTICO DOS ESTUDOS	15
2.1 SÍNTESE DO MAPEAMENTO	17
3 OBJETIVO	19
3.1 OBJETIVO GERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4 JUSTIFICATIVA	21
5 TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS	23
5.1 CAPÍTULO DE FÍSICA	25
5.2 EFEITO FOTOELÉTRICO	27
5.3 EFEITO FOTOVOLTAICO	29
5.3.1 COMO UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA FUNCIONA?	30
5.3.2 TEORIA DE BANDAS	30
5.3.3 DOPAGEM DE SEMICONDUTORES	32
5.4 POTENCIAL SOLARIMÉTRICO DO NORTE DE MINAS GERAIS	33
5.4.1 BARREIRA ÀS FRENTES FRIAS	34
5.4.2 IMPLICAÇÕES PARA A ENERGIA SOLAR	34
5.4.3 PARQUES SOLARES DO NORTE DE MINAS GERAIS.	38
6 PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS METODOLÓGICOS	43
6.1 CONTEXTO	44
6.2 DESCRIÇÃO DA INTERVENÇÃO	49
6.3 UTILIZAÇÃO DA ESCALA LIKERT NA AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO	50
7 METODOLOGIA DO TRABALHO	51
7.1 1º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 01	52
7.2 1º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 02	54
7.3 1º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 03 (Problematização)	55
7.4 2º MOMENTO PEDAGÓGICO - AULA 04 (Organização do conhecimento)	57
7.5 2º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 05 e 06 (Organização do conhecimento)	60
7.6 2º MOMENTO PEDAGÓGICO - AULA 07 (Organização do conhecimento)	65
7.7 3º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 08 (Aplicação do conhecimento)	67
7.8 3º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 09 (Aplicação do conhecimento)	71
7.9 3º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 10 (Aplicação do conhecimento)	76
7.10 3º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 11 (Aplicação do conhecimento)	78

8. DISCUSSÕES	81
8.1 DIAGNÓSTICO INICIAL	81
8.2 ENCERRAMENTO DA ETAPA DIAGNÓSTICA	95
8.3 DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA	96
8.4 APRESENTAÇÕES FINAIS	96
8.5 QUESTIONÁRIO FINAL	98
8.6 SÍNTESE INTERPRETATIVA	108
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
10. REFERÊNCIAS	111
11.1 APÊNDICE A QUESTIONÁRIO DO TIPO LIKERT	120
11.2 APÊNDICE B TEXTO TRABALHADO EM SALA DE AULA	122
11.3 APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	124
11.4 APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO E ANUÊNCIA DE GESTOR	125
11.5 APÊNDICE E - PRODUTO EDUCACIONAL	126

1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem pode ser compreendido como uma rede complexa de interações entre professores e alunos, na qual o comportamento, os conhecimentos prévios e os contextos sociais se entrelaçam de forma dinâmica (Kubo; Botomé, 2001). Essa rede de significações torna-se mais efetiva quando o professor assume o papel de mediador entre o saber sistematizado e a realidade vivenciada pelos estudantes, favorecendo a construção de saberes que contribuam para o desenvolvimento da autonomia, da criticidade e da cidadania. Como destacam Brait *et al.* (2010), a relação entre professor e aluno deve ser permeada por empatia, respeito mútuo e pela disposição do docente em compreender a realidade e os desafios enfrentados pelos discentes, “falando a mesma língua” dos alunos em seu contexto social e cultural.

Parte dessas reflexões iniciais foi apresentada em Batista (2025), em um trabalho de conclusão de curso que investigou as possibilidades de tornar o ensino de Física mais significativo por meio de uma sequência didática sobre o efeito fotovoltaico. O referido estudo ressaltou que a construção do conhecimento não ocorre de forma isolada, mas emerge das interações entre sujeitos e da mediação pedagógica exercida pelo professor, capaz de contextualizar o conteúdo e aproximá-lo da vivência dos estudantes.

No entanto, como ainda se observa em muitas salas de aula, o ensino de Física permanece marcado por uma abordagem tradicional, centrada na exposição de fórmulas e conceitos de modo descontextualizado, voltada quase exclusivamente para a resolução de exercícios e avaliações (Bonfim; Costa; Nascimento, 2020). Essa prática contribui para a percepção da Física como uma ciência abstrata e dissociada da realidade vivida pelos estudantes. Portanto, dificulta a construção de uma compreensão crítica dos fenômenos naturais e limitando o estabelecimento de relações entre o conhecimento científico escolar e o contexto social no qual os sujeitos estão inseridos, em desacordo com os princípios de uma educação problematizadora e dialógica (Freire, 1996). Nesse sentido, torna-se imprescindível repensar as metodologias de ensino, buscando estratégias que promovam o envolvimento ativo dos estudantes e estimulem o pensamento científico, conforme defendem Delizoicov e Angotti (1994), ao proporem práticas que relacionem o conhecimento científico à realidade vivida pelos alunos.

Partindo dessas reflexões, a presente dissertação amplia e aprofunda o estudo realizado em Batista (2025), ao aplicar a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), propostos por Delizoicov e Angotti (1994) e aprofundados por Muenchen e Delizoicov (2014). Eles oferecem uma abordagem didática que visa integrar problematização, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Esse percurso metodológico oportuniza que o estudante atue como sujeito ativo na aprendizagem, apropriando-se do conhecimento de maneira contextualizada e reflexiva.

A aplicação dos 3MP no ensino de Física oferece um caminho para superar o ensino meramente expositivo, permitindo que o estudante se torne sujeito ativo na construção do saber. Essa metodologia também favorece a integração entre ciência e realidade local, aproximando os conteúdos escolares das questões sociais, ambientais e econômicas que permeiam o cotidiano dos alunos.

Nesse contexto, o efeito fotovoltaico apresenta-se como um tema fértil para o desenvolvimento de atividades investigativas e contextualizadas. Esse fenômeno físico, responsável pela conversão direta da luz solar em eletricidade, é fundamental para compreender o funcionamento das células solares e a geração de energia limpa. Entretanto, como evidenciado em Batista (2025), há entre os estudantes uma confusão conceitual recorrente entre o efeito fotovoltaico e o efeito fotoelétrico, este último, descrito por Albert Einstein em 1905 com base na teoria quântica de Planck, e que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1921 (Brown *et al.*, 2015). Embora ambos envolvam a interação entre luz e matéria, diferem em seus princípios e aplicações.

A região do Norte de Minas Gerais, local de realização desta pesquisa, possui alto potencial solarimétrico, conforme aponta o *Atlas Solarimétrico de Minas Gerais* (Oliveira; Horta; Silva, 2016). Tal condição torna o tema especialmente relevante, pois possibilita articular os conteúdos de Física à realidade energética local, promovendo a conscientização sobre o uso sustentável da energia solar e suas implicações socioeconômicas. Ao incorporar esse contexto ao processo de ensino, busca-se não apenas favorecer a aprendizagem crítica, mas também fomentar o letramento científico e o protagonismo estudantil.

Assim, esta dissertação tem como objetivo analisar a aplicação dos Três Momentos Pedagógicos (3MP) no ensino do efeito fotovoltaico, explorando o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais como oportunidade de contextualização dos

conteúdos e de consolidação de conceitos. Espera-se que a experiência relatada contribua para o fortalecimento de práticas pedagógicas inovadoras, capazes de tornar o ensino de Física mais crítico, participativo e conectado às demandas contemporâneas de sustentabilidade e cidadania científica.

Dando continuidade à pesquisa iniciada por Batista (2025), que propôs uma sequência didática voltada ao ensino do efeito fotovoltaico. Na presente dissertação, essa proposta foi ampliada e reformulada metodologicamente com base nos Três Momentos Pedagógicos (3MP), proporcionando uma abordagem mais investigativa e reflexiva, centrada na contextualização regional e na diferenciação conceitual entre o efeito fotovoltaico e o efeito fotoelétrico.

No que se refere à estrutura do trabalho, a dissertação está organizada em oito capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução, na qual são contextualizados o tema, o problema de pesquisa e a relevância do estudo. O segundo capítulo explicita os objetivos da pesquisa, contemplando o objetivo geral e os objetivos específicos. O terceiro capítulo discute a justificativa do trabalho, destacando sua importância no contexto educacional e social. O quarto capítulo apresenta o referencial teórico, abordando os Três Momentos pedagógicos, o ensino de Física associado às metodologias ativas, os fundamentos físicos do efeito fotoelétrico e do efeito fotovoltaico, bem como o funcionamento das células fotovoltaicas, a teoria de bandas, a dopagem de semicondutores e o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais. O quinto capítulo descreve os procedimentos didático-metodológicos, detalhando o contexto da pesquisa e a proposta de intervenção pedagógica. O sexto capítulo apresenta a metodologia do trabalho, com a descrição das aulas desenvolvidas nos três momentos pedagógicos. O sétimo capítulo é dedicado à apresentação e discussão dos resultados, nele é incluído o diagnóstico inicial, o desenvolvimento da sequência didática, as apresentações finais, a análise do questionário final e a síntese interpretativa dos dados. Por fim, o oitavo capítulo traz as considerações finais, nas quais são retomadas as principais contribuições do estudo e apontadas perspectivas para investigações futuras.

2 MAPEAMENTO TEMÁTICO DOS ESTUDOS

Este capítulo apresenta o mapeamento temático dos estudos que fundamentam a presente dissertação, com o propósito de identificar, sistematizar e analisar produções acadêmicas e científicas relacionadas ao ensino de Física. O levantamento bibliográfico foi conduzido a partir de um recorte temporal compreendido entre 1998 e 2025, de modo a contemplar tanto referenciais teóricos clássicos quanto produções contemporâneas da área. O levantamento contempla pesquisas que abordam metodologias de ensino com caráter ativo e crítico, com ênfase nos Três Momentos Pedagógicos, bem como estudos voltados ao efeito fotoelétrico, ao efeito fotovoltaico e à temática da energia solar no contexto educacional brasileiro, com destaque para a região Norte de Minas Gerais.

O mapeamento foi realizado a partir das referências que compõem o arcabouço teórico e metodológico deste trabalho, abrangendo dissertações e trabalhos acadêmicos, artigos científicos publicados em periódicos especializados e obras de referência teórica da área de Ensino de Física e Educação em Ciências. Essa análise possibilita a compreensão do estado do conhecimento acerca das temáticas investigadas, evidenciando tendências, convergências teóricas e metodológicas, bem como lacunas ainda presentes na literatura.

Para fins de organização e análise, os estudos mapeados foram sistematizados em três quadros distintos, conforme sua natureza e contribuição para a pesquisa. O Quadro 1 reúne as dissertações e trabalhos acadêmicos, destacando produções que abordam o ensino de Física, o efeito fotoelétrico e fotovoltaico e a aplicação de metodologias ativas no contexto da Educação Básica e do MNPEF. O Quadro 2 apresenta os artigos científicos publicados em periódicos e revistas especializadas, evidenciando investigações empíricas e revisões teóricas que fundamentam a escolha dos Três Momentos Pedagógicos e a abordagem conceitual dos fenômenos físicos estudados. Já o Quadro 3 contempla os livros e referenciais teóricos, que sustentam os pressupostos epistemológicos, pedagógicos e metodológicos da pesquisa, com destaque para a aprendizagem significativa, a pedagogia freiriana e o ensino de Ciências em uma perspectiva crítica e contextualizada.

A organização do mapeamento segue orientações comumente adotadas em trabalhos desenvolvidos no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de

Física (MNPEF). Tal estruturação permite não apenas sistematizar os estudos analisados, mas também explicitar os fundamentos que sustentam a escolha dos Três Momentos Pedagógicos como eixo metodológico desta pesquisa, além de justificar a relevância da investigação proposta no que se refere ao ensino do efeito fotovoltaico de forma contextualizada, crítica e articulada à realidade regional.

Quadro 1 – Dissertações e trabalhos acadêmicos.

Autor(es) / Instituição	Ano	Tipo	Periódico / Fonte	Tema central	Contribuição para a dissertação
BATISTA, R. B. B. – Colégio Pedro II	2025	TCC (Especialização)	Colégio Pedro II	Efeito fotovoltaico e potencial solarimétrico regional	Trabalho precursor desta dissertação, fornecendo subsídios teóricos, metodológicos e empíricos para o aprofundamento da aplicação dos 3MP em contexto regional.
MANTOVANI, S. R. – UNESP (MNPEF)	2020	Dissertação	MNPEF – UNESP	Ensino do efeito fotoelétrico	Apresenta sequência didática para aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico, permitindo comparação metodológica e evidenciando lacunas quanto ao efeito fotovoltaico.
PINHEIRO, A. G. – IFAM/UFAM (MNPEF)	2023	Dissertação	MNPEF – IFAM/UFAM	Efeito fotoelétrico	Permite análise comparativa entre abordagens didáticas e reforça a necessidade de diferenciação conceitual entre os fenômenos fotoelétrico e fotovoltaico.
SOUZA, J. R. P. S. – UFPA (MNPEF)	2021	Dissertação	MNPEF – UFPA	Energia solar fotovoltaica	Trabalha conceitos e aplicações da energia fotovoltaica no Ensino Médio, sem articulação explícita com os 3MP ou contexto regional.
JOSÉ CLÁUDIO – UESB (MNPEF)	2023	Dissertação	MNPEF – UESB	Física Clássica e Moderna com tinta condutora	Dialoga com a abordagem investigativa e experimental adotada nesta dissertação.
Égilo – UESB (MNPEF)	2023	Dissertação	MNPEF – UESB	Conversão da energia solar em fotovoltaica	Fundamenta os processos físicos da conversão fotovoltaica, reforçando os conceitos trabalhados na intervenção didática.
Eliene – UESB (MNPEF)	2022	Dissertação	MNPEF – UESB	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	Contribui metodologicamente para a organização de propostas didáticas baseadas na aprendizagem significativa.

Fonte: Autor (2025).

Quadro 2 – Artigos Científicos em Revistas e Anais

Autor(es)	Ano	Tipo	Periódico / Fonte	Tema central	Contribuição para a dissertação
BONFIM, D. D. S.; COSTA, P. C. F.; NASCIMENTO, W. J.	2020	Artigo	Experiências em Ensino de Ciências (EENCI)	Três Momentos Pedagógicos	Fundamenta o uso dos 3MP como metodologia ativa, evidenciando sua eficácia no ensino de Física.
BONFIM, D. D. S.; NASCIMENTO, W. J.	2018	Artigo (Revisão Sistemática)	Ensino & Pesquisa	Três Momentos Pedagógicos	Sistematiza a produção acadêmica sobre os 3MP, legitimando sua adoção como eixo metodológico central.
ALBUQUERQUE, K. B.; SANTOS, P. J. S.; FERREIRA, G. K.	2015	Artigo	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	3MP no ensino de óptica	Demonstra a aplicabilidade dos 3MP em conteúdos de Física Clássica e Moderna.
BRITO, A. S.; FREITAS, A. M. B.; SILVA, E. S.	2017	Artigo	Revista Brasileira de Ensino de Física	Ensino do efeito fotovoltaico	Referência direta para o conteúdo científico trabalhado na dissertação.

CESAR, A. D.	2009	Artigo	Revista Brasileira de Ensino de Física	Conversão fotovoltaica	Base conceitual sobre o funcionamento físico e tecnológico das células fotovoltaicas.
SILVA, L. F.; ASSIS, A.	2012	Artigo	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Física Moderna no EM	Reforça a relevância da Física Moderna no Ensino Médio.
REALIZE	2017	Artigo (Anais)	Editora Realize	Efeito fotovoltaico × fotoelétrico	Discute explicitamente a distinção conceitual entre os dois fenômenos.
ARAÚJO, D. L.	2013	Artigo	Revista Entrepalavras	Sequência didática	Contribui para o planejamento didático estruturado das aulas.
BORGES, R. C. C.	2002	Artigo	Caderno Catarinense de Ensino de Física	Aprendizagem em Física	Discute obstáculos epistemológicos no ensino de Física.
BRAIT, L. F. R. et al.	2010	Artigo	Itinerarius Reflectionis	Relação professor–aluno	Sustenta a importância das interações pedagógicas nas metodologias ativas.
MOREIRA, M. A.	2021	Artigo	Revista Brasileira de Ensino de Física	Aprendizagem significativa	Atualiza o conceito no contexto da educação científica.
REBOITA, M. S. et al.	2015	Artigo	Revista Brasileira de Climatologia	Climatologia de MG	Apoia a contextualização regional interdisciplinar.
GONTIJO, B. M.; ASSIS, W. L.	2017	Artigo	Revista Geonomos	Tipos de tempo no Norte de MG	Reforça a problematização inicial sobre o potencial solar regional.

Fonte: Autor (2025).

Quadro 3 – Livros e Referenciais Teóricos

Autor(es)	Ano	Tipo	Fonte	Tema central	Contribuição para a dissertação
DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A.	2007	Livro	Cortez	Três Momentos Pedagógicos	Fundamenta teoricamente os 3MP, eixo metodológico do trabalho.
DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A.	2011	Livro	Cortez	Metodologia do ensino de Ciências	Consolida práticas investigativas e contextualizadas.
VYGOTSKY, L. S.	2001	Livro	Martins Fontes	Interação social e aprendizagem	Sustenta a dimensão social e dialógica da aprendizagem.
ZABALA, A.	1998	Livro	Artmed	Prática pedagógica	Apoia o planejamento e a avaliação da prática educativa.
GIANCOLI, D. C.	2011	Livro	LTC	Física Clássica e Moderna	Referência conceitual para os fundamentos físicos abordados.
MARTINS, R. A.	2012	Livro	Livraria da Física	Física Moderna	Fundamenta a compreensão histórica e epistemológica dos fenômenos estudados.
VILLALVA, M. G.	2012	Livro	Érica	Tecnologia fotovoltaica	Apoio técnico para o funcionamento dos sistemas fotovoltaicos.
OLIVEIRA, A. L.; HORTA, J. A.; SILVA, C. H.	2016	Livro técnico	UFMG	Potencial solarimétrico	Base científica para a contextualização regional do Norte de Minas Gerais.
CONSEB / INPE	2017	Documento técnico	INPE	Energia solar	Complementa dados técnicos e geográficos sobre o potencial solar brasileiro.
EINSTEIN, A.	1905	Artigo clássico	Annalen der Physik	Efeito fotoelétrico	Fundamentação teórica clássica para diferenciação conceitual.

Fonte: Autor (2025).

2.1 SÍNTESE DO MAPEAMENTO

A análise das produções acadêmicas mapeadas evidencia um crescimento expressivo de pesquisas voltadas à adoção de metodologias ativas no ensino de Física, especialmente no contexto do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Esse movimento reflete uma tendência contemporânea da área de

Ensino de Ciências, que busca superar abordagens transmissivas e conteudistas, privilegiando práticas pedagógicas que promovam a participação ativa dos estudantes, a problematização da realidade e a construção significativa do conhecimento, em consonância com pressupostos defendidos por Freire e Delizoicov.

Os estudos analisados indicam que os Três Momentos Pedagógicos vêm sendo amplamente utilizados como uma estratégia didático-metodológica capaz de articular conhecimentos científicos escolares às vivências dos estudantes, favorecendo a leitura crítica do mundo e a contextualização social dos conteúdos de Física. No entanto, embora haja um número considerável de trabalhos que abordam o efeito fotoelétrico e, em menor escala, o efeito fotovoltaico no Ensino Médio, observa-se que são menos frequentes as pesquisas que estabelecem uma articulação explícita entre esses fenômenos físicos e contextos regionais específicos, particularmente aqueles relacionados ao potencial solarimétrico local.

Nesse sentido, o mapeamento revela uma lacuna relevante na literatura no que se refere à integração entre o ensino do efeito fotovoltaico, a aplicação sistemática dos Três Momentos Pedagógicos e a valorização de contextos regionais como elemento estruturante do processo educativo. A presente dissertação se insere nesse espaço investigativo ao propor uma abordagem que articula fundamentos teóricos consolidados da aprendizagem significativa e da pedagogia freiriana com uma metodologia crítica e dialógica, tomando o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais como eixo de problematização inicial e de contextualização científica.

Dessa forma, o mapeamento temático reafirma a relevância científica, pedagógica e social deste trabalho, ao contribuir para o avanço das pesquisas em Ensino de Física que buscam não apenas a compreensão conceitual dos fenômenos físicos, mas também a formação de sujeitos críticos, capazes de relacionar o conhecimento científico às dimensões sociais, econômicas e ambientais de sua realidade.

3 OBJETIVO

Este capítulo apresenta os objetivos que orientam o desenvolvimento da presente pesquisa, delineando as intencionalidades da proposta investigativa e da intervenção didática realizada. Em consonância com a problemática discutida anteriormente, os objetivos articulam a compreensão de conceitos da Física Moderna, especialmente o efeito fotovoltaico, com a aplicação dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), buscando promover uma aprendizagem crítica e contextualizada. Além disso, considera-se o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais como elemento central para a contextualização do ensino, visando não apenas a apropriação conceitual, mas também o desenvolvimento da consciência energética dos estudantes e reflexões sobre o uso sustentável da energia no contexto regional.

3.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar os (3MP) no ensino do efeito fotovoltaico para estudantes do Ensino Médio, promovendo a consciência energética a partir da análise do potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais e da diferenciação conceitual entre o efeito fotovoltaico e o efeito fotoelétrico.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contextualizar o efeito fotovoltaico no âmbito da energia solar, explorando seus princípios físicos e suas aplicações tecnológicas;
- Diferenciar o efeito fotovoltaico do efeito fotoelétrico, destacando seus fundamentos teóricos e suas implicações no ensino de Física;
- Investigar o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais, por meio da análise de dados sobre a incidência solar na região e sua viabilidade para a geração de energia elétrica;
- Planejar e aplicar uma proposta didática estruturada com base nos Três Momentos Pedagógicos (3MP), favorecendo uma aprendizagem crítica, contextualizada e dialógica de conceitos relacionados à energia solar e à sustentabilidade.
- Verificar se a proposta didática estruturada com base nos Três Momentos Pedagógicos (3MP) favoreceu a construção crítica e contextualizada do

conhecimento acerca dos conceitos relacionados à energia solar e à sustentabilidade.

- Promover a conscientização energética dos estudantes, incentivando reflexões sobre o uso sustentável da energia elétrica e sobre a viabilidade da energia solar no contexto regional.

4 JUSTIFICATIVA

A elaboração desta proposta didática estruturada nos (3MP) se justifica pela necessidade de tornar o ensino de Física mais significativo e conectado à realidade dos estudantes, especialmente no que se refere à temática da energia solar. Nesse sentido, conforme destaca Araújo (2013), uma proposta bem planejada organiza e articula atividades de ensino de forma progressiva, favorecendo a construção do conhecimento e a aprendizagem contextualizada.

O efeito fotovoltaico é um conceito fundamental no estudo das fontes renováveis de energia, sendo essencial para a compreensão da geração de eletricidade a partir da luz solar. No entanto, esse tema ainda é frequentemente abordado de forma superficial ou fragmentada no Ensino Médio, dificultando a construção de um conhecimento sólido e aplicável. Soma-se a isso a dificuldade que muitos estudantes demonstram em diferenciar o efeito fotovoltaico do efeito fotoelétrico - dois fenômenos distintos que, embora relacionados à interação da luz com a matéria, possuem princípios e aplicações diferentes. De acordo com o Portal Solar (2024), o efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando exposto à luz de alta frequência. Já o efeito fotovoltaico ocorre em materiais semicondutores e resulta na geração de corrente elétrica, sendo o princípio básico de funcionamento das células solares.

Ademais, a energia solar tem ganhado destaque mundial como alternativa viável e sustentável à matriz energética tradicional. No contexto brasileiro, destaca-se o elevado potencial solarimétrico da região do Norte de Minas Gerais. No entanto, a ausência de conhecimento sobre essa capacidade local e suas implicações para a economia e o meio ambiente pode resultar na subutilização desse recurso. Assim, uma abordagem didática que valorize esse contexto regional pode favorecer o aprendizado dos estudantes, tornando-o mais próximo de sua realidade e estimulando o pensamento crítico em relação ao uso da energia.

Outro fator que justifica a construção desta proposta didática é a necessidade de metodologias mais dinâmicas e interativas no ensino de Física. A construção do conhecimento ocorre quando os estudantes conseguem relacionar os conceitos estudados às situações concretas de seu cotidiano, atribuindo-lhes sentido a partir da leitura crítica da realidade em que estão inseridos. Ao adotar metodologias ativas articuladas aos (3MP) - como simulações, análise de dados

solares da região e atividades investigativas - espera-se que os estudantes se tornem mais engajados no processo de ensino-aprendizagem, desenvolvendo uma visão mais reflexiva sobre as questões energéticas e ambientais. De acordo com Moreira (2021), a construção crítica do conhecimento se estabelece quando o novo saber emerge do diálogo com as experiências concretas e os saberes já constituídos pelos estudantes, sendo apropriado de forma consciente, problematizada e contextualizada. Esse processo exige a articulação entre o conteúdo científico e a realidade vivida, de modo que o conhecimento não seja imposto de forma arbitrária, mas construído coletivamente a partir da leitura crítica do mundo. Já Paulo Freire referencia que o educador deve valorizar os significados trazidos para a sala de aula pelos estudantes, interagindo com eles e trocando significados.

Por fim, esta pesquisa busca contribuir com a produção de um material didático estruturado, que possa servir de referência a professores interessados em abordar o efeito fotovoltaico e a energia solar em suas aulas. Ao disponibilizar uma proposta pedagógica fundamentada nos (3MP), espera-se incentivar práticas inovadoras, críticas e alinhadas aos desafios contemporâneos da educação e da sustentabilidade energética.

5 TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

A sequência didática desenvolvida nesta pesquisa foi estruturada com base nos Três Momentos Pedagógicos (3MP), conforme propostos por Delizoicov e Angotti (1994), constituindo-se como o principal referencial metodológico da proposta. Essa abordagem busca promover uma prática pedagógica crítica e transformadora, fundamentada na problematização da realidade vivida pelos estudantes e na construção coletiva do conhecimento. Os três momentos - *problematização inicial*, *organização do conhecimento* e *aplicação do saber* - orientam todo o processo didático, garantindo uma aprendizagem articulada à vivência dos alunos e ao contexto social em que estão inseridos.

Segundo os autores:

- Problematização Inicial: apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas. Nesse momento pedagógico, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, a fim de que o professor possa ir conhecendo o que eles pensam. [...] A finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém.
- Organização do Conhecimento: momento em que, sob a orientação do professor, os conhecimentos de física necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados.
- Aplicação do Conhecimento: momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (Muenchen; Delizoicov, 2014, p. 620).

No primeiro momento, a problematização inicial foi realizada por meio da aplicação de um questionário. Nessa parte, buscou não apenas identificar o conhecimento prévio e as concepções dos alunos sobre energia solar e o efeito fotovoltaico, além de suas percepções sobre o potencial solarimétrico da região. Além de promover a ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e

presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõe de conhecimentos científicos suficientes. Essa etapa se alinha à proposta de Zabala (1998), ao defender que o ensino deve partir de situações concretas do cotidiano dos estudantes, favorecendo uma aprendizagem ativa e contextualizada.

No segundo momento, denominada organização do conhecimento, os alunos participaram de atividades teóricas e práticas que aprofundaram os conceitos científicos relacionados à conversão da luz solar em energia elétrica. Foram abordados temas como o efeito fotovoltaico, a física dos semicondutores e as diferenças entre o efeito fotovoltaico e o efeito fotoelétrico, utilizando metodologias ativas que privilegiaram a interação, o debate e a experimentação. Nesse ponto, a proposta articula-se com os pressupostos de Perrenoud (1999), que defende uma formação voltada para o desenvolvimento de competências, por meio da resolução de problemas e da reflexão crítica.

No terceiro momento, a aplicação do saber, os estudantes foram desafiados a aplicar os conhecimentos adquiridos em discussões sobre a viabilidade do uso da energia solar no Norte de Minas Gerais, com base em dados reais de radiação solar e em questões ambientais e econômicas. Essa etapa promoveu a síntese crítica do conteúdo e estimulou a autonomia intelectual dos estudantes, que puderam propor soluções e refletir sobre os impactos sociais e ambientais do uso da energia solar.

A escolha do potencial solarimétrico do Norte de Minas como temática central reforça o compromisso com a contextualização e a relevância social do conteúdo, princípios defendidos tanto por Zabala (1998) quanto pelos autores dos (3MP). Ao articular conteúdos científicos com a realidade local, essa proposta buscou consolidar uma aprendizagem crítica, significativa e transformadora.

Por fim, esta proposta dialoga com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), especialmente no que se refere ao desenvolvimento das competências gerais da Educação Básica, como o pensamento científico, crítico e criativo; o protagonismo; e a responsabilidade com o meio ambiente. No componente curricular de Física, espera-se que o estudante compreenda fenômenos naturais, tecnológicos e suas implicações sociais, econômicas e ambientais. Nesse contexto, o estudo do efeito fotovoltaico e do potencial solarimétrico regional constitui uma

excelente oportunidade para integrar tais competências de forma interdisciplinar, crítica e contextualizada.

5.1 CAPÍTULO DE FÍSICA

O ensino de Física no Ensino Médio apresenta desafios significativos, especialmente no que se refere à abstração dos conceitos e à desconexão entre o conteúdo escolar e a realidade vivida pelos estudantes. Muitas vezes, os conteúdos são apresentados de forma fragmentada, descontextualizada e centrada na exposição teórica, o que pode comprometer a motivação e a aprendizagem significativa dos alunos.

Nesse capítulo, abordaremos os conceitos físicos fundamentais necessários para o desenvolvimento da Sequência Didática (SD) proposta nesta pesquisa. A bibliografia utilizada compreende autores clássicos e contemporâneos do ensino de Ciências e da Física, tais como Freire, Delizoicov, Angotti, Pernambuco, Zabala e Vygotsky, cujas contribuições sustentam tanto a abordagem metodológica quanto a organização didática adotada.

Nesse cenário, a compreensão do processo de ensino e aprendizagem afasta-se de concepções transmissivas e passa a se fundamentar em uma perspectiva crítica e dialógica, fortemente inspirada na pedagogia freiriana. Paulo Freire defende que o conhecimento não é algo que se deposita nos sujeitos, mas se constrói na interação entre educador, educandos e realidade, por meio da problematização do mundo vivido. Essa concepção é apropriada ao ensino de Ciências e de Física quando o ponto de partida do processo educativo são as experiências concretas, os saberes cotidianos e as contradições presentes no contexto social dos estudantes.

Nessa direção, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007; 2011), ao sistematizarem os Três Momentos Pedagógicos, incorporam os princípios da educação problematizadora de Freire ao ensino de Ciências. Os 3MP, Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento, estruturam o processo didático de modo a valorizar os conhecimentos prévios dos estudantes, não como obstáculos, mas como ponto de partida para a construção coletiva do conhecimento científico. A aprendizagem, nessa perspectiva,

ocorre quando o aluno é provocado a refletir criticamente sobre sua realidade, confrontando suas explicações iniciais com os conceitos científicos sistematizados.

Nesse sentido, a proposta de ensino adotada nesta pesquisa ancora-se também nas contribuições de Antoni Zabala (1998), que defende a utilização de sequências didáticas (SD) como forma de organizar e estruturar o processo de ensino-aprendizagem de maneira progressiva, coerente e contextualizada. Para o autor, uma sequência didática eficaz deve promover o protagonismo estudantil, partindo de situações-problema reais que despertem o interesse dos alunos e estejam inseridas em seu contexto sociocultural. Ao relacionar os conteúdos da Física com temas relevantes - como o uso da energia solar e o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais -, amplia-se a capacidade dos estudantes de compreenderem o mundo em que vivem e de atuarem de forma crítica e consciente.

Além disso, a fundamentação teórica desta proposta também se apoia nos pressupostos da psicologia histórico-cultural de Lev Vygotsky (2001), que compreende a aprendizagem como um processo mediado socialmente, no qual o conhecimento é construído por meio da interação entre o sujeito e o meio. Um dos conceitos centrais dessa teoria é o de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que enfatiza a importância da mediação do professor e dos colegas mais experientes para que o aluno avance em sua aprendizagem. No ensino de Física, esse princípio justifica a adoção de metodologias que favoreçam a cooperação, a troca de ideias e a resolução conjunta de problemas, como atividades experimentais, discussões em grupo e análise de situações concretas do cotidiano dos alunos.

Dessa forma, a (SD) foi concebida de modo a integrar fundamentos de uma educação problematizadora, dialógica e contextualizada, orientada pela leitura crítica da realidade e pela construção coletiva do conhecimento, com a mediação social proposta por Vygotsky, por meio de práticas que incentivem o diálogo, o pensamento crítico e a construção coletiva do conhecimento. Com base nos (3MP), a proposta promove uma abordagem didática que parte da realidade dos estudantes, organiza o saber científico de forma acessível e culmina na aplicação prática desse conhecimento em contextos significativos. Ao incentivar a reflexão sobre a viabilidade do uso da energia solar em sua região, os alunos são estimulados a compreender os conteúdos de forma integrada e a atuar como sujeitos ativos em sua formação e em seu meio social.

5.2 EFEITO FOTOELÉTRICO

No ensino de Física, fazer uso de uma (SD) estimula uma atitude crítica por parte dos alunos, o que dá origem a uma mudança do ambiente onde ocorrem o ensino e a aprendizagem, garantindo a troca de experiências e o uso do diálogo, o que traz uma aproximação do conhecimento científico com a realidade cotidiana. Num cenário onde o ensino de Física anseia por mudanças, inovações metodológicas e novos paradigmas podem ser o caminho necessário para que a tão esperada atualização do ensino ocorra (Albuquerque, Santos, Ferreira, 2015; Bonfim, Nascimento, 2018).

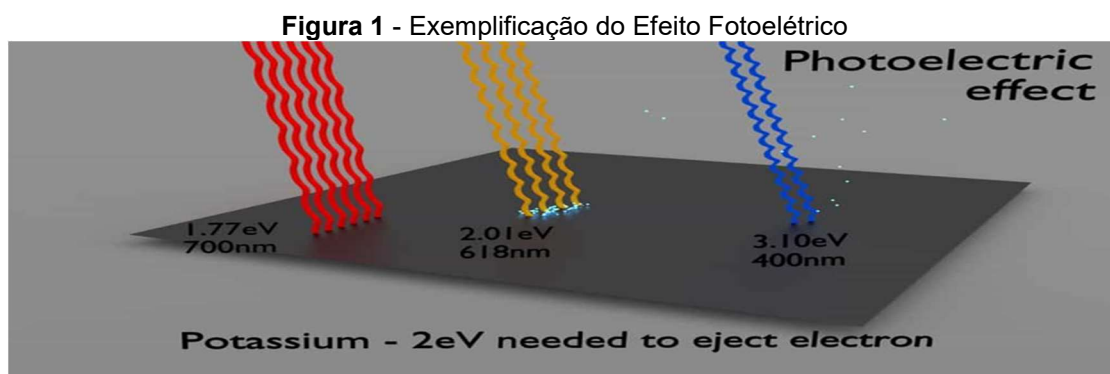
Embora relacionados à interação entre luz e matéria, o efeito fotovoltaico e o efeito fotoelétrico são fenômenos distintos, tanto em seus mecanismos quanto em suas aplicações. O efeito fotoelétrico, descrito por Albert Einstein em 1905 e que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1921, ocorre quando a radiação eletromagnética incide sobre a superfície de um metal, provocando a ejeção de elétrons do material. Diferentemente do efeito fotovoltaico, o fotoelétrico depende da frequência da luz incidente e não de sua intensidade, evidenciando o comportamento quântico da luz. Nesse processo, não há produção direta de corrente elétrica utilizável, mas sim a liberação de elétrons que podem ser captados em dispositivos específicos, como células fotoelétricas (Giancoli, 2011; Tipler; Mosca, 2011).

Já no efeito fotovoltaico, a luz incidente sobre um material semicondutor, como o silício, excita elétrons, criando pares elétron-lacuna. Em presença de um campo elétrico interno, como o existente na junção p-n de uma célula solar, esses portadores de carga são separados, gerando uma corrente elétrica contínua que pode ser utilizada externamente (Brito *et al.*, 2017; Gonçalves; Stamato, 2009).

Portanto, enquanto o efeito fotoelétrico fornece evidências fundamentais da física moderna, o efeito fotovoltaico é amplamente explorado para fins energéticos, sendo a base de funcionamento dos sistemas de energia solar utilizados atualmente em larga escala.

Em 1905, o físico Albert Einstein utilizou a teoria do também físico Max Planck para explicar o efeito fotoelétrico. A teoria proposta por Planck diz que a energia só pode ser liberada ou absorvida pelos átomos apenas em “pedaços” discretos de determinado tamanho mínimo, batizados por ele de quantum. A luz incidente numa

superfície metálica limpa causa a emissão de elétrons da superfície. Uma frequência mínima de luz, que é diferente para cada metal, é requerida para que haja a emissão de elétrons como pode ser visto na Figura 1.



Fonte: <https://images.app.goo.gl/Tbgzdj4aE72oSrP9A>.

A luz vermelha não tem frequência suficiente para ejetar elétrons. A luz laranja consegue realizar a ejeção de elétrons, mesmo que ela esteja fraca. Por fim, a luz azul pode deslocar mais elétrons do que a luz verde, pois possui maior frequência, mesmo estando bem fraca.

Para explicar o efeito fotoelétrico, Einstein assumiu que a energia radiante que incide sobre a superfície do metal comporta-se como um pequeno fluxo de pequenos pacotes de energia. Cada pacote, que é como se fosse uma “partícula” de energia, é chamado de fóton. Estendendo a teoria quântica de Planck, Einstein deduziu que cada fóton deve ter uma energia igual à constante de Planck vezes a frequência da luz, dando origem à seguinte equação: Energia do fóton = $E = h\nu$ (Brown *et al.*, 2015).

Sob certas condições, os fótons incidentes numa superfície metálica podem transferir sua energia para os elétrons do metal. Uma certa quantidade de energia chamada de função trabalho (Φ), é necessária para que os elétrons superem as forças atrativas que os mantêm fixos ao metal. Caso os fótons que incidam sobre o metal tenham menos energia que a função trabalho, os elétrons não adquirem energia o suficiente para escapar do metal, mesmo se o feixe de luz for intenso. Contudo, caso os fótons tenham mais energia que a função trabalho do metal, ocorre a emissão de elétrons. Toda a energia excedente do fóton é convertida em energia cinética para o elétron emitido. A intensidade (luminosidade) da luz está relacionada com o número de fótons que incidem sob a superfície por unidade de tempo, mas não à energia de cada fóton. Esta explicação, elaborada por Albert Einstein para o efeito fotoelétrico lhe

rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1921 (Brown *et al.*, 2015; Oxtoby, Gillis, Companion, 2012).

Afirmar que a luz possui partículas que podem deslocar elétrons vai de encontro à clássica representação em ondas da luz, que havia sido confirmada experimentalmente. Como a luz pode ser tanto uma onda e uma partícula?

Esses paradoxos podem ser resolvidos pela Mecânica Quântica. Nessa conjuntura, a clássica descrição da luz como onda é adequada para explicar fenômenos como interferência e difração, mas a emissão e absorção de luz pela matéria podem ser explicadas pela visualização dos fótons como partícula. O pensamento quântico se distingue do clássico pelo seguinte motivo: nele, não se pergunta “O que é a luz?”, mas sim “Como a luz se comporta sob condições experimentais específicas?” Sendo assim, a dualidade onda-partícula não é uma contradição, mas parte fundamental da natureza fundamental da luz e também da matéria (Oxtoby, Gillis, Companion, 2012).

5.3 EFEITO FOTOVOLTAICO

O efeito fotovoltaico é o fenômeno físico responsável pela conversão direta da luz solar em eletricidade, sendo a base de funcionamento das células solares. Esse processo ocorre quando a radiação solar incide sobre materiais semicondutores, como o silício, promovendo a absorção de fótons que fornecem energia suficiente para excitar elétrons da banda de valência para a banda de condução do material. Essa movimentação gera pares elétron-lacuna e, com a presença de um campo elétrico interno na junção tipo p-n da célula fotovoltaica, os elétrons são direcionados, resultando na geração de corrente elétrica contínua (Brito *et al.*, 2017; Gonçalves; Stamato, 2009).

O fenômeno foi observado pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, que verificou o surgimento de uma corrente elétrica ao expor eletrodos metálicos à luz em uma solução condutora (Gonçalves; Stamato, 2009). A partir das descobertas posteriores e do avanço tecnológico no desenvolvimento de semicondutores, o efeito fotovoltaico passou a ser explorado de forma prática para a geração de energia elétrica, destacando-se por ser uma fonte

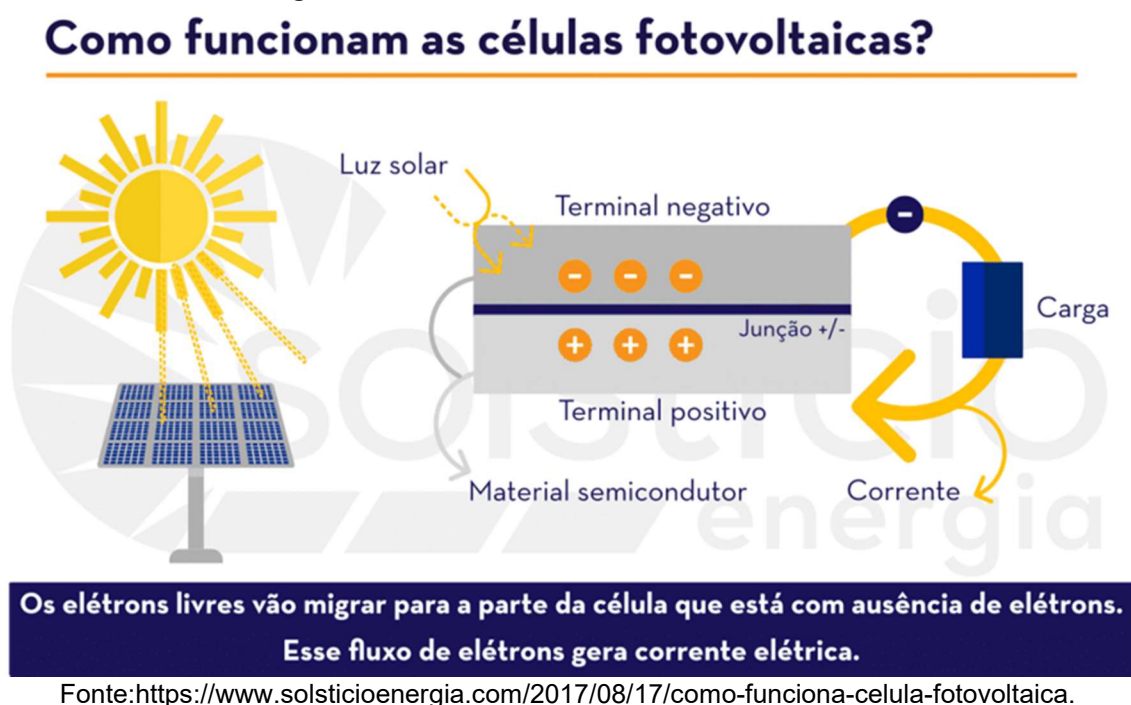
limpa, silenciosa e renovável, com grande potencial de contribuição para a matriz energética mundial (Brito *et al.*, 2017).

5.3.1 COMO UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA FUNCIONA?

Para compreender o funcionamento de uma célula fotovoltaica, é necessário considerar os princípios físicos envolvidos na conversão da energia luminosa em energia elétrica. Esse processo ocorre a partir da interação da radiação solar com materiais semicondutores, geralmente o silício, que ao absorver fótons promove a excitação de elétrons, gerando uma diferença de potencial elétrico. A presença de uma junção do tipo p-n no material semicondutor possibilita a separação dessas cargas elétricas, resultando na formação de uma corrente elétrica contínua.

Na figura 2 a seguir podemos ver um esquema de funcionamento de uma célula fotovoltaica.

Figura 2 - Como uma célula fotovoltaica funciona?



5.3.2 TEORIA DE BANDAS

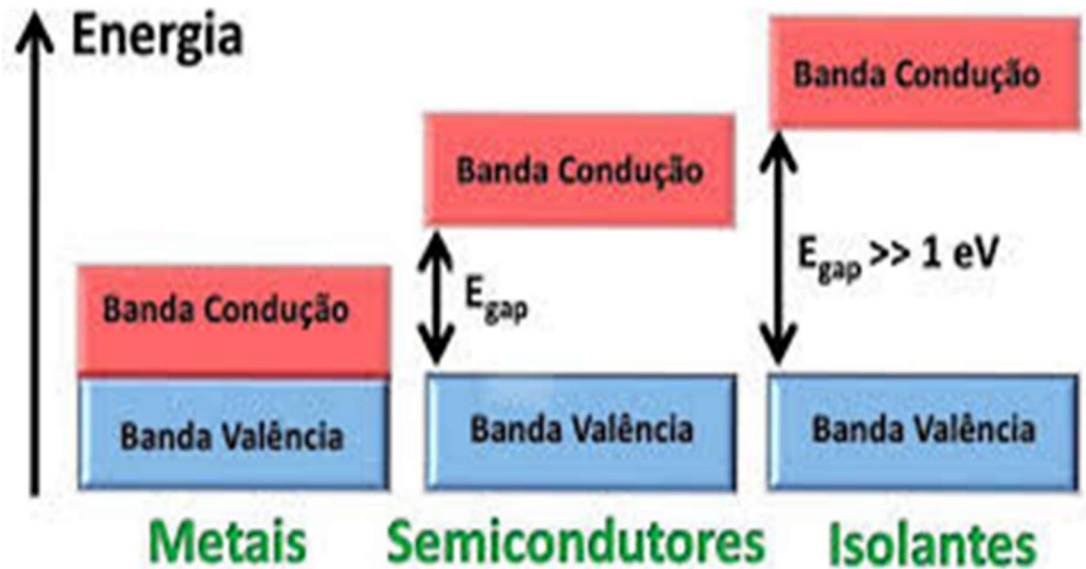
A teoria de bandas é um modelo da física do estado sólido que descreve os níveis de energia disponíveis para os elétrons em um material. Em termos gerais, ela divide os estados eletrônicos em duas regiões principais: a banda de valência, onde

estão os elétrons ligados aos átomos, e a banda de condução, onde os elétrons são livres para se mover pelo material e, portanto, conduzir corrente elétrica. Entre essas bandas existe uma região chamada gap de energia – Diferença de energia entre banda de valência e a banda de condução (ou *band gap*), que representa a energia mínima necessária para que um elétron passe da banda de valência para a banda de condução (Tipler; Mosca, 2011).

Nos materiais semicondutores, como o silício, esse gap de energia é suficientemente pequeno para que os elétrons possam ser excitados por fótons da luz solar. Quando um fóton com energia igual ou superior ao gap de energia atinge o semicondutor, ele pode transferir sua energia a um elétron da banda de valência, promovendo-o à banda de condução e criando um par elétron-lacuna. O campo elétrico interno presente na junção p-n da célula solar separa essas cargas e as direciona aos contatos externos, gerando uma corrente elétrica (Brito *et al.*, 2017; Gonçalves; Stamato, 2009).

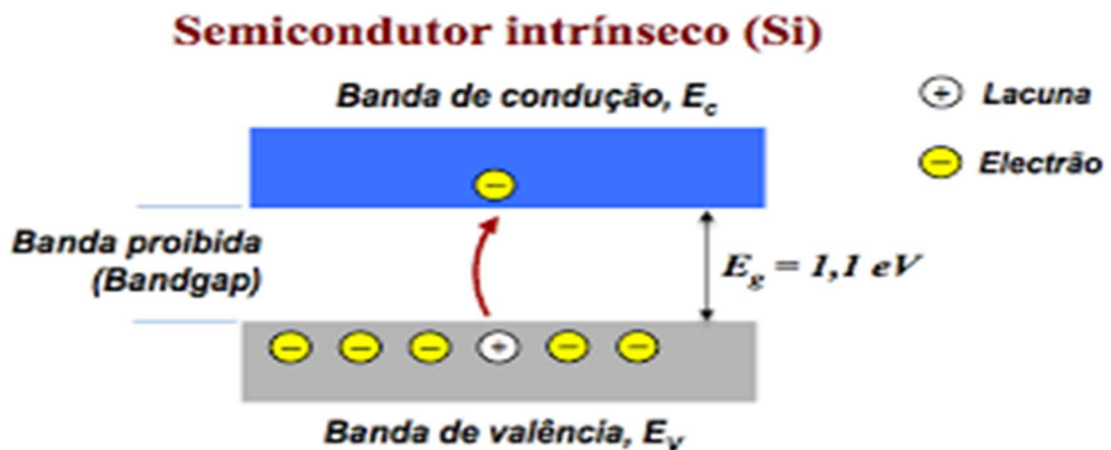
A eficiência de uma célula fotovoltaica depende diretamente da largura do *gap* de energia do material utilizado. Materiais com gap muito pequeno podem gerar corrente, mas têm perdas por recombinação, enquanto aqueles com gap muito grande não aproveitam a maior parte do espectro solar. Por isso, o silício, com um gap de energia de aproximadamente 1,1 eV, se mostra ideal para aplicações fotovoltaicas (Giancoli, 2011). As figuras 3 e 4 a seguir ilustram esse conceito, evidenciando a diferença entre a banda de valência e a banda de condução nos diferentes tipos de materiais.

Figura 3 - Estrutura de bandas de metais, semicondutores e isolantes.



Fonte: <https://images.app.goo.gl/73ihCZWcVwzNnxiG8>.

Figura 4 - Esquema do diagrama de bandas de energia de um semiconductor intrínseco com o Si.



Fonte: <https://images.app.goo.gl/TiwbPLvwSM2sg9d68>.

5.3.3 DOPAGEM DE SEMICONDUTORES

A dopagem de semicondutores é um processo fundamental para a construção de dispositivos eletrônicos e optoeletrônicos modernos, como os painéis solares fotovoltaicos. Esse procedimento consiste na introdução controlada de impurezas em um material semiconductor intrínseco (geralmente silício ou germânio) com o intuito de modificar suas propriedades elétricas. Por meio da dopagem, é possível aumentar

significativamente a condutividade elétrica do material, permitindo o controle da movimentação de cargas elétricas.

Os átomos dopantes, escolhidos de forma estratégica, possuem valência diferente da do semicondutor base. Quando um elemento trivalente (como o boro) é adicionado ao silício, cria-se um semicondutor do tipo p, onde predominam portadores de carga positiva (lacunas). Por outro lado, a adição de um elemento pentavalente (como o fósforo) gera um semicondutor do tipo n, caracterizado pela predominância de elétrons livres como portadores majoritários (Sze, 2007).

A junção de regiões p e n em um mesmo cristal semicondutor forma a chamada junção pn, estrutura essencial para o funcionamento de diodos, transistores e células solares. No caso das células fotovoltaicas, a dopagem permite a criação de um campo elétrico interno responsável pela separação dos pares elétron-lacuna gerados pela absorção de fótons, viabilizando, assim, a conversão da energia luminosa em energia elétrica (Green, 2001).

A dopagem precisa ser realizada com alta precisão, uma vez que a concentração dos dopantes influencia diretamente a eficiência dos dispositivos semicondutores. Técnicas modernas como difusão térmica, implantação iônica e epitaxia são amplamente utilizadas na indústria para garantir a uniformidade e a estabilidade do processo (Singh, 2014).

Portanto, a dopagem de semicondutores é um procedimento técnico-científico essencial para o desenvolvimento da tecnologia solar fotovoltaica, pois possibilita a fabricação de materiais semicondutores com propriedades elétricas ajustadas às necessidades dos dispositivos de conversão de energia.

5.4 POTENCIAL SOLARIMÉTRICO DO NORTE DE MINAS GERAIS

Segundo o Atlas Solarimétrico de Minas Gerais (Oliveira; Horta; Silva, 2016), a região Norte do Estado é a que possui maior potencial de aproveitamento da energia solar, apresentando a maior média de kwh das mesorregiões do Estado, com base nos cálculos e simulações realizados pelos autores do Atlas, demonstrando que a área é de grande interesse para a utilização de energia fotovoltaica. Também é ressaltado pelos autores que cidades como Jaíba e Janaúba, ambas localizadas no Norte de Minas Gerais, possuem valores médios energéticos próximos aos melhores

valores vistos no país, por exemplo, nas cidades de Caetité (BA), Petrolina (PE) e Tauá (CE).

Um dos fatores geográficos que contribuem para essas condições é a presença da Serra do Espinhaço, uma cadeia montanhosa que se estende pelo estado de Minas Gerais até a Bahia. Com altitudes que podem ultrapassar 2.000 metros, essa formação atua como uma barreira orográfica, influenciando diretamente o clima da região.

5.4.1 BARREIRA ÀS FRENTES FRIAS

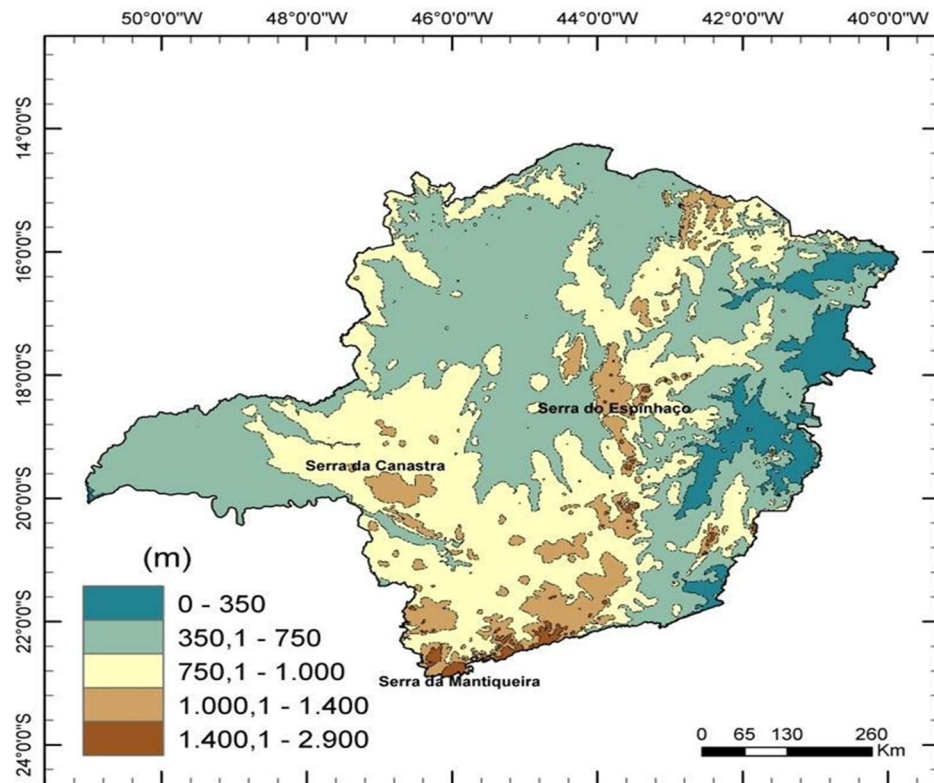
A Serra do Espinhaço interfere na dinâmica atmosférica ao dificultar a penetração de frentes frias provenientes do Oceano Atlântico para o interior do estado. Essas frentes, ao encontrarem a barreira montanhosa, perdem força e umidade, resultando em menor incidência de chuvas e manutenção de temperaturas elevadas no norte mineiro.

Essa configuração climática, caracterizada por longos períodos de estiagem e alta insolação, favorece a implementação de sistemas de energia solar, tornando a região propícia para investimentos no setor fotovoltaico.

5.4.2 IMPLICAÇÕES PARA A ENERGIA SOLAR

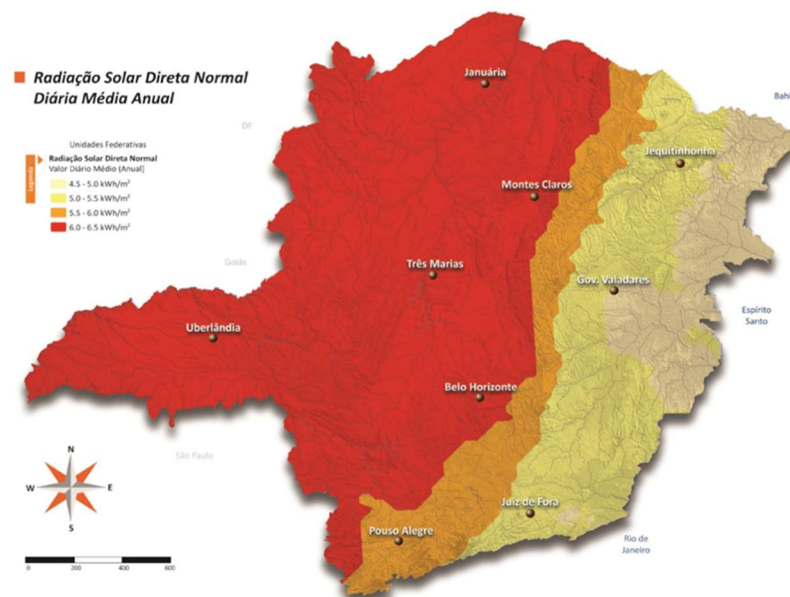
A combinação de alta radiação solar e baixa nebulosidade proporciona condições ideais para a geração de energia solar no Norte de Minas Gerais. Além disso, a topografia relativamente plana em diversas áreas facilita a instalação de parques solares em larga escala. Essas características posicionam a região como estratégica para o desenvolvimento de projetos de energia renovável, contribuindo para a diversificação da matriz energética e o desenvolvimento socioeconômico local. A seguir apresentamos alguns mapas que corroboram esse fato e uma tabela (tabela 1) que apresenta os valores médios da Energia Elétrica produzida por um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica para todas as 12 mesorregiões de Minas Gerais – 2016.

Mapa 1 - Hipsométrico (metros) do estado de Minas Gerais.



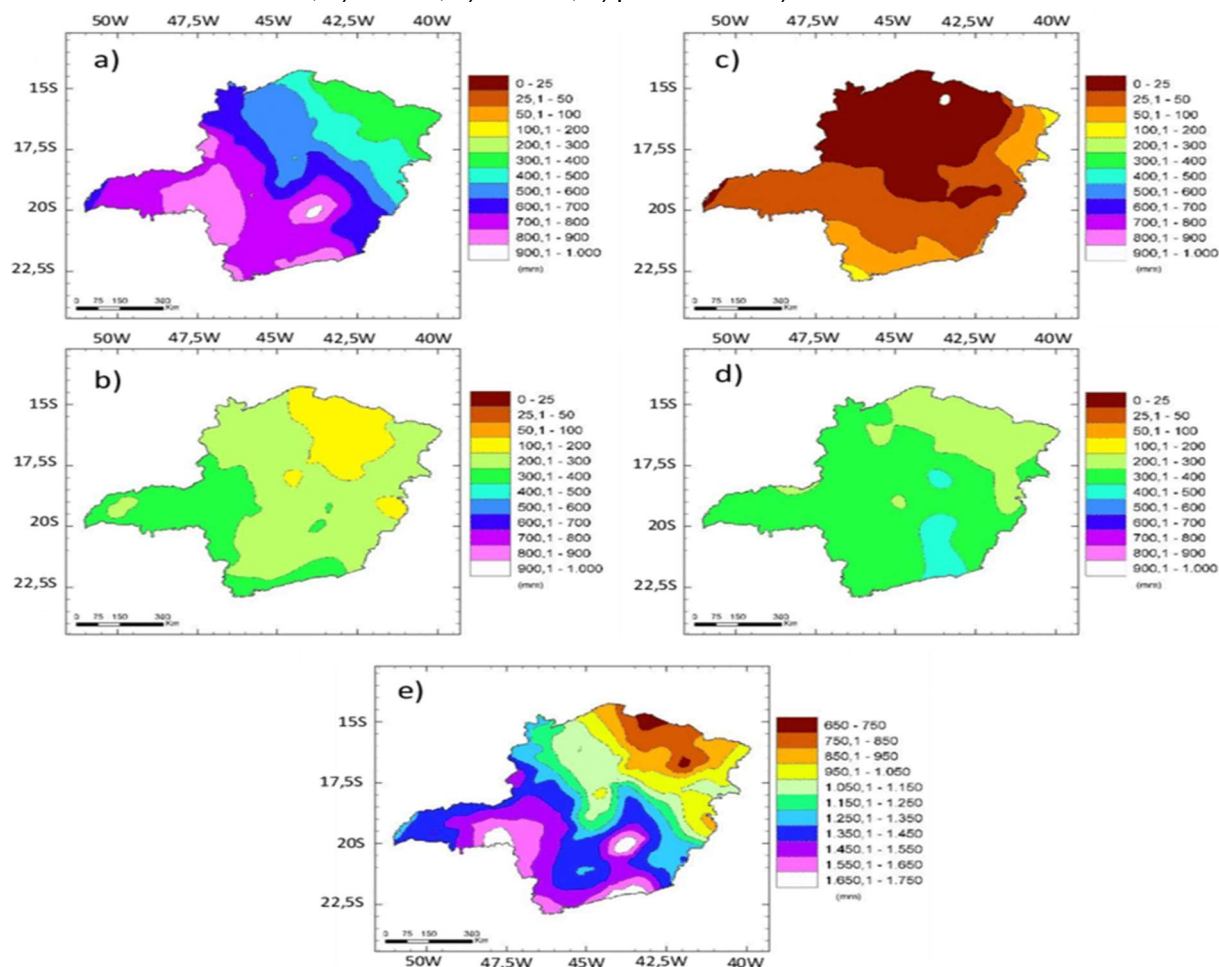
Fonte: Mapa hipsométrico (metros) do estado de Minas Gerais, com indicações das serras da Canastra, do Espinhaço e da Mantiqueira. Dados obtidos do United States Geological Survey (USGS)

Mapa 2 - Média anual de radiação solar para o estado de Minas Gerais. As regiões com maiores médias são o Norte e o Noroeste de Minas.



Fonte: <https://images.app.goo.gl/3coGPZVy6shxio7F7>.

Mapa 3 - Precipitação (mm) média sazonal e anual em Minas Gerais no período de 1998 a 2012: a) verão, b) outono, c) inverno, d) primavera e e) média anual.



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Precipitacao-mm-media-sazonal-e-anual-em-Minas-Gerais-no-periodo-de-1998-a-fig2_318256211.

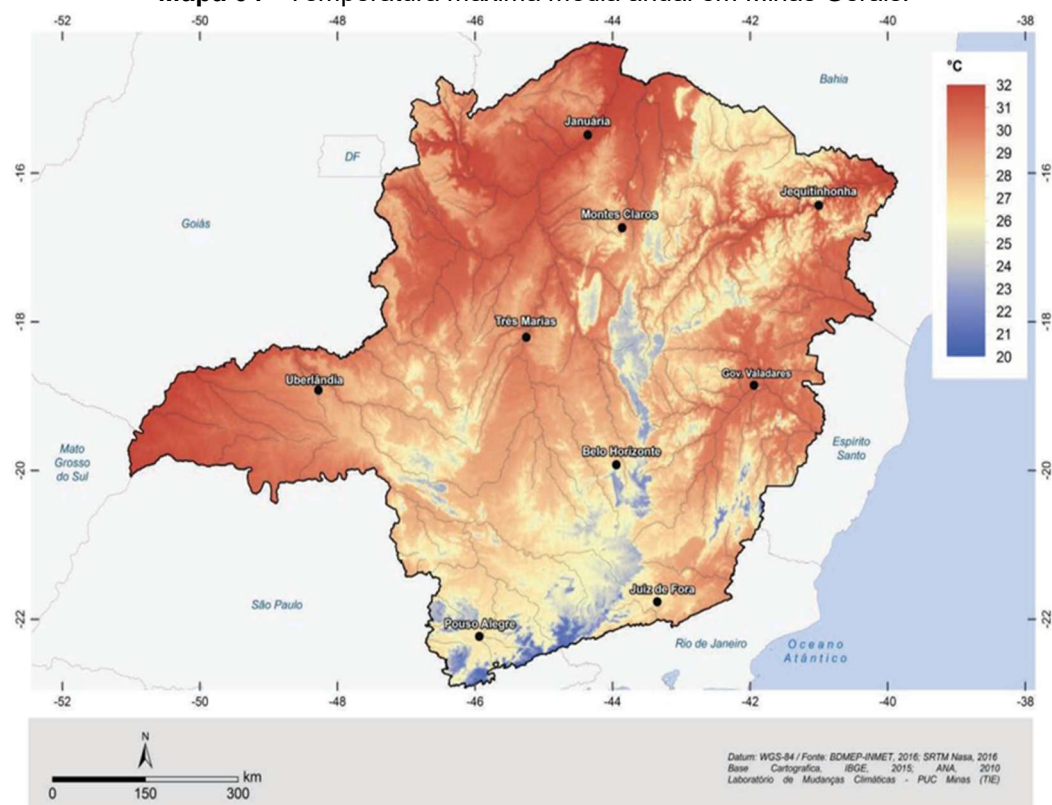
Tabela 1 - Valores médios da Energia Elétrica produzida por um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica para todas as 12 mesorregiões de Minas Gerais – 2016.

Mesorregiões	Média Anual (kWh/kWp)	Média Anual – PR
Norte	1489	0,8
Noroeste	1469	0,8
Central de Minas	1407	0,8
Triângulo Mineiro	1400	0,8
Jequitinhonha	1364	0,79
Oeste	1341	0,79
Mucuri	1323	0,79
Metropolitana de BH	1322	0,79
Rio Doce	1309	0,8
Sul / Sudoeste	1287	0,79

Campo das Vertentes	1279	0,78
Zona da Mata	1258	0,79
MÉDIA ANUAL DO ESTADO	<u>1354</u>	<u>0,79</u>

Fonte: Oliveira, Horta e Silva (2016)

Mapa 04 - Temperatura máxima média anual em Minas Gerais.



Fonte: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/03/atlas-solarimetrico-vol-i-mg.pdf>.

locais. A empresa também promoveu programas de capacitação profissional, priorizando a inclusão de mulheres nas atividades do projeto.

Figura 5 - Complexo Solar Janaúba – Janaúba/MG.



Fonte: <https://diariodocomercio.com.br/economia/complexo-solar-de-janauba-e-inaugurado/Gontijo,J>. Complexo Solar Janaúba é inaugurado em investimento de R\$ 4 bilhões. Diário do Comércio, 2023.

A Usina Solar Sol de Jaíba, vide figura 6 abaixo, localizada no município de Jaíba, no norte de Minas Gerais, é um dos mais significativos projetos de energia fotovoltaica em desenvolvimento no Brasil. Sob a responsabilidade da Auren Energia, o complexo ocupa uma área de aproximadamente 1.300 hectares e, quando concluído, terá uma capacidade instalada de 629,9 megawatts-pico (MWp), posicionando-se como a sexta maior usina solar do país. O projeto já conta com 957.066 módulos fotovoltaicos instalados, evidenciando a magnitude da infraestrutura envolvida. O investimento total estimado para a implementação da usina é de R\$ 2 bilhões, refletindo o compromisso da Auren Energia com a expansão da matriz energética renovável brasileira. A escolha de Jaíba para sediar o empreendimento deve-se aos elevados índices de irradiação solar e à baixa nebulosidade da região, fatores que a tornam uma das áreas mais propícias para a geração de energia solar no país. Além dos benefícios ambientais, o complexo teve um impacto

socioeconômico significativo, contribuindo para o desenvolvimento local e a geração de empregos.

Figura 6 - Usina solar Sol de Jaíba – Jaíba/MG



Fonte: <https://epbr.com.br/auren-coloca-em-operacao-usina-solar-sol-de-jaiba-em-minas-gerais-veja-ranking/>.

O Projeto Solar Sol do Cerrado, vide figura 7 a seguir, localizado no município de Jaíba, no Norte de Minas Gerais, é um dos maiores empreendimentos de energia fotovoltaica do Brasil. Desenvolvido pela Vale S.A., o complexo ocupa uma área total de 5.000 hectares e é composto por 17 subparques solares. A capacidade instalada do projeto é de aproximadamente 1.357 megawatts (MW), o que o posiciona como um dos maiores do país em termos de geração de energia solar. O complexo conta com cerca de 1,4 milhão de módulos fotovoltaicos equipados com sistemas de rastreamento automático, que acompanham a movimentação do sol ao longo do dia, otimizando a captação de energia. Os investimentos totais no projeto somaram cerca de R\$ 3 bilhões (aproximadamente US\$ 590 milhões), refletindo o compromisso da Vale com a expansão da matriz energética renovável brasileira. A escolha de Jaíba para sediar o empreendimento deve-se aos elevados índices de irradiação solar e à

baixa nebulosidade da região, fatores que a tornam uma das áreas mais propícias para a geração de energia solar no país. Além dos benefícios ambientais, o complexo teve um impacto socioeconômico significativo, contribuindo para o desenvolvimento local e a geração de empregos.

Figura 7 - Usina solar Sol do Cerrado – Jaíba/MG



Fonte: https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2022/11/18/internas_economia,1422896/vale-inicia-operacao-de-megausina-solar-no-norte-de-minas.shtml.

Diante de todas as informações apresentadas, percebe-se que explorar o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais representa uma excelente oportunidade didática. Além de favorecer a aprendizagem sobre a geração de energia solar, a proposta também permite que os alunos conheçam melhor as características e as potencialidades da própria região. Ao inserir o efeito fotovoltaico no contexto de uma sequência didática baseada em metodologias ativas, cria-se um ambiente propício à participação mais efetiva dos estudantes. Essa abordagem valoriza o protagonismo discente, pois estimula a investigação, a experimentação e a construção coletiva do conhecimento. Como destacam Zabala (1998) e Moreira (2006),

estratégias didáticas que envolvem o aluno de forma ativa favorecem não apenas a fixação dos conteúdos, mas também o desenvolvimento de competências como autonomia, criticidade e capacidade de aplicar o conhecimento em situações reais.

6 PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa foi conduzida por meio de uma abordagem qualitativa com características da pesquisa-ação, uma vez que buscou intervir diretamente no processo de ensino-aprendizagem, promovendo a construção coletiva do conhecimento entre professor e estudantes. O foco esteve na aplicação dos (3MP), propostos por Delizoicov e Angotti (1994), como estrutura metodológica para o desenvolvimento do conteúdo relacionado ao efeito fotovoltaico, enfatizando também o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais como contextualização significativa.

A proposta pedagógica foi aplicada em uma turma do Ensino Médio da rede pública de ensino, composta por 40 alunos, no município de Espinosa-MG. A sequência de aulas foi planejada de forma a articular teoria e prática, promovendo o diálogo entre o conhecimento científico e a realidade dos alunos.

O Primeiro Momento Pedagógico – a Problematização Inicial – teve como objetivo provocar o interesse dos estudantes e levantar seus conhecimentos prévios. Para isso, foi utilizado um questionário diagnóstico tipo Likert, com afirmações relacionadas ao conhecimento sobre energia solar, efeito fotovoltaico e a realidade energética da região. Esse momento permitiu identificar concepções prévias, além de sensibilizar os estudantes sobre a importância do tema.

No Segundo Momento – a Organização do Conhecimento, foram promovidas aulas expositivas-dialogadas, complementadas com vídeos educativos, experimentos demonstrativos com mini placas fotovoltaicas e análise de gráficos e mapas do Atlas Solarimétrico de Minas Gerais. Nessa fase, foram abordados os conceitos físicos envolvidos no funcionamento das células solares, como o efeito fotovoltaico, a teoria de bandas, semicondutores, além da distinção entre o efeito fotoelétrico e fotovoltaico. Essa etapa teve como objetivo consolidar os conhecimentos científicos necessários para compreender o fenômeno e sua aplicação.

Por fim, o Terceiro Momento – a Aplicação do Conhecimento, consistiu na discussão crítica dos dados obtidos na primeira etapa, na reaplicação do questionário Likert, e na realização de atividades em grupo, nas quais os alunos deveriam propor possíveis aplicações da energia solar em sua comunidade, considerando o potencial solar da região. Este momento permitiu avaliar a aprendizagem significativa, verificar

mudanças conceituais e estimular o protagonismo estudantil diante de uma temática atual e relevante.

As aulas foram ministradas ao longo de 11 encontros, com duração média de 50 minutos cada. Os dados foram registrados por meio de observações de sala, anotações do pesquisador, produções escritas dos alunos e os resultados dos questionários iniciais e finais. A análise dos dados considerou as transformações nas percepções e nos conhecimentos dos alunos ao longo da intervenção pedagógica (Bogdan; Biklen, 1994).

6.1- CONTEXTO

A presente pesquisa foi desenvolvida no município de Espinosa, localizado na região Norte do estado de Minas Gerais. Essa região se caracteriza por apresentar altos índices de radiação solar ao longo do ano, fato que a torna propícia para a exploração de fontes renováveis de energia, especialmente a energia solar fotovoltaica (Oliveira; Horta; Silva, 2016). No entanto, apesar do grande potencial solarimétrico, observa-se que o tema ainda é pouco explorado no contexto escolar, seja nos conteúdos curriculares de Física, seja nas discussões socioambientais relacionadas ao desenvolvimento sustentável e à realidade local.

A escolha do tema e da abordagem metodológica partiu da necessidade de tornar o ensino de Física mais significativo e contextualizado, promovendo a integração entre os conteúdos científicos e a vivência dos estudantes. Além disso, buscou-se estimular o pensamento crítico e a formação cidadã, conforme preconizado pelas diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), por meio de uma abordagem que valoriza o protagonismo estudantil e o conhecimento do território.

O público-alvo da pesquisa foi uma turma de 3º ano do Ensino Médio regular da rede estadual de ensino. A Escola Estadual Joaquim de Freitas (veja fachada na figura 8), em que o trabalho foi desenvolvido, atende majoritariamente estudantes de famílias de baixa renda, residentes em áreas urbanas e rurais, muitos dos quais apresentam dificuldades de acesso a recursos tecnológicos e à informação científica atualizada. A turma era composta por 40 alunos, com idades entre 17 e 19 anos, com diferentes níveis de domínio dos conteúdos de Física, o que exigiu a elaboração de

uma proposta pedagógica diversificada, que valorizasse a realidade dos estudantes na perspectiva dos 3MP (Delizoicov e Angotti, 1994).

Figura 8 - Fachada da escola.



Fonte: Autor (2025).

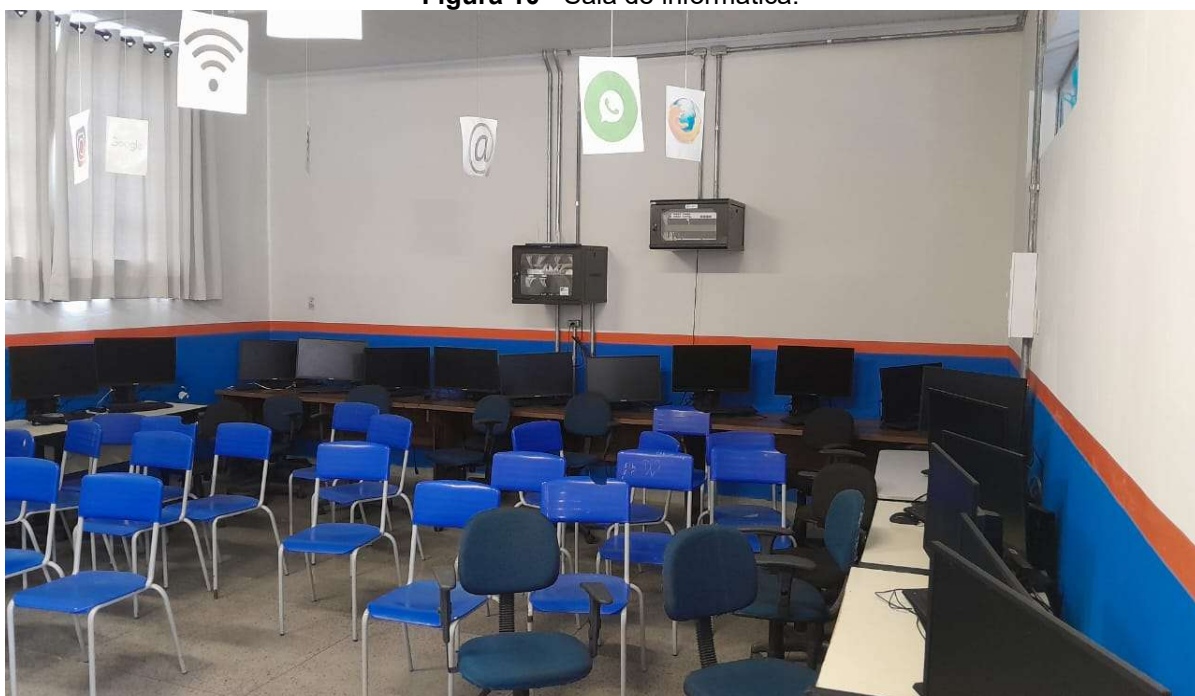
A Escola Estadual Joaquim de Freitas conta com aproximadamente 682 alunos matriculados, distribuídos nos turnos matutino, vespertino e noturno, atendendo turmas do Ensino Médio regular e Educação de Jovens e Adultos (EJA). Do total de estudantes, cerca de 415 residem na zona urbana, enquanto os demais vêm da zona rural, enfrentando diariamente longos deslocamentos para chegar até a escola. A instituição possui 09 salas de aula, sala de informática com acesso à internet, biblioteca, secretaria, sala dos professores e áreas administrativas. O corpo funcional é composto por aproximadamente 33 professores efetivos e contratados, além de 18 servidores técnicos e administrativos, que atuam na secretaria, portaria, limpeza e serviços gerais. Apesar das limitações estruturais e tecnológicas, a escola busca promover um ambiente de aprendizagem inclusivo, valorizando a formação integral do estudante e incentivando projetos interdisciplinares que dialoguem com a realidade socioeconômica da comunidade. As imagens a seguir, figuras 9,10,11,12 e 13 apresentam a estrutura física e alguns ambientes da Escola Estadual Joaquim de Freitas, ilustrando o contexto educacional em que esta pesquisa foi desenvolvida.

Figura 9 - Secretária escolar.



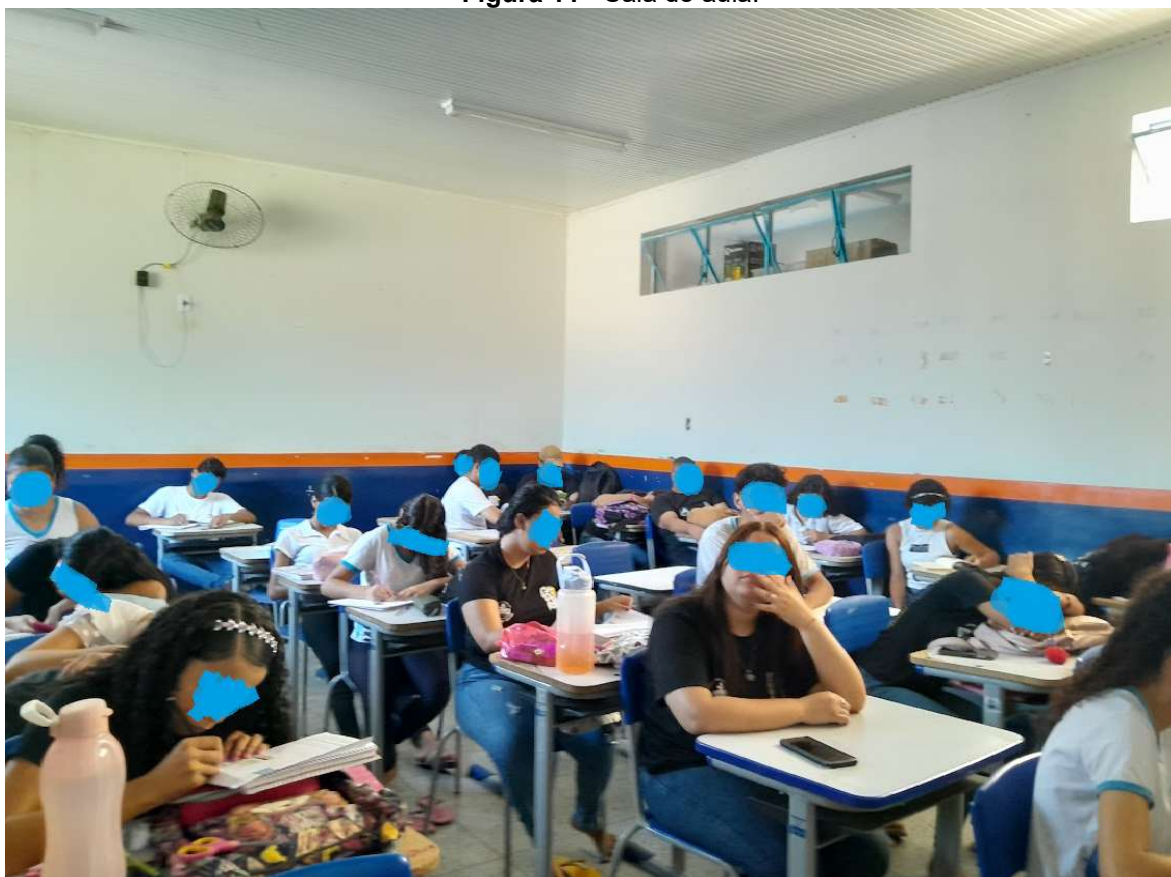
Fonte: Autor (2025).

Figura 10 - Sala de informática.



Fonte: Autor (2025)

Figura 11 - Sala de aula.



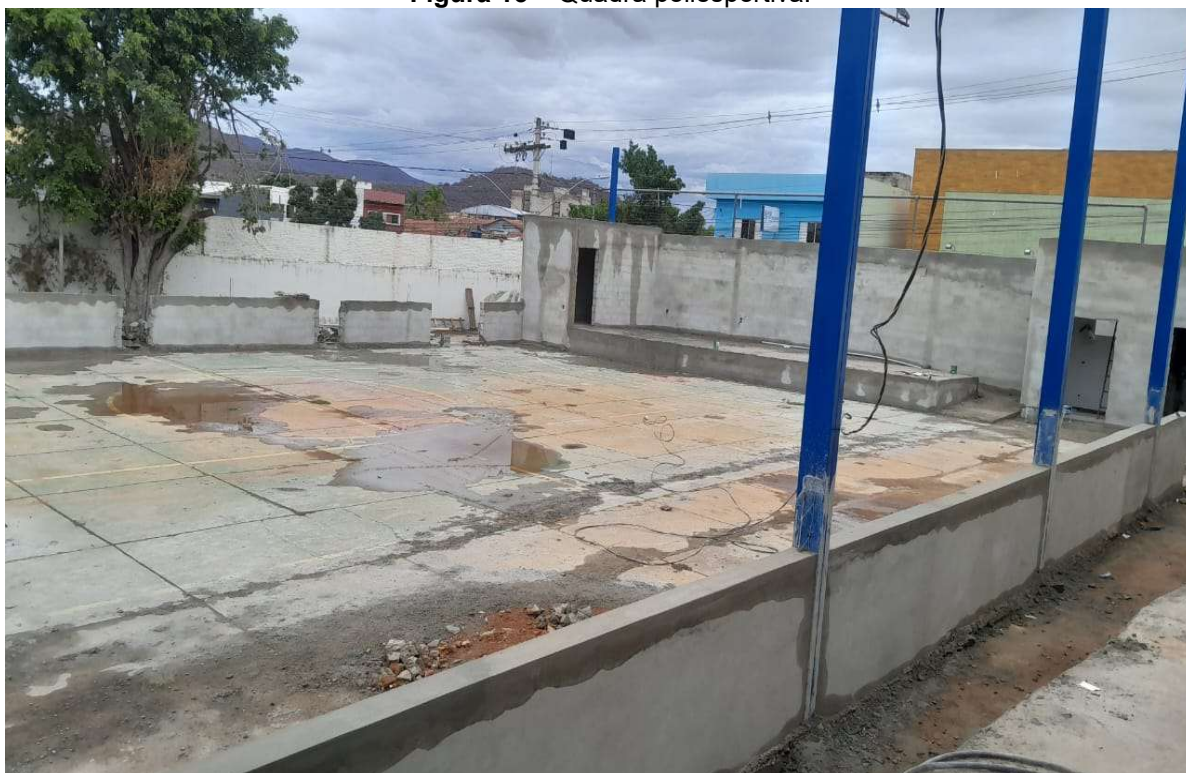
Fonte: Autor (2024).

Figura 12 – Cantina.



Fonte: Autor (2025).

Figura 13 – Quadra poliesportiva.



Fonte: Autor (2025).

Com base nesse panorama escolar, apresenta-se a seguir a justificativa para a escolha da turma na qual foi aplicada a proposta didática. A seleção desse grupo ocorreu não apenas em função da etapa de ensino, que contempla conteúdos relacionados à energia, eletricidade e aplicações tecnológicas, mas também pelo interesse demonstrado pelos próprios estudantes em compreender questões vinculadas ao uso de fontes alternativas de energia em sua região. A abordagem adotada buscou responder a essa demanda, articulando os conteúdos curriculares ao contexto sociocultural dos alunos, aos desafios econômicos locais e ao potencial educativo do tema, de modo a favorecer uma aprendizagem significativa e conectada à realidade vivida pelos participantes. Portanto, a escolha da turma e do tema a ser abordado se basearam no conceito de Tema Gerador, os temas geradores são temas que servem ao processo de codificação-decodificação e problematização da situação. Eles permitem concretizar, metodologicamente, o esforço de compreensão da realidade vivida para alcançar um nível mais crítico de conhecimento dessa realidade, pela experiência da reflexão coletiva da prática social real (Tozoni-Reis, 2006).

A presença de recursos didáticos como vídeos, gráficos, questionários e experimentos simples com placas fotovoltaicas contribuiu para tornar o processo mais atrativo e acessível, favorecendo a construção coletiva do conhecimento. Além disso,

a metodologia baseada nos Três Momentos Pedagógicos permitiu que os alunos se colocassem como sujeitos ativos na aprendizagem, refletindo sobre sua realidade e buscando soluções para os problemas locais a partir do conhecimento científico.

6.2 DESCRIÇÃO DA INTERVENÇÃO

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de abordagem qualitativa e exploratória, estruturada em Três Momentos Pedagógicos para o ensino do efeito fotovoltaico, promovendo a conscientização energética a partir da análise do potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais. Além disso, a proposta busca esclarecer as distinções conceituais entre o efeito fotovoltaico e o efeito fotoelétrico, elucidando suas bases físicas e aplicações tecnológicas, com vistas a evitar equívocos recorrentes no contexto do Ensino Médio.

O estudo foi estruturado em três etapas principais. A primeira consistiu em um levantamento teórico, por meio de uma revisão bibliográfica sobre o efeito fotovoltaico, a energia solar e o potencial solarimétrico da região. Nesse momento, também foram exploradas as diferenças entre o efeito fotovoltaico e o efeito fotoelétrico, ressaltando suas implicações para o ensino e para a compreensão dos processos de conversão de energia luminosa em eletricidade. Ainda nessa etapa, investigaram-se metodologias ativas compatíveis com o ensino de Física, especialmente aquelas voltadas ao ensino de conceitos relacionados à sustentabilidade e às fontes renováveis de energia.

Na segunda etapa, foi realizada a elaboração da proposta didática baseada nos Três Momentos Pedagógicos, avaliando sua coerência com as diretrizes do Ensino Médio, sua fundamentação teórico-metodológica e seu potencial para estimular a conscientização energética entre os estudantes. A diferenciação entre os dois efeitos foi incorporada à estrutura da proposta, garantindo que os alunos compreendam com clareza que o efeito fotovoltaico é o fenômeno responsável pela geração de eletricidade em semicondutores, enquanto o efeito fotoelétrico refere-se à emissão de elétrons por materiais metálicos quando expostos à radiação eletromagnética. Essa construção foi pautada em referenciais teóricos da educação em Ciências e nos Parâmetros Curriculares Nacionais, visando garantir aplicabilidade e relevância didática.

A terceira etapa consistiu na aplicação prática da proposta didática com uma turma do 3º ano do Ensino Médio, envolvendo atividades articuladas aos Três

Momentos Pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Essa etapa permitiu observar o engajamento dos alunos e a eficácia da proposta na promoção de uma aprendizagem significativa e contextualizada sobre energia solar e seus fundamentos físicos.

6.3 UTILIZAÇÃO DA ESCALA LIKERT NA AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO

Como instrumento de coleta de dados para avaliação da intervenção didática, foi utilizada a escala Likert, amplamente empregada em pesquisas educacionais para mensurar percepções, atitudes e níveis de concordância dos participantes em relação a determinadas afirmações. Esse tipo de escala permite captar, de forma estruturada, as impressões dos estudantes, contribuindo para uma análise mais consistente dos efeitos da proposta pedagógica.

No presente estudo, a escala Likert foi aplicada em dois momentos distintos: antes e após a implementação da SD. A aplicação inicial teve como objetivo identificar os conhecimentos, percepções e concepções dos estudantes acerca dos conceitos de efeito fotovoltaico e efeito fotoelétrico, bem como suas atitudes em relação ao tema energia solar. Já a aplicação final possibilitou avaliar possíveis mudanças nessas percepções, permitindo analisar os impactos da intervenção didática.

A escala foi composta por afirmações relacionadas à compreensão conceitual, ao nível de engajamento dos estudantes, à clareza da metodologia baseada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP) e à relevância do tema no contexto regional. Para cada afirmação, os participantes indicaram seu grau de concordância em uma escala de cinco pontos, variando entre: “discordo totalmente”, “discordo”, “nem concordo nem discordo”, “concordo” e “concordo totalmente”.

Os dados obtidos foram analisados de forma descritiva e comparativa, considerando as respostas antes e após a intervenção, o que permitiu identificar indícios de aprendizagem crítica, maior conscientização energética e melhor compreensão dos conceitos abordados. Dessa forma, a utilização da escala Likert contribuiu para complementar a análise qualitativa da pesquisa, oferecendo evidências sobre a efetividade da proposta didática desenvolvida.

7 METODOLOGIA DO TRABALHO

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos que orientaram o desenvolvimento da presente pesquisa, caracterizada como uma investigação de abordagem qualitativa, de caráter exploratório e com intervenção pedagógica. A proposta foi estruturada com base nos Três Momentos Pedagógicos (3MP), organizando-se em uma SD composta por 11 aulas de 50 minutos cada, desenvolvidas com uma turma do 3º ano do Ensino Médio. As aulas contemplaram diferentes estratégias e ferramentas didáticas, como aplicação de questionários (escala Likert pré e pós-intervenção), uso de vídeos educativos, simulações computacionais (PhET), textos didáticos, slides, análise de gráficos e dados solarimétricos da região Norte de Minas Gerais, além de atividades investigativas, debates e apresentações realizadas pelos estudantes. O planejamento das aulas buscou promover a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação prática dos conceitos, articulando o ensino do efeito fotovoltaico à realidade regional dos alunos. Para sistematizar a execução da proposta, foi elaborado um cronograma detalhado das atividades, apresentado no Quadro 4, no qual são descritos os encontros, conteúdos abordados, recursos utilizados e sua relação com cada momento da Sequência Didática. Dessa forma, a metodologia adotada possibilitou não apenas a construção do conhecimento científico, mas também a análise dos impactos da intervenção na aprendizagem e na conscientização energética dos estudantes.

Quadro 4 - Cronograma de execução do produto educacional (Sequência Didática) Fundamentado nos 3MP

ENCONTRO	ATIVIDADE	RECURSO	MOMENTO DA SD
1º aula/ 50 minutos	Explicação sobre a escala Likert e sua aplicação na pesquisa educacional.	Apresentação, exemplos de questionário	1º momento
2º aula/ 50 minutos	Aplicação do Questionário inicial para diagnóstico das concepções dos alunos.	Questionário impresso.	1º momento
3º aula/ 50 minutos	Debate sobre o efeito fotovoltaico e o potencial solar do Norte de Minas Gerais.	Perguntas Norteadoras, dados solares do Norte de Minas.	1º momento
4º aula/ 50 minutos	Diferença entre o efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico. (Comparação entre os dois	Vídeo demonstrativo, simulação computacional do	2º momento

	efeitos, explicação teórica e exemplos práticos).	efeito fotoelétrico PhET e Texto didático.	
5º aula/ 50 minutos	Explicação aprofundada sobre o efeito fotovoltaico e o funcionamento das células solares.	Vídeo demonstrativo, simulação computacional do efeito fotovoltaico PhET e texto didático.	2º momento
6º aula/ 50 minutos	Explicação sobre bandas de energia e semicondutores.	Slides e vídeos com animações interativa.	2º momento
7º aula/ 50 minutos	O potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais. (Análise de gráficos, mapas solares e discussão sobre a viabilidade do uso da energia solar na região).	Slides e dados solares da região Norte de Minas.	2º momento
8º aula/ 50 minutos	Apresentação de trabalhos. Vantagens e desvantagens da energia fotovoltaica e Diferenças entre o efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico.	Slides e pesquisas dos alunos.	3º momento
9º aula/ 50 minutos	Apresentação de trabalhos. Usinas solares do Norte de Minas Gerais e viabilidade da energia fotovoltaica em residências.	Slides e pesquisas dos alunos.	3º momento
10º aula/ 50 minutos	Simulação do funcionamento de um painel fotovoltaico.	Mine painel fotovoltaico.	3º momento
11º aula/ 50 minutos	Aplicação do questionário Likert pós-ensino para avaliar mudanças na percepção dos alunos mais discussão final.	Questionário likert com debate final	3º momento

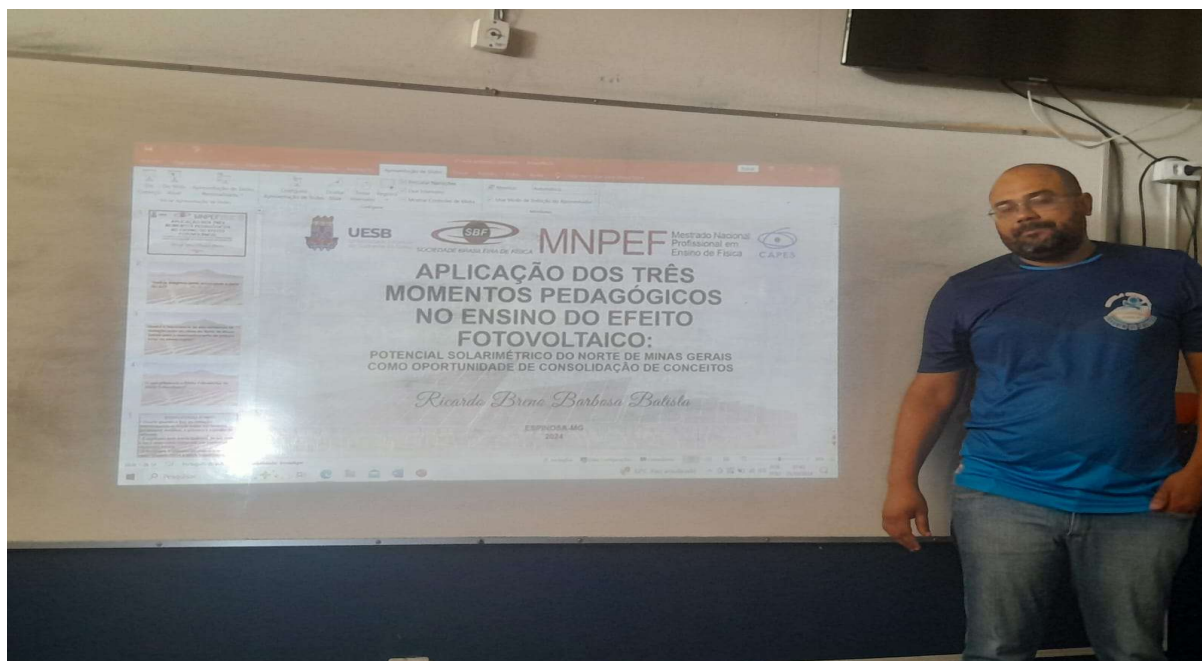
Fonte: Autor (2025).

7.1 - 1º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 01

A primeira aula foi dedicada à explicação sobre a escala Likert e sua utilização como instrumento de pesquisa educacional, vide figura 14. Esta atividade integrou o Primeiro Momento Pedagógico – a Problemática Inicial, cuja função principal é levantar as concepções prévias dos alunos e provocar um distanciamento crítico diante do conhecimento espontâneo (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011).

A aula teve início com uma contextualização sobre a importância da escuta ativa no processo de ensino-aprendizagem, destacando a escala Likert como uma metodologia eficaz para identificar percepções, crenças e conhecimentos prévios dos estudantes (Sampieri; Collado; Lucio, 2013). Foram apresentados exemplos de questionários estruturados com base na escala, com afirmações relacionadas ao uso da energia elétrica, fontes renováveis e o papel da energia solar na atualidade.

Figura 14 – Início do primeiro momento pedagógico.



Fonte: Autor (2024).

Além de introduzir os alunos à metodologia da pesquisa, a atividade teve como objetivo inicial provocar a reflexão crítica acerca das concepções que os próprios estudantes traziam sobre o tema. Por meio de uma abordagem dialógica e investigativa, os discentes foram incentivados a relatar suas experiências cotidianas com o consumo de energia, sua familiaridade com sistemas fotovoltaicos e sua percepção sobre a viabilidade da energia solar na região.

O uso da escala Likert nesse contexto se mostrou eficaz para favorecer um ambiente participativo, ao mesmo tempo em que funcionou como um disparador conceitual, permitindo ao professor identificar saberes prévios e lacunas conceituais. Segundo Moreira (2006), o processo de construção do conhecimento só ocorre quando novos conteúdos se conectam a estruturas cognitivas já existentes, o que exige o conhecimento prévio do estudante como ponto de partida.

Essa aula, portanto, cumpriu adequadamente sua função no âmbito do primeiro momento dos Três Momentos Pedagógicos, ao promover o envolvimento ativo dos alunos, estimular a problematização e estabelecer as bases para o aprofundamento dos conteúdos nas etapas seguintes da proposta.

7.2 - 1º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 02

A segunda aula teve como foco a aplicação do questionário diagnóstico com base na escala Likert, objetivando identificar os conhecimentos prévios, percepções e expectativas dos alunos sobre o tema da energia solar e, especificamente, sobre o efeito fotovoltaico. A atividade está inserida no Primeiro Momento Pedagógico (Problematização Inicial), conforme proposto por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), e reforça a importância de partir das concepções espontâneas dos estudantes como ponto de partida para o processo de ensino-aprendizagem.

O questionário, impresso e distribuído individualmente, vide figura 15, foi composto por 15 afirmações que abordaram temas como: familiaridade com o efeito fotovoltaico e sua distinção em relação ao efeito fotoelétrico; conhecimentos sobre a geração de energia solar; percepção sobre o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais; e atitudes em relação ao uso sustentável da energia. Os alunos foram orientados sobre como preencher a escala, com opções que iam de “Discordo muito” a “Concordo muito”, reforçando-se que não havia respostas certas ou erradas, apenas a manifestação de suas opiniões pessoais.

Durante a atividade, observou-se que os estudantes demonstraram seriedade no preenchimento do instrumento, o que reforça a relevância de valorizar suas percepções iniciais. Muitos revelaram surpresa ao se deparar com afirmações sobre o potencial solar da própria região, o que já provocou uma reflexão inicial sobre a realidade energética local. Esse tipo de instrumento se alinha à perspectiva de Moreira (2006), segundo a qual a aprendizagem significativa exige que novos conteúdos se conectem a estruturas cognitivas preexistentes - o que só é possível mediante o conhecimento prévio do aluno.

Figura 15 – Aplicação do questionário Likert.



Fonte: Autor (2024).

A aplicação do questionário também serviu como subsídio para o professor planejar os momentos seguintes da proposta didática. As respostas obtidas forneceram uma visão inicial sobre as concepções que necessitavam ser ampliadas ou reconstruídas ao longo das aulas. A atividade, portanto, cumpriu de forma satisfatória a função do primeiro momento dos Três Momentos Pedagógicos, funcionando como um diagnóstico pedagógico e como estratégia de engajamento inicial. A seguir, são apresentados os gráficos correspondentes às respostas obtidas na aplicação do questionário diagnóstico, os quais ilustram as concepções iniciais dos estudantes sobre o tema investigado.

7.3 - 1º MOMENTO PEDAGÓGICO - AULA 03 (Problematização)

A terceira aula teve como foco o aprofundamento da problematização inicial, por meio de um debate orientado sobre o efeito fotovoltaico e o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais. A mediação foi conduzida com base em perguntas norteadoras, cuidadosamente elaboradas para provocar a reflexão crítica dos alunos

sobre a relação entre a conversão da luz solar em energia elétrica e a realidade local em que vivem.

As perguntas estimularam os estudantes a refletirem sobre temas como:

- A importância da energia solar como alternativa limpa e renovável.
- A viabilidade da utilização de painéis solares em suas comunidades.
- As condições climáticas específicas do Norte de Minas Gerais, especialmente a alta incidência solar durante o ano, conforme dados extraídos do Atlas Solarimétrico de Minas Gerais (Oliveira; Horta; Silva, 2016).

Esse momento foi essencial para construir um elo entre o conteúdo científico e a vivência dos alunos, valorizando seus saberes prévios e suas experiências cotidianas. Muitos estudantes relataram já ter visto painéis solares em fazendas da região ou em reportagens sobre projetos de energia. Outros expressaram surpresa ao descobrir que sua região está entre as que possuem maior potencial de geração de energia solar no Brasil, o que gerou sentimento de pertencimento e valorização do território.

A participação ativa dos alunos no debate evidenciou o sucesso da estratégia de problematização. O uso de dados reais e locais favoreceu o engajamento e ajudou a consolidar a percepção de que o ensino de Física pode - e deve - dialogar com questões concretas e próximas à realidade do estudante. Ao final da aula, os alunos demonstraram maior interesse em compreender como, de fato, ocorre a conversão da luz em eletricidade, sinalizando que o objetivo desse primeiro momento - despertar a curiosidade e a necessidade de novos saberes - foi plenamente alcançado, na figura 16 abaixo podemos ver a apresentação das questões norteadoras deste momento.

Figura 16 – Terceira aula do primeiro momento.



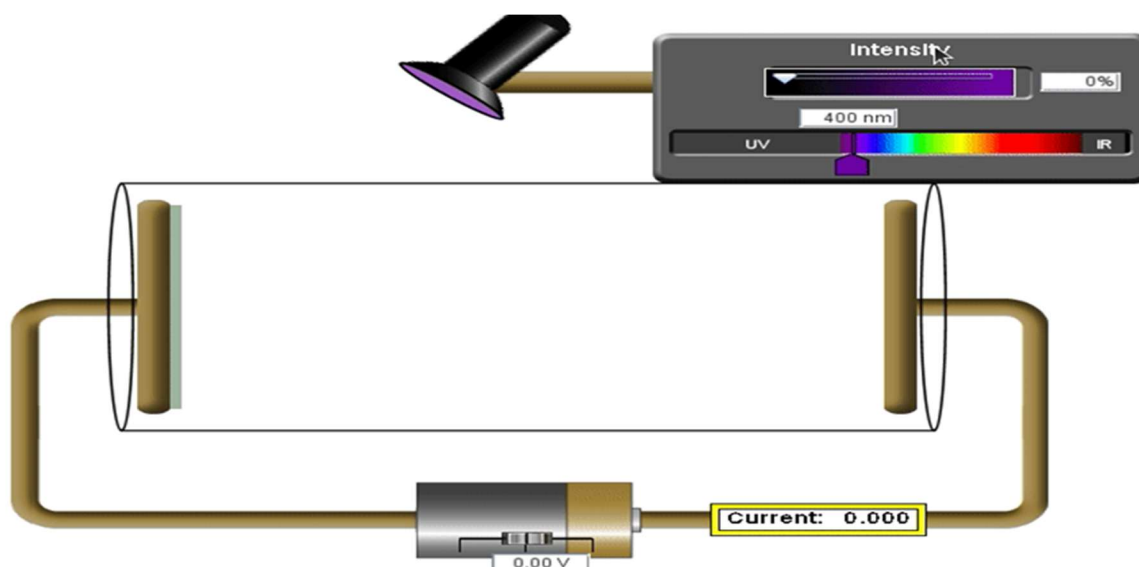
Fonte: Autor (2024).

7.4 - 2º MOMENTO PEDAGÓGICO - AULA 04 (Organização do conhecimento)

No segundo momento pedagógico da quarta aula, a ênfase esteve na sistematização teórica dos conceitos de efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico, a partir da mediação ativa do professor e da utilização de recursos didáticos variados. Esse momento se caracterizou pela exploração conceitual estruturada, com base nos questionamentos e curiosidades levantados na etapa de problematização.

A aula teve início com a apresentação teórica do efeito fotoelétrico, destacando seus fundamentos na Física Moderna, com ênfase na contribuição de Albert Einstein, cuja explicação sobre a emissão de elétrons a partir da incidência de fótons sobre superfícies metálicas rendeu-lhe o Prêmio Nobel de Física em 1921. Para facilitar a compreensão de um conteúdo potencialmente abstrato, foi utilizado um experimento virtual demonstrativo PHET, vide figura 17, que possibilitou a visualização do fenômeno de maneira concreta.

Figura 17 – PHET colorado Simulação do efeito fotoelétrico.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric

Em seguida, foi abordado o efeito fotovoltaico, conceituado como a conversão direta da luz solar em energia elétrica a partir de materiais semicondutores, como o silício. Nesse ponto, foram esclarecidos aspectos como a formação da junção p-n, o movimento dos portadores de carga (elétrons e lacunas), e a relação entre energia de *gap* e condução elétrica. As diferenças desse fenômeno com o do efeito fotoelétrico foram bem salientadas, uma vez que a confusão entre os fenômenos tem persistido inclusive em livros didático, conforme observado no trabalho de (Silva, S. C. et al. 2016). A explicação foi apoiada por uma animação simulada, vide figura 18 abaixo, e por exemplos práticos do cotidiano, como painéis solares e calculadoras solares.

Figura 18 – Simulação do efeito fotovoltaico.



Fonte: Autor (2024).

O uso de um quadro comparativo entre os dois efeitos auxiliou na organização lógica do conteúdo, estabelecendo paralelos entre os fundamentos físicos, os materiais utilizados e suas aplicações tecnológicas. Vale a pena ressaltar que o professor acompanhou de perto os alunos durante todo esse processo. Esse cuidado foi tomado para evitar, o que Delizoicov *et al.*, (2007) denominam de “supervalorização da abordagem de problemas¹”. O primeiro momento foi muito importante para despertar a atenção dos alunos. Contudo, o segundo momento deve ser destinado a entender a teoria que embasa o conteúdo apresentado. No quadro 5 abaixo, mostramos o quadro comparativo entre o efeito fotoelétrico e o fotovoltaico, salientando fundamentos físicos, os materiais utilizados e suas aplicações tecnológicas.

¹ A supervalorização da abordagem de problemas refere-se a uma crítica ao excesso de ênfase na ideia de que toda situação ou desafio deve ser tratado estritamente como um "problema a ser solucionado". Embora a resolução de problemas seja uma habilidade valiosa, essa supervalorização pode levar a várias desvantagens e imprecisões, especialmente em contextos acadêmicos, profissionais e educacionais. Em contraste com a supervalorização da "solução de problemas", métodos como os Três Momentos Pedagógicos (inspirada em Paulo Freire e aqui utilizado) utilizam problemas do contexto dos alunos como ponto de partida para um processo educativo mais profundo.

Quadro 5 – Comparativo do efeito fotoelétrico com o efeito fotovoltaico.

Aspecto	Efeito Fotoelétrico	Efeito Fotovoltaico
Base Física	Emissão de elétrons	Geração de corrente elétrica
Material utilizado	Metais	Semicondutores
Energia da Luz	Arranca elétrons.	Move elétrons internamente
Aplicação	Sensores	Geração de energia elétrica (painéis solares)

Fonte: Autor (2024).

Durante a exposição, o professor também explorou os conceitos de semicondutores e os fatores que influenciam sua condutividade, como diferença de energia entre a banda de valência e a banda de condução, temperatura do material e massa efetiva dos elétrons, sempre buscando contextualizar os aspectos teóricos com situações aplicadas. A apresentação de uma mini placa solar em funcionamento tornou o conteúdo mais palpável e contribuiu para despertar o interesse dos alunos.

Nesse momento de organização do conhecimento, o professor atuou como mediador, sistematizando os saberes científicos e conectando-os às experiências vividas e às inquietações levantadas pelos alunos. A aula cumpriu seu papel de consolidar os conhecimentos essenciais para a compreensão dos fenômenos físico-químicos envolvidos na geração de energia solar, alinhando-se às habilidades da BNCC (EM13CNT103 e EM13CNT104) e ao objetivo geral da sequência didática.

7.5 - 2º MOMENTO PEDAGÓGICO - AULA 05 e 06 (Organização do conhecimento)

No segundo momento pedagógico da quinta aula, os esforços didáticos foram concentrados na sistematização aprofundada dos conhecimentos sobre o efeito fotovoltaico e no entendimento do funcionamento das células solares, com base na Física dos semicondutores e na Teoria de Bandas de Energia. Após a retomada dos conceitos trabalhados nas aulas anteriores, especialmente a distinção entre o efeito fotoelétrico e o fotovoltaico, a mediação do professor foi direcionada à construção progressiva do conhecimento científico, promovendo conexões entre teoria e aplicação.

A aula iniciou-se com uma exposição dialogada sobre os materiais semicondutores, destacando o silício (Si) como o principal exemplo. Foi ressaltado

que os semicondutores ocupam uma posição intermediária entre condutores e isolantes, apresentando condutividade elétrica que pode ser manipulada por fatores externos, como temperatura, luminosidade ou adição de impurezas (dopagem). Nesse contexto, discutiu-se também a classificação dos materiais quanto às suas propriedades elétricas:

- Condutores: possuem elétrons livres na banda de valência, como cobre e alumínio, amplamente utilizados em cabos e circuitos;
- Isolantes: apresentam resistividade muito elevada, como vidro e borracha, sendo usados como revestimentos protetores;
- Semicondutores: possuem condutividade intermediária, sendo fundamentais para tecnologias como transistores, diodos e células solares (ANEEL, 2022);
- Supercondutores: materiais que, abaixo de uma temperatura crítica, apresentam resistência nula, com aplicações em transporte e transmissão de energia (INPE, 2020).

Em seguida, foi introduzida a Teoria de Bandas de Energia, vide fotografia da aula dialogada na figura 19 abaixo, com apoio de slides e vídeos. Explicou-se a diferença entre banda de valência (elétrons ligados) e banda de condução (elétrons livres), e destacou-se o conceito de band gap, a lacuna de energia que separa essas duas regiões. Enquanto nos metais essa lacuna não existe e nos isolantes é muito grande, nos semicondutores ela é suficientemente estreita para que a luz consiga excitar elétrons da banda de valência para a de condução, possibilitando a condução elétrica.

A discussão avançou para os tipos de semicondutores, veja figura 20 a seguir:

- Tipo N: dopado com átomos doadores, que acrescentam elétrons livres.
- Tipo P: dopado com átomos aceitadores, que criam lacunas móveis.

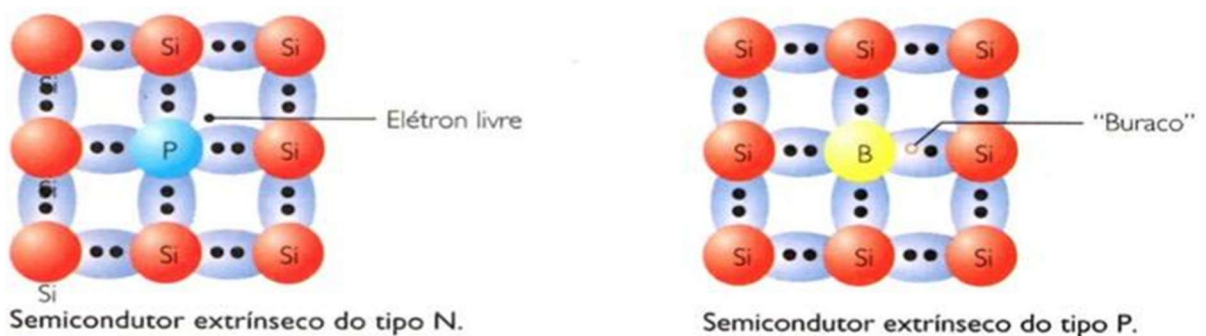
Figura 19 – Estrutura de bandas de metais, semicondutores e isolantes.



Fonte: Autor (2024).

A formação da junção p-n foi explorada como elemento central para o funcionamento das células solares. O professor explicou que, quando fótons de luz solar incidem sobre o semicondutor, a energia absorvida pode promover a transição de elétrons da banda de valência para a de condução, gerando pares elétron-lacuna. A barreira de potencial existente na junção p-n separa esses portadores, originando uma diferença de potencial capaz de alimentar um circuito externo, caracterizando o efeito fotovoltaico, conforme ilustrado na Figura 20.

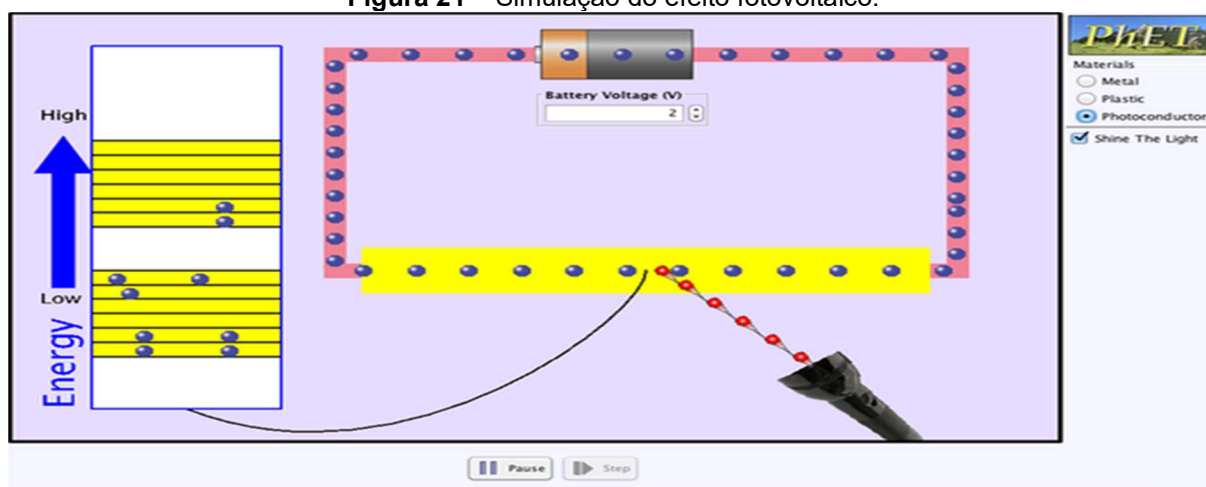
Figura 20 – Semicondutores tipo N e tipo P.



Fonte: <https://www.coladaweb.com/wp-content/uploads/2015/09/semicondutores-tipos.jpg>

Para tornar o processo mais concreto, foi utilizada uma simulação da plataforma PhET sobre condutividade, vide figura 21 abaixo, e um vídeo ilustrativo que mostrava o funcionamento interno das células solares. Além disso, os alunos foram apresentados à estrutura cristalina do silício, com a comparação entre o silício monocristalino (maior eficiência, maior custo) e o silício policristalino (menor eficiência, mais acessível), ressaltando a importância dessa característica na eficiência dos módulos fotovoltaicos.

Figura 21 – Simulação do efeito fotovoltaico.



Fonte:

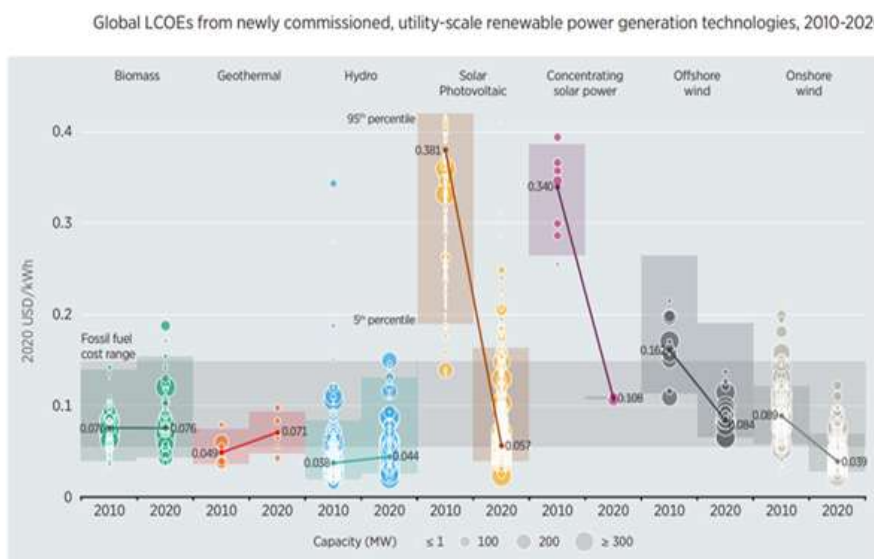
https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/conductivity/latest/conductivity.html?simulation=conductivity&locale=pt_BR.

Esse momento possibilitou aos estudantes compreenderem a relação entre estrutura atômica, movimento de elétrons, dopagem, junção p-n e geração de corrente elétrica, fundamentos indispensáveis para a compreensão da energia fotovoltaica.

A abordagem teórica deste trabalho foi fortalecida com dados reais que evidenciam o expressivo declínio no custo de produção da energia fotovoltaica entre 2010 e 2020, veja figura 22 abaixo. Nesse período, o custo médio global nivelado de eletricidade (LCOE) para projetos solares de grande escala caiu 85%, passando de US\$ 0,381/kWh para apenas US\$ 0,057/kWh (Now.Solar, 2022). Essa redução significativa foi impulsionada por avanços tecnológicos nos módulos e sistemas de rastreamento, pela expansão da produção em larga escala e pela crescente competitividade das cadeias de suprimento internacionais. Mesmo diante dos impactos da pandemia em 2020, o setor manteve sua resiliência, com a adição de 127 GW de nova capacidade instalada, consolidando a energia fotovoltaica como a principal responsável pela expansão da matriz renovável global. Essa articulação

entre ciência e sociedade reforça a relevância do tema no atual cenário de transição energética e destaca o Brasil como um país em posição privilegiada para aproveitar tais avanços, dada sua alta incidência solar e o potencial de desenvolvimento sustentável associado à geração de empregos verdes.

Figura 22 – Custo de produção de energias renováveis entre 2010 e 2020.



Fonte: <https://now.solar/2022/09/28/renewable-power-generation-costs-in2020/>
<https://now.solar/2022/09/28/renewable-power-generation-costs-in-2020/>.

Durante todo o segundo momento, o professor atuou como mediador da construção do conhecimento, respeitando o ritmo da turma, incentivando perguntas e promovendo relações entre os aspectos físicos, tecnológicos e ambientais do tema. Essa prática está alinhada às competências da BNCC, sobretudo:

- EM13CNT103, ao abordar o papel das radiações no cotidiano e na geração de energia;
- EM13CNT104, ao relacionar o uso de semicondutores com impactos ambientais e possibilidades de uso consciente;
- EM13CNT301, ao estimular a interpretação de modelos e resultados;
- EM13CNT308, ao explorar o funcionamento de equipamentos eletrônicos e sistemas tecnológicos.

Para consolidar os conceitos discutidos, foi exibido um vídeo curto intitulado “*Como funciona uma usina solar #boravê*” (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=W1nQT7az8c&t=18s>). O material audiovisual ilustrou de maneira simples e objetiva o funcionamento interno de uma célula solar e a organização de

uma usina fotovoltaica, permitindo aos alunos visualizar como os princípios físicos estudados - semicondutores, bandas de energia e junção p-n - se aplicam em grande escala na geração de eletricidade. O recurso serviu como elemento de transição entre a compreensão teórica dos processos microscópicos e a análise de suas implicações tecnológicas e sociais.

A aula cumpriu sua função organizadora ao aprofundar o entendimento teórico e conceitual do efeito fotovoltaico, fornecendo subsídios fundamentais para que os estudantes possam, nos momentos seguintes, aplicar esses saberes em análises, discussões e possíveis propostas de solução para problemas reais. O uso de diferentes recursos didáticos favoreceu a aprendizagem significativa, criando uma ponte entre o conhecimento escolar e as inovações tecnológicas que permeiam a sociedade contemporânea.

7.6 - 2º MOMENTO PEDAGÓGICO - AULA 07 (Organização do conhecimento)

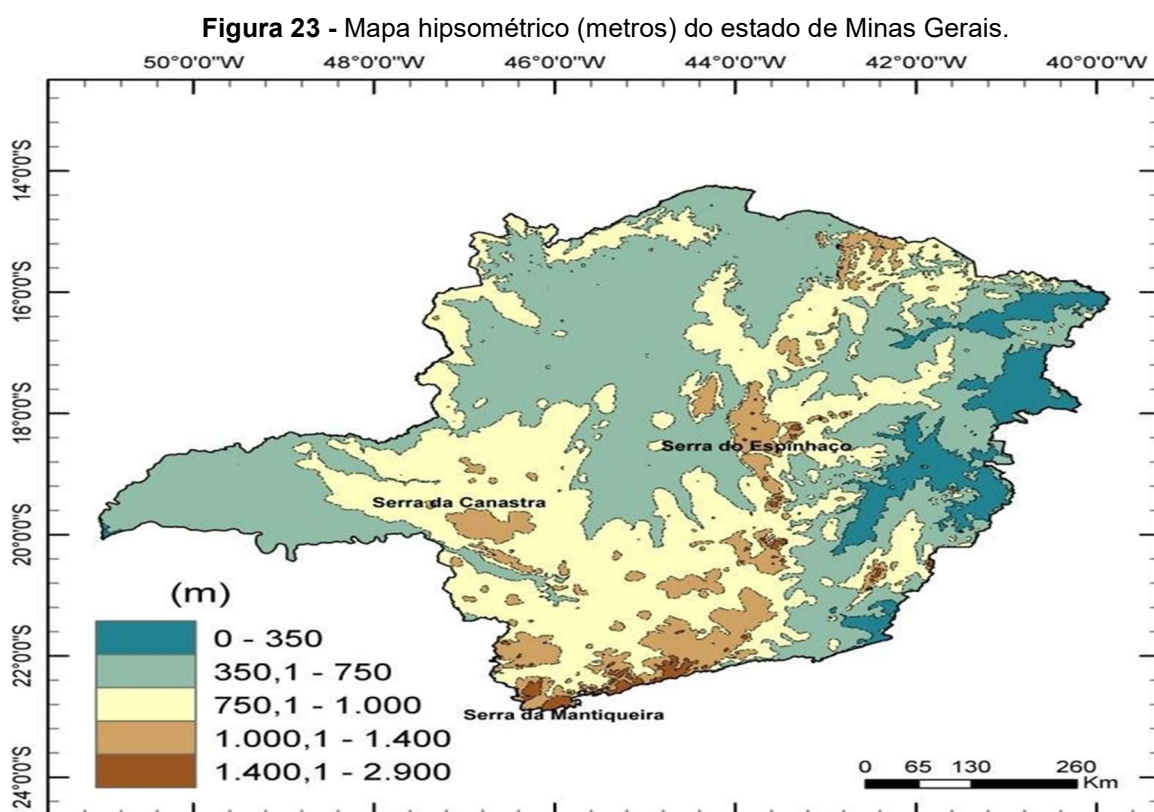
No segundo momento pedagógico da sétima aula, os alunos foram conduzidos à organização e sistematização do conhecimento científico acerca do potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais, por meio da análise de mapas, gráficos e dados climáticos reais. A proposta visou integrar saberes construídos nas aulas anteriores - especialmente sobre o funcionamento das células solares e o efeito fotovoltaico - à realidade geográfica e socioeconômica da região em que vivem.

A mediação do professor foi pautada na exploração interpretativa dos dados solarimétricos, com destaque para mapas temáticos extraídos do Atlas Solarimétrico de Minas Gerais e de instituições como o INPE e o USGS, que retratam a distribuição da radiação solar, precipitação, temperatura e relevo da região. Ao apresentar gráficos com médias mensais de irradiação solar da cidade de Espinosa-MG e municípios vizinhos, os estudantes puderam visualizar, de forma contextualizada, o elevado potencial energético da região, com valores que variam entre 5,5 e 6,0 kWh/m²/dia - superiores à média nacional.

Esses dados foram organizados e analisados em sala com o auxílio de slides explicativos e mapas projetados, com atenção à legenda das cores, escala de valores e localização geográfica das cidades. A leitura guiada dos gráficos fomentou a interpretação crítica de informações científicas, conforme previsto na habilidade

EM13CNT101 da BNCC, promovendo a compreensão sobre como variáveis naturais, como radiação solar e clima, afetam sistemas produtivos sustentáveis.

Outro ponto importante da organização do conhecimento nesta aula foi a contextualização do papel da Serra do Espinhaço como barreira natural às frentes frias, o que contribui para o clima seco e ensolarado do norte de Minas Gerais. Essa explicação geoclimática, sustentada por dados de temperatura e precipitação, permitiu que os alunos compreendessem as razões físicas que tornam a região especialmente propícia para a implementação de sistemas fotovoltaicos, conforme evidenciado na figura 23.



Mapa hipsométrico (metros) do estado de Minas Gerais, com indicações das serras da Canastra, do Espinhaço e da Mantiqueira. Dados obtidos do United States Geological Survey (USGS).

Além disso, a aula destacou como os dados solarimétricos podem ser utilizados para dimensionar sistemas de geração de energia solar, tanto em residências quanto em empreendimentos coletivos. A discussão foi enriquecida com exemplos de projetos de energia solar em andamento no estado e reflexões sobre os desafios para a adoção dessa tecnologia, como os custos iniciais, a falta de políticas públicas eficazes e o desconhecimento da população local, conforme apresentado no quadro 6.

Quadro 6 - Dados médios de irradiação solar:

Mesorregiões	Média Anual (kWh/kWp)	Média Anual - PR
Norte	1489	0,8
Noroeste	1469	0,8
Central de Minas	1407	0,8
Triângulo Mineiro	1400	0,8
Jequitinhonha	1364	0,79
Oeste	1341	0,79
Mucuri	1323	0,79
Metro BH	1322	0,79
Rio Doce	1309	0,8
Sul/Sudoeste	1287	0,79
Campo das Vertentes	1279	0,78
Zona da Mata	1258	0,79
Média Anual Estado MG	1354	0,79

Fonte: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/03/atlas-solarimetrico-vol-i-mg.pdf>

Dessa forma, a aula atendeu plenamente aos objetivos propostos para o segundo momento pedagógico, ao promover a organização do conhecimento científico com base em dados reais e contextualizados, aproximando o conteúdo curricular da realidade dos estudantes. Essa abordagem também desenvolveu competências como a leitura crítica de mapas e gráficos, a avaliação de soluções sustentáveis (EM13CNT307) e a compreensão das interações entre ciência, tecnologia e sociedade (EM13CNT103 e EM13CNT104).

A sistematização realizada nessa etapa foi essencial para consolidar o entendimento dos alunos sobre o potencial solar local, preparando-os para refletir criticamente sobre a viabilidade técnica, econômica e social do uso da energia solar em suas comunidades.

Por fim, salientamos que apesar dessa atividade pertencer ao segundo momento pedagógico já estamos adentrando de forma contínua no terceiro momento pedagógico, pois esse é um momento de síntese e uso dos conceitos aprendidos para analisar situações novas, bem como as mesmas situações da problematização inicial, avaliando o processo e a compreensão dos estudantes, destacando o uso do conhecimento no mundo real.

7.7- 3º MOMENTO PEDAGÓGICO - AULA 08 (Aplicação do conhecimento)

A oitava aula marcou o ápice do processo formativo da sequência didática ao representar o terceiro momento pedagógico - a aplicação do conhecimento. Nessa

etapa, os alunos foram convidados a apresentar os trabalhos de pesquisa que realizaram ao longo da sequência, abordando duas temáticas centrais:

1. Vantagens e desvantagens do uso da energia solar fotovoltaica;
2. Diferenças conceituais e funcionais entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico.

A figura 24 ilustra a etapa de apresentação dos trabalhos de pesquisa realizados pelos estudantes, na qual foram discutidas as vantagens e desvantagens do uso da energia solar fotovoltaica. A aula foi organizada de forma a valorizar o protagonismo dos estudantes, permitindo que colocassem em prática os conhecimentos construídos durante os momentos anteriores. As apresentações, feitas em grupos, utilizaram slides produzidos pelos próprios alunos e incluíram dados obtidos em suas pesquisas orientadas, promovendo o exercício de habilidades como a síntese de informações, o pensamento crítico, a argumentação e a comunicação científica.

Os trabalhos evidenciaram que os alunos foram capazes de compreender o funcionamento básico das células solares, identificar as condições favoráveis da região do Norte de Minas Gerais, e reconhecer a diferença fundamental entre o efeito fotoelétrico, associado à emissão de elétrons por metais, e o efeito fotovoltaico, que gera corrente elétrica em semicondutores a partir da luz solar. Essas distinções, inicialmente complexas, foram apropriadas com segurança pelos grupos, que utilizaram analogias, esquemas visuais e até simulações para facilitar a explicação.

Figura 24 – Apresentação dos trabalhos de pesquisa. Vantagens e desvantagens do uso da energia solar fotovoltaica.



Fonte: Autor (2024).

Em relação às vantagens da energia fotovoltaica, os alunos destacaram aspectos como:

- Fonte limpa e renovável;
- Redução na conta de energia;
- Baixo impacto ambiental;
- Potencial de geração distribuída, especialmente em regiões com alta incidência solar.

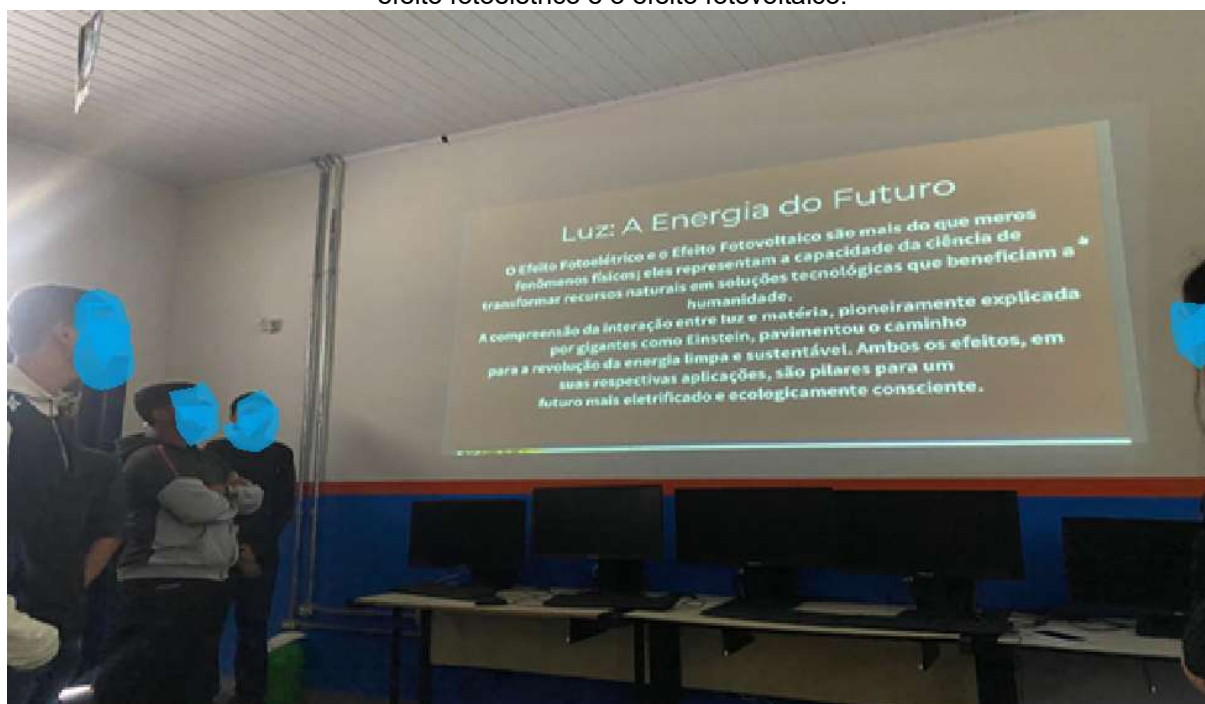
Já nas desvantagens, foram apontados:

- Alto custo inicial de instalação;
- Dependência das condições climáticas;
- Dificuldades no armazenamento de energia;
- Necessidade de políticas públicas mais efetivas para democratização do acesso.

Na segunda temática, figura 25, os estudantes aprofundaram a análise das diferenças conceituais e funcionais entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico, dois fenômenos fundamentais da Física Moderna. O efeito fotoelétrico, descoberto por Hertz e explicado teoricamente por Einstein em 1905, ocorre quando fótons incidentes em uma superfície metálica possuem energia suficiente para ejetar elétrons do material, sendo aplicado em sensores de luz, câmeras digitais e dispositivos de segurança. Já o efeito fotovoltaico, base das tecnologias solares, ocorre em

semicondutores dopados organizados em junções p-n, onde a energia da radiação solar não apenas excita elétrons, mas também gera a separação ordenada de cargas, estabelecendo uma diferença de potencial que resulta em corrente elétrica capaz de alimentar circuitos externos. Essa comparação foi essencial para que os alunos percebessem a relação entre conceitos físicos abstratos e suas aplicações tecnológicas, favorecendo uma visão crítica e contextualizada da ciência.

Figura 25 – Apresentação dos trabalhos de pesquisa. Diferenças conceituais e funcionais entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico.



Fonte: Autor (2024).

Durante as apresentações, o professor atuou como mediador e facilitador, incentivando o diálogo entre os grupos, promovendo a escuta ativa e conduzindo discussões voltadas à compreensão dos princípios físicos que diferenciam o efeito fotoelétrico do efeito fotovoltaico. Foram retomados conceitos como emissão de elétrons por incidência luminosa, condução em semicondutores e conversão direta de energia solar em eletricidade.

Ao final, os estudantes foram convidados a refletir:

- De que forma o efeito fotovoltaico se baseia no fotoelétrico, mas se diferencia em sua aplicação prática?
- Quais fatores físicos influenciam a eficiência dos materiais semicondutores utilizados em painéis solares?

- Como a compreensão desses fenômenos pode contribuir para o desenvolvimento de tecnologias energéticas mais sustentáveis?

Esse momento consolidou a proposta da sequência didática, pois permitiu que os alunos associassem teoria e prática, reconhecendo a importância do conhecimento científico para interpretar fenômenos e inovações tecnológicas. A atividade mostrou-se alinhada às competências da BNCC, especialmente:

- EM13CNT101, ao promover a análise de transformações e aplicações energéticas sustentáveis;
- EM13CNT103 e EM13CNT104, ao favorecer a compreensão crítica das aplicações tecnológicas das radiações e suas implicações;
- EM13CNT301, ao incentivar a interpretação e a comunicação de informações científicas em contextos reais.

Assim, a oitava aula cumpriu com êxito a função do terceiro momento pedagógico, ao permitir que o conhecimento sistematizado se tornasse instrumento de análise crítica e de compreensão do papel da ciência na transformação da realidade.

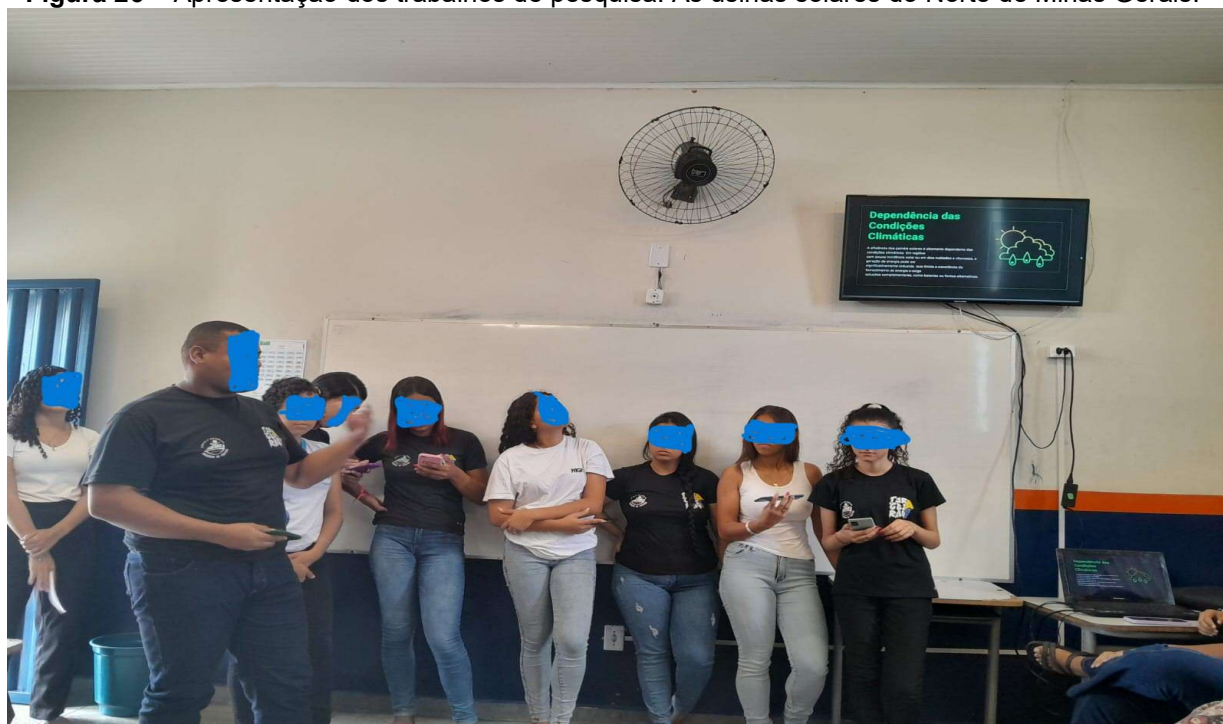
7.8 - 3º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 09 (Aplicação do conhecimento)

A nona aula representou a continuidade do terceiro momento pedagógico, voltado à aplicação do conhecimento de maneira crítica, autônoma e contextualizada. Com base nas aprendizagens construídas nos momentos anteriores, os estudantes apresentaram trabalhos sobre dois temas fundamentais:

1. As usinas solares do Norte de Minas Gerais;
2. A viabilidade da energia fotovoltaica em residências da região.

Organizados em grupos, os alunos desenvolveram pesquisas orientadas e produziram apresentações em slides, nas quais abordaram desde aspectos técnicos das usinas solares em operação na região (como a usina “Sol de Jaíba”) até análises socioeconômicas sobre o uso da energia solar em moradias populares. A atividade foi estruturada para que os estudantes colocassem em prática suas habilidades de investigação científica, leitura crítica de dados, interpretação de gráficos, e comunicação oral, conforme ilustrado na Figura 26.

Figura 26 – Apresentação dos trabalhos de pesquisa. As usinas solares do Norte de Minas Gerais.



Fonte: Autor (2024).

As apresentações revelaram uma apropriação sólida dos conceitos físicos, geográficos e econômicos estudados ao longo da sequência. Os alunos foram capazes de identificar:

- As condições climáticas e geográficas que favorecem a instalação de usinas solares no Norte de Minas, como a alta incidência de radiação solar, os longos períodos de estiagem e a topografia relativamente plana.
- O impacto dessas usinas na diversificação da matriz energética nacional e no desenvolvimento regional, incluindo a geração de empregos e a atração de investimentos sustentáveis.
- Os principais fatores que dificultam o uso residencial da energia solar, como o custo inicial de instalação, a ausência de incentivos públicos, o desconhecimento técnico da população e barreiras estruturais em residências de baixa renda.
- Alternativas e propostas viáveis, como sistemas de geração compartilhada, cooperativas solares, programas de financiamento público e a instalação de painéis solares em escolas e prédios públicos.

A participação ativa dos alunos e a qualidade das apresentações evidenciaram que os objetivos do terceiro momento pedagógico foram plenamente alcançados. A análise da realidade, aliada à aplicação do conhecimento científico, permitiu que os

estudantes compreendessem criticamente o cenário energético de sua própria região, identificando potenciais transformadores e obstáculos reais.

As discussões que seguiram às apresentações também foram ricas e reflexivas. A mediação do professor buscou aprofundar a análise coletiva com perguntas como:

- “Por que o Norte de Minas, mesmo com tanto sol, ainda é pouco explorado energeticamente?”
- “De que forma os estudantes e a comunidade escolar podem ser agentes de mudança nessa realidade?”
- “Qual o papel da ciência e da educação na promoção da justiça energética?”

Esse espaço dialógico, onde os alunos relacionaram teoria, dados e experiência de vida, está em plena sintonia com as competências e habilidades da BNCC, especialmente:

- EM13CNT101, pela análise de sistemas energéticos sustentáveis;
- EM13CNT103, ao avaliar aplicações das radiações na geração de energia;
- EM13CNT104, pela reflexão sobre riscos e benefícios à saúde e ao meio ambiente;
- EM13CNT307, na avaliação dos materiais e tecnologias aplicáveis à realidade local;
- EM13CNT301, ao construir e comunicar modelos explicativos fundamentados.

Além do estudo sobre as usinas, o segundo grupo apresentou o tema “A viabilidade da energia fotovoltaica em residências da região”, discutindo aspectos técnicos e econômicos da instalação de sistemas solares domésticos. As apresentações contemplaram estimativas de custo inicial, tempo de retorno do investimento, eficiência dos sistemas fotovoltaicos e benefícios ambientais. Também foram analisadas as dificuldades enfrentadas pela população local, como a ausência de políticas de incentivo, as limitações estruturais de algumas residências e o desconhecimento sobre linhas de crédito e programas de geração distribuída, conforme apresentado na figura 27.

Figura 27 – Apresentação dos trabalhos de pesquisa. A viabilidade da energia fotovoltaica em residências da região.



Fonte: Autor (2024).

Os alunos propuseram soluções realistas, como a criação de cooperativas solares, projetos comunitários de geração compartilhada e programas educativos para conscientizar a comunidade sobre o uso racional da energia. Esse trabalho permitiu articular conceitos físicos, econômicos e sociais, mostrando que a adoção da energia fotovoltaica depende tanto do avanço tecnológico quanto de políticas públicas e da participação coletiva.

As apresentações revelaram uma apropriação sólida dos conceitos físicos, geográficos e econômicos estudados ao longo da sequência. Os alunos foram capazes de identificar:

- As condições climáticas e geográficas que favorecem a instalação de usinas solares no Norte de Minas, como a alta incidência de radiação solar, os longos períodos de estiagem e a topografia relativamente plana;
- O impacto dessas usinas na diversificação da matriz energética nacional e no desenvolvimento regional, incluindo a geração de empregos e a atração de investimentos sustentáveis;
- Os principais fatores que dificultam o uso residencial da energia solar, como o custo inicial de instalação, a ausência de incentivos públicos, o desconhecimento técnico da população e barreiras estruturais em residências de baixa renda;

- Alternativas e propostas viáveis, como sistemas de geração compartilhada, cooperativas solares, programas de financiamento público e a instalação de painéis solares em escolas e prédios públicos.

A participação ativa dos alunos e a qualidade das apresentações evidenciaram que os objetivos do terceiro momento pedagógico foram plenamente alcançados. A análise da realidade, aliada à aplicação do conhecimento científico, permitiu que os estudantes compreendessem criticamente o cenário energético de sua própria região, identificando potenciais transformadores e obstáculos reais.

As discussões que seguiram às apresentações também foram ricas e reflexivas. A mediação do professor buscou aprofundar a análise coletiva com perguntas como:

- “Por que o Norte de Minas, mesmo com tanto sol, ainda é pouco explorado energeticamente?”
- “De que forma os estudantes e a comunidade escolar podem ser agentes de mudança nessa realidade?”
- “Qual o papel da ciência e da educação na promoção da justiça energética?”

Esse espaço dialógico, onde os alunos relacionaram teoria, dados e experiência de vida, está em plena sintonia com as competências e habilidades da BNCC, especialmente:

- EM13CNT101, pela análise de sistemas energéticos sustentáveis;
- EM13CNT103, ao avaliar aplicações das radiações na geração de energia;
- EM13CNT104, pela reflexão sobre riscos e benefícios à saúde e ao meio ambiente;
- EM13CNT307, na avaliação dos materiais e tecnologias aplicáveis à realidade local;
- EM13CNT301, ao construir e comunicar modelos explicativos fundamentados.

Assim, a nona aula consolidou o processo educativo iniciado nas aulas anteriores, encerrando a sequência didática com um exercício concreto de cidadania científica, em que os alunos não apenas compreenderam conceitos de Física e Energia, mas também se reconheceram como sujeitos capazes de intervir na realidade com base no conhecimento escolar.

7.9 - 3º MOMENTO PEDAGÓGICO- AULA 10 (Aplicação do conhecimento)

As figuras 28 e 29 registram a etapa final da sequência didática, correspondente ao terceiro momento pedagógico, voltado à aplicação ativa dos conhecimentos construídos ao longo do processo formativo. Nesta etapa, os alunos participaram de uma simulação do funcionamento de um painel fotovoltaico, com a utilização de um mini painel solar em funcionamento.

A aula teve como principal objetivo permitir que os estudantes visualizassem, de forma concreta e prática, o processo de conversão da energia luminosa em energia elétrica, que foi discutido em termos teóricos nas aulas anteriores. Essa experiência foi essencial para consolidar a compreensão do efeito fotovoltaico, especialmente no que diz respeito à função dos semicondutores, à formação da junção p-n e à geração de corrente elétrica a partir da luz solar.

Figura 28 – simulação do funcionamento de um painel fotovoltaico.



Fonte: Autor (2024).

Figura 29 – simulação do funcionamento de um painel fotovoltaico.



Fonte: Autor (2024).

Durante a simulação, os alunos puderam observar que, ao incidir luz (natural ou artificial) sobre o painel, uma tensão elétrica era gerada e medida, acionando pequenos dispositivos como LED, motor de baixa potência ou voltímetro. Essa prática permitiu verificar, na realidade, conceitos previamente estudados, como:

- A excitação de elétrons pelo fóton;
- O salto da banda de valência para a banda de condução;
- A separação de cargas elétricas promovida pela junção semicondutora;
- A formação de corrente elétrica aproveitável em um circuito externo.

O envolvimento dos estudantes foi notável, com manifestações de surpresa e curiosidade diante do funcionamento real do dispositivo. Eles realizaram anotações, fizeram perguntas técnicas e relacionaram o experimento com os dados solarimétricos discutidos anteriormente. Essa experiência favoreceu o fortalecimento da autonomia intelectual e do protagonismo estudantil, uma vez que os estudantes não apenas observaram o fenômeno, mas buscaram explicá-lo com base nos conhecimentos científicos adquiridos.

O professor atuou como facilitador, mediando a transposição dos conceitos teóricos para a vivência prática, esclarecendo dúvidas e incentivando o diálogo entre

os pares. A simulação também proporcionou reflexões importantes sobre a viabilidade técnica da energia solar, sobretudo no contexto regional do Norte de Minas, aproximando ainda mais os saberes escolares da realidade socioambiental e econômica dos alunos.

Essa aula final teve papel estratégico no fechamento da sequência didática, ao materializar os conceitos trabalhados e reforçar sua utilidade social e tecnológica. Além disso, contribuiu para o desenvolvimento de habilidades previstas na BNCC, como:

- EM13CNT103, ao aplicar conhecimentos sobre radiações em equipamentos de uso cotidiano;
- EM13CNT301, ao interpretar resultados experimentais e construir explicações científicas;
- EM13CNT307, ao avaliar a adequação de materiais e tecnologias em contextos locais.

Assim, a décima aula concretizou a proposta do terceiro momento pedagógico, proporcionando uma vivência experimental significativa que fortaleceu o aprendizado conceitual e ampliou o engajamento dos alunos com a ciência, a tecnologia e a sustentabilidade.

7.10 - 3º MOMENTO PEDAGÓGICO - AULA 11 (Aplicação do conhecimento)

A décima primeira aula finalizou a sequência didática com a realização de uma avaliação pós-ensino por meio de um questionário do tipo Likert, seguida de um debate reflexivo coletivo. Esta etapa integra o terceiro momento pedagógico, pois representa a aplicação do conhecimento na auto avaliação e na tomada de consciência crítica sobre o processo de aprendizagem vivenciado.

O questionário aplicado foi o mesmo utilizado no diagnóstico inicial, composto por afirmações relacionadas à energia solar, ao efeito fotovoltaico e à realidade regional do Norte de Minas Gerais, avaliadas em uma escala de cinco pontos: *discordo muito, discordo, neutro, concordo, concordo muito*. Ao reaplicar o instrumento, foi possível comparar as percepções dos alunos antes e depois da sequência didática, promovendo uma análise concreta da evolução conceitual e atitudinal.

Logo após a aplicação do questionário, foi realizado um debate aberto e orientado, em que os estudantes tiveram a oportunidade de refletir sobre suas próprias

respostas, compartilhar aprendizados significativos e discutir mudanças de percepção ao longo das aulas. Durante esse momento, os alunos destacaram:

- Maior clareza sobre como funciona um painel solar e o efeito fotovoltaico;
- Surpresa ao descobrir o alto potencial solar da própria região;
- Questionamentos sobre por que a energia solar ainda é pouco acessível nas comunidades locais;
- Reconhecimento da importância das políticas públicas e da ciência como instrumentos de transformação social.

O debate também possibilitou ao professor conduzir uma síntese crítica da proposta pedagógica, retomando conceitos centrais e reforçando o papel do conhecimento científico na construção de uma sociedade mais consciente e sustentável. Os alunos foram incentivados a sugerir ações para divulgar o que aprenderam, como palestras na escola, produção de cartazes ou vídeos informativos, reforçando a função social do aprendizado escolar.

Esse momento de avaliação final cumpriu duplamente seu papel: tanto como instrumento de pesquisa para a dissertação, quanto como atividade formativa, em que os alunos aplicaram o que aprenderam para analisar, argumentar e propor soluções baseadas em evidências.

A aula esteve diretamente alinhada às habilidades da BNCC, como:

- EM13CNT301, ao interpretar resultados de uma investigação e construir justificativas;
- EM13CNT104, ao refletir criticamente sobre o uso de tecnologias e seus impactos;
- EM13CNT101, ao relacionar energia, sustentabilidade e realidade local.

A conclusão dessa aula confirmou que a sequência didática atingiu seus objetivos, promovendo aprendizagens significativas, desenvolvimento do pensamento crítico e apropriação ativa do conhecimento científico pelos estudantes.

A conclusão dessa aula confirmou que a sequência didática atingiu seus objetivos, promovendo aprendizagens significativas, desenvolvimento do pensamento crítico e apropriação ativa do conhecimento científico pelos estudantes. A Figura 30 representa o encerramento da sequência didática desenvolvida ao longo desta pesquisa, simbolizando a culminância do processo formativo proposto.

Em síntese, esta dissertação reafirma que o ensino de Física, quando articulado a metodologias ativas e contextualizado às demandas sociais, pode deixar de ser um espaço de memorização abstrata para se tornar um ambiente de investigação crítica, construção coletiva do conhecimento e formação cidadã. O trabalho aqui apresentado não encerra o debate, mas abre perspectivas para que novas pesquisas, práticas pedagógicas e reflexões contribuam para a consolidação de um ensino de Física mais inclusivo, significativo e socialmente relevante.

Figura 30 – Término da sequência didática.



Fonte: Autor (2024).

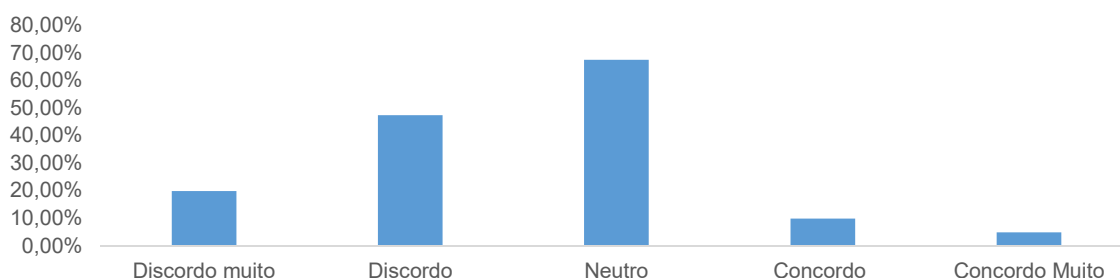
8. DISCUSSÕES

A aplicação da sequência didática estruturada a partir dos Três Momentos Pedagógicos permitiu verificar avanços significativos na compreensão dos alunos acerca do efeito fotovoltaico e de suas relações com o contexto energético, social e ambiental. Os dados foram coletados por meio de questionários diagnósticos e avaliativos (escala Likert), registros de observação em sala, além das apresentações orais realizadas no terceiro momento pedagógico. A análise buscou não apenas identificar indícios de aprendizagem conceitual, mas também avaliar a capacidade dos estudantes em articular ciência, tecnologia e sociedade.

8.1 DIAGNÓSTICO INICIAL

O questionário aplicado no início da sequência didática, estruturado com base na escala Likert, permitiu uma análise detalhada das percepções e conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos conceitos abordados. A interpretação das respostas foi realizada considerando cada afirmação individualmente, o que possibilitou identificar padrões de concordância, tendências e lacunas conceituais. De modo geral, os resultados indicaram que a maioria dos alunos apresentava uma compreensão simplificada sobre a energia solar, frequentemente limitada à ideia de que “os painéis captam luz e geram energia”, sem domínio dos fundamentos físicos envolvidos. Concepções relacionadas a semicondutores, bandas de energia e junção p-n mostraram-se praticamente inexistentes, evidenciando fragilidades conceituais importantes. Esse cenário está em consonância com estudos como os de Borges (2017), que apontam a Física Moderna como uma das áreas mais desafiadoras no Ensino Médio, devido ao seu elevado nível de abstração e à dificuldade de contextualização.

A análise das respostas à primeira afirmação do questionário — *“Já ouvi falar sobre o efeito fotovoltaico”* — revela um cenário de desconhecimento generalizado entre os estudantes, vide gráfico 1.

Gráfico 1- Questão 01. Já ouvi falar sobre o efeito fotovoltaico.

Fonte: Autor (2025).

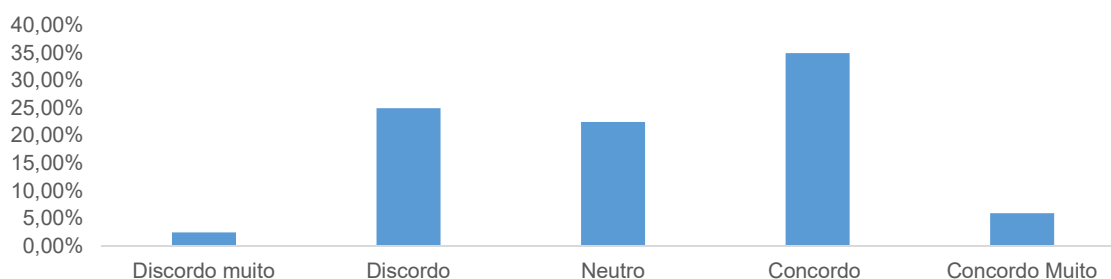
Do total de participantes, 20% afirmaram "Discordo muito" e 47,5% "Discordo", totalizando 67,5% dos alunos que nunca ouviram falar sobre o efeito fotovoltaico. Apenas 10% concordaram e 5% concordaram muito com a afirmação, indicando algum nível de familiaridade com o tema. Outros 17,5% se posicionaram de forma neutra, o que pode refletir insegurança ou dúvida quanto ao conceito apresentado.

Esses dados evidenciam uma lacuna significativa no conhecimento prévio dos estudantes em relação ao efeito fotovoltaico, o que reforça a pertinência da proposta pedagógica deste trabalho. O baixo índice de familiaridade com o tema demonstra a necessidade de abordá-lo de forma sistemática e contextualizada no ensino de Física, sobretudo considerando sua importância no debate atual sobre fontes de energia renováveis e sua aplicação prática no cotidiano. A partir desse diagnóstico inicial, justifica-se a sequência de atividades didáticas propostas, com o objetivo de promover uma aprendizagem significativa e contextualizada sobre o assunto.

Dando continuidade à análise diagnóstica iniciada com a primeira questão, a segunda afirmação apresentada aos alunos foi: "Sei como a luz solar pode ser convertida em energia elétrica." Essa pergunta visava aprofundar a investigação sobre o grau de familiaridade dos estudantes com os princípios básicos do funcionamento dos sistemas fotovoltaicos. A distribuição das respostas, vide gráfico 2, mostrou que 2,5% dos alunos marcaram "discordo muito", 25% "discordo", 22,5% se posicionaram como "neutro", 35% "concordo" e 6% "concordo muito".

Essa distribuição revela que 27,5% dos alunos demonstram não possuir conhecimento sobre o processo de conversão da luz solar em eletricidade, enquanto 22,5% se mantêm indiferentes ou inseguros diante da afirmação. Por outro lado, 41% dos estudantes afirmaram conhecer esse processo em algum grau.

Gráfico 2- Questão 02. Sei como a luz solar pode ser convertida em energia elétrica.

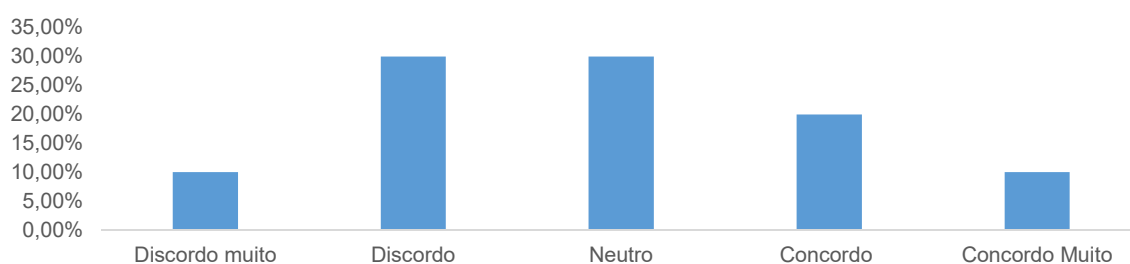


Fonte: Autor (2025).

Embora a porcentagem dos que dizem conhecer o processo seja significativa, os dados ainda apontam para um nível de entendimento superficial e fragmentado, o que reforça a importância de aprofundar os conceitos relacionados ao efeito fotovoltaico no decorrer da sequência didática. Essa leitura confirma a necessidade de um ensino que parta dos saberes prévios dos estudantes e promova a construção progressiva e crítica do conhecimento, em consonância com a educação problematizadora de Paulo Freire, que compreende o processo educativo como um ato dialógico, histórico e emancipador, no qual educador e educandos constroem o conhecimento a partir da leitura crítica da realidade (Freire, 1996). Tal perspectiva articula-se diretamente com a proposta dos Três Momentos Pedagógicos, especialmente no momento da Organização do Conhecimento, no qual os conceitos científicos são sistematizados à luz das problematizações emergentes do contexto vivido pelos estudantes (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Na sequência da análise diagnóstica, a terceira afirmação proposta aos estudantes foi: "Consigo explicar, mesmo que de forma simples, como funcionam os painéis solares." Esta questão buscava verificar o nível de apropriação conceitual dos alunos em relação ao funcionamento prático dos sistemas fotovoltaicos, veja gráfico 3 abaixo.

Gráfico 3- Questão 03. Consigo explicar, mesmo que de forma simples, como funcionam os painéis solares.



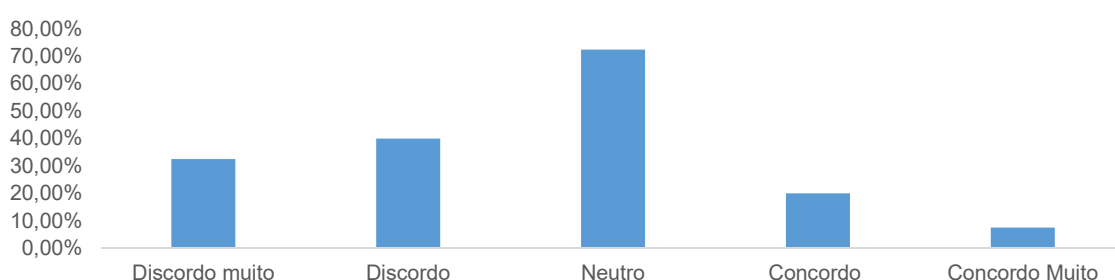
Fonte: Autor (2025).

Os resultados indicaram que 10% dos alunos marcaram "discordo muito", 30% "discordo", 30% "neutro", 20% "concordo" e 10% "concordo muito". Essa distribuição mostra que 40% dos estudantes afirmam não saber explicar o funcionamento dos painéis solares, enquanto 30% se mantêm neutros, o que pode indicar dúvidas ou ausência de segurança sobre o tema. Apenas 30% dos alunos demonstraram algum grau de familiaridade com o funcionamento dos sistemas fotovoltaicos.

Esses dados reforçam a percepção de que, embora alguns estudantes possuam uma noção geral sobre energia solar, a compreensão mais aprofundada sobre o funcionamento das tecnologias envolvidas ainda não está consolidada. Essa constatação destaca a importância da abordagem didática planejada, que busca, por meio da mediação pedagógica e da contextualização com a realidade local, favorecer a construção significativa desses conceitos. A proposta da sequência didática, fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos, oferece as condições para que os estudantes avancem da percepção inicial para a compreensão crítica e científica do tema (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

A quarta afirmação apresentada aos alunos foi: "Sei a diferença entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico." Essa questão teve como objetivo identificar se os estudantes conseguem distinguir dois conceitos fundamentais da Física moderna que, embora relacionados à interação da luz com a matéria, possuem aplicações e princípios distintos, veja gráfico 4 abaixo.

Gráfico 4 - Questão 04 Sei a diferença entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico.



Fonte: Autor (2025).

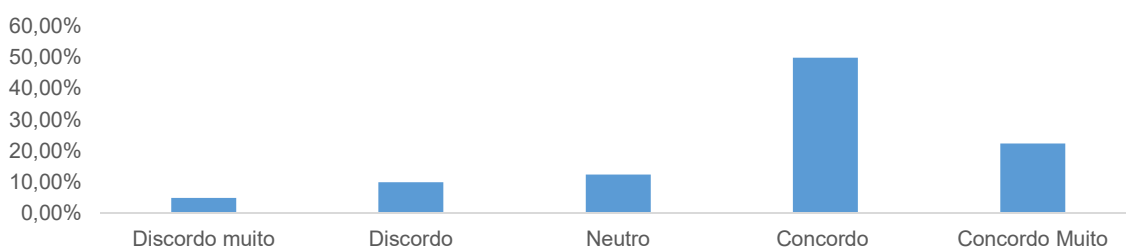
A análise das respostas revelou um desconhecimento acentuado por parte da maioria dos alunos: 32,5% marcaram "discordo muito" e 40% "discordo", totalizando 72,5% de alunos que reconhecem não saber a diferença entre os dois efeitos. Outros 20% se mostraram neutros, possivelmente por não terem segurança em afirmar ou

negar o conhecimento. Apenas 7,5% indicaram algum nível de familiaridade com a distinção entre os dois fenômenos.

Esse resultado evidencia uma lacuna conceitual significativa, o que é compreensível, uma vez que tanto o efeito fotoelétrico quanto o efeito fotovoltaico são temas que geralmente não são aprofundados no ensino médio convencional, sobretudo em escolas da rede pública. Diante disso, reforça-se a pertinência da proposta desta pesquisa, que visa justamente desenvolver uma abordagem didática capaz de promover a diferenciação clara entre os conceitos, sua fundamentação física e suas aplicações tecnológicas. A organização do conhecimento, segundo os Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002), deverá proporcionar aos estudantes as condições necessárias para superar essas lacunas, promovendo uma aprendizagem crítica.

A quinta questão do questionário buscou verificar o contato prévio dos estudantes com o conteúdo de energia solar em contextos formais de ensino, por meio da afirmação: "Já estudei sobre energia solar em alguma aula de Física." Os resultados, vide gráfico 5 abaixo, indicaram que 5% dos alunos marcaram "discordo muito", 10% "discordo", 12,5% optaram por "neutro", 50% "concordo" e 22,5% "concordo muito".

Gráfico 05 - Questão 05 Já estudei sobre energia solar em alguma aula de Física.



Fonte: Autor (2025).

Essa distribuição mostra que 72,5% dos estudantes relataram já ter tido algum contato com o tema energia solar em aulas anteriores, o que representa uma diferença marcante em relação às questões anteriores, que indicavam pouco conhecimento específico sobre o funcionamento dos sistemas fotovoltaicos. O percentual elevado de concordância sugere que o tema já foi apresentado em sala de aula, ainda que de forma pontual ou superficial.

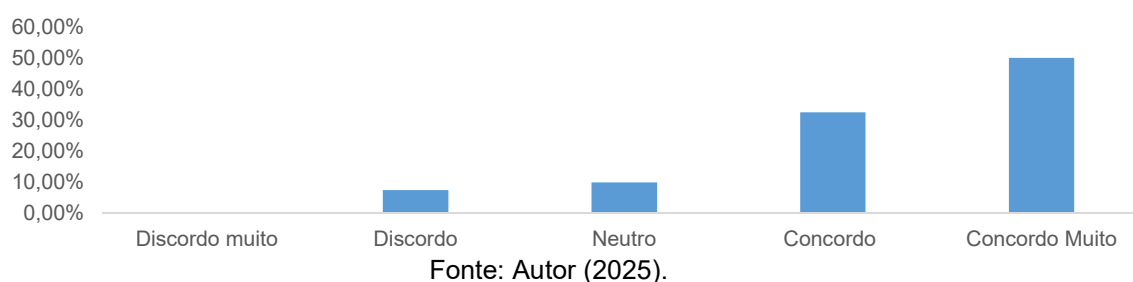
No entanto, a constatação de que nas questões anteriores os alunos demonstraram pouco domínio conceitual evidencia que esse contato anterior não foi

suficiente para consolidar o aprendizado sobre os fundamentos físicos e tecnológicos da energia solar. Esse dado é relevante, pois indica que a presença do tema no currículo não garante, por si só, a construção do conhecimento de forma crítica e contextualizada, sendo necessário um trabalho pedagógico mais intencional, contextualizado e interdisciplinar. Isso reforça a proposta desta pesquisa, que se apoia nos Três Momentos Pedagógicos como metodologia capaz de promover a organização e aplicação do conhecimento com base nos saberes prévios dos estudantes, superando abordagens fragmentadas e descontextualizadas (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

A sexta afirmação apresentada aos estudantes foi: "Acredito que a energia solar pode substituir outras fontes de energia no futuro." Esta questão teve como objetivo identificar as percepções e expectativas dos alunos quanto ao papel da energia solar como alternativa viável às fontes tradicionais de energia, como os combustíveis fósseis e a energia hidrelétrica.

Os dados revelam uma percepção fortemente positiva: 32,5% dos alunos marcaram "concordo" e 50% "concordo muito", totalizando 82,5% que acreditam no potencial da energia solar como substituta de outras fontes, veja o gráfico 6 abaixo. Apenas 7,5% discordam da afirmação, e 10% se mantêm neutros. Notadamente, nenhum aluno optou por "discordo muito", o que indica a inexistência de rejeição radical à ideia.

Gráfico 6 - Questão 06 Acredito que a energia solar pode substituir outras fontes de energia no futuro.



Essa elevada taxa de concordância aponta para uma visão otimista dos estudantes quanto ao futuro da energia solar, o que pode ser atribuído à crescente presença dessa temática na mídia, nos debates ambientais e até em experiências locais, como instalações fotovoltaicas visíveis na comunidade. Esse dado é especialmente importante porque demonstra uma predisposição favorável à

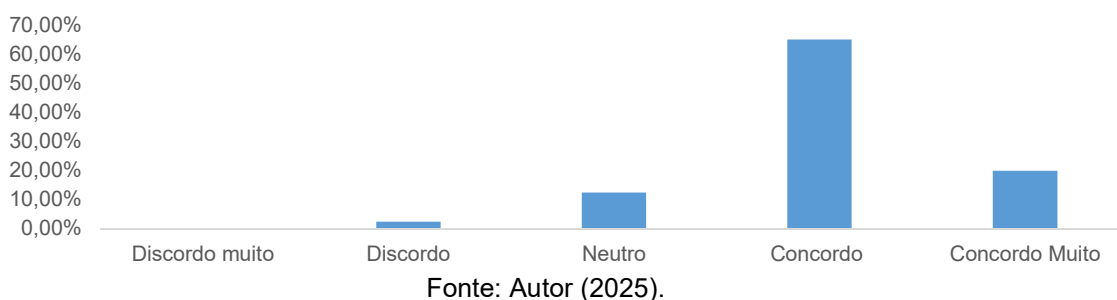
aprendizagem, fator essencial para a construção de saberes mais estruturados durante a sequência didática.

Além disso, essa percepção positiva pode ser aproveitada como ponto de partida no momento da problematização inicial, permitindo que os alunos compreendam não apenas o potencial da energia solar, mas também suas limitações e desafios técnicos, econômicos e sociais. Dessa forma, o ensino se alinha ao propósito de formar sujeitos críticos e conscientes, conforme propõem os Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002) e os princípios da educação científica voltada à cidadania.

A sétima afirmação apresentada aos alunos foi: "Considero a energia solar uma fonte importante para preservar o meio ambiente." Esta questão teve como finalidade avaliar a percepção ambiental dos estudantes no que se refere à contribuição das fontes renováveis, especialmente a solar, na mitigação dos impactos ambientais causados por fontes convencionais de energia.

Os resultados, veja gráfico 7, indicam um consenso praticamente unânime entre os estudantes: 65% marcaram "concordo muito" e 20%, "concordo", totalizando 85% de respostas favoráveis. Apenas 2,5% dos alunos discordaram da afirmativa, enquanto 12,5% mantiveram-se neutros. Nenhum aluno optou por "discordo muito", o que reforça a ideia de que há uma compreensão generalizada de que a energia solar possui um papel relevante na preservação ambiental.

Gráfico 7 - Questão 07 Considero a energia solar uma fonte importante para preservar o meio ambiente.



Esse resultado é extremamente positivo, pois demonstra que os alunos já possuem uma consciência ambiental inicial consolidada, mesmo que o domínio técnico-científico sobre o funcionamento das tecnologias solares ainda esteja em processo de construção. Essa percepção pode ser explorada no desenvolvimento da

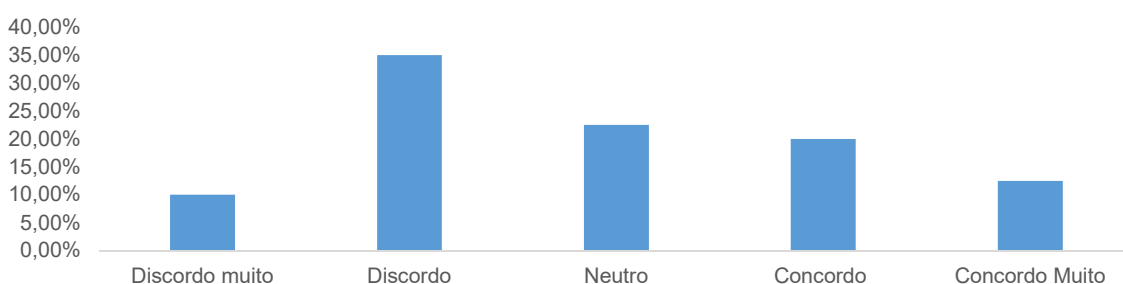
sequência didática como elemento motivador, favorecendo a articulação entre os conhecimentos cotidianos e os conhecimentos científicos.

Além disso, a valorização da energia solar como solução ambiental reforça a importância de discutir com os alunos as questões relacionadas à sustentabilidade, justiça ambiental e uso consciente dos recursos naturais, temáticas que se alinham à proposta de um ensino de Física contextualizado, crítico e comprometido com a formação cidadã (Freire, 1996; Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

A oitava afirmação proposta aos estudantes foi: "Vejo a energia solar como algo acessível para a população da minha região." Essa questão teve como objetivo avaliar a percepção dos alunos em relação à viabilidade econômica e social da energia solar no contexto local, especialmente no Norte de Minas Gerais.

Os dados revelam que, veja gráfico 8 abaixo, 10% dos estudantes marcaram "discordo muito" e 35%, "discordo", totalizando 45% que não veem a energia solar como uma realidade acessível à sua comunidade. Outros 22,5% se posicionaram de forma neutra, possivelmente por desconhecerem os custos envolvidos na implantação de sistemas fotovoltaicos ou por falta de referência prática. Apenas 32,5% dos alunos concordaram com a afirmativa em algum grau.

Gráfico 8 - Questão 08 Vejo a energia solar como algo acessível para a população da minha região.



Fonte: Autor (2025).

Essa distribuição sugere a existência de uma percepção restritiva ou cética quanto à democratização do acesso à energia solar, apesar de seu reconhecimento como uma fonte ambientalmente vantajosa, conforme evidenciado nas questões anteriores. Essa contradição pode ser explicada por fatores como o alto custo inicial de instalação, a falta de políticas públicas de incentivo e a ausência de exemplos visíveis na comunidade local.

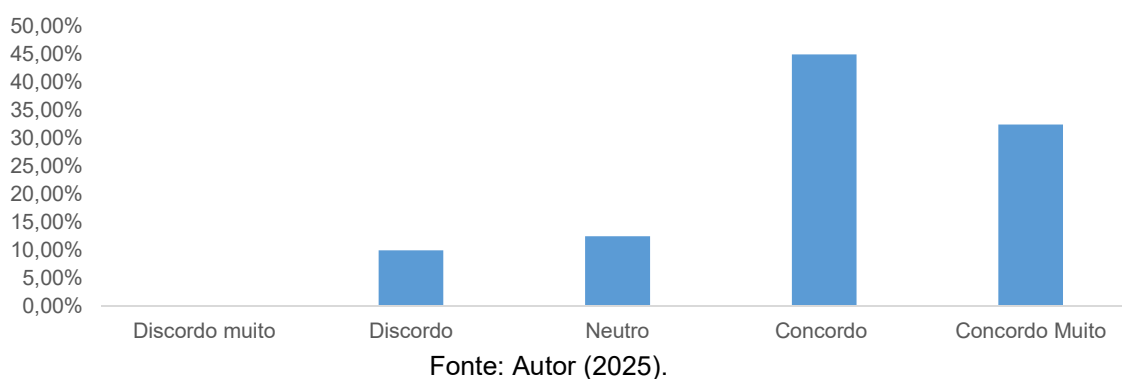
Diante disso, a sequência didática proposta neste trabalho não apenas buscará aprofundar o entendimento técnico-científico sobre o funcionamento dos sistemas

solares, mas também irá debater as questões sociais e econômicas relacionadas ao acesso à energia, incentivando a reflexão crítica dos alunos sobre desigualdade energética, justiça ambiental e alternativas viáveis para suas realidades. Essa abordagem está em sintonia com a dimensão crítica e emancipatória do ensino, conforme defendem (Freire, 1996) e (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002).

A nona afirmação apresentada aos alunos foi: "Acredito que o uso da energia solar pode gerar benefícios econômicos para comunidades locais." O objetivo dessa questão foi identificar se os estudantes compreendem que, além dos impactos ambientais positivos, a energia solar também pode representar uma alternativa viável para o desenvolvimento econômico regional, sobretudo em áreas historicamente marginalizadas, como o Norte de Minas Gerais.

Os resultados, veja gráfico 9 abaixo, mostraram que 45% dos estudantes marcaram "concordo" e 32,5%, "concordo muito", totalizando 77,5% de respostas favoráveis à afirmativa. Apenas 10% discordaram, enquanto 12,5% mantiveram-se neutros. É relevante observar que nenhum aluno escolheu "discordo muito", o que reforça a aceitação geral da ideia de que a energia solar pode promover benefícios financeiros e gerar oportunidades para as comunidades locais.

Gráfico 9 - Questão 09. Acredito que o uso da energia solar pode gerar benefícios econômicos para comunidades locais.

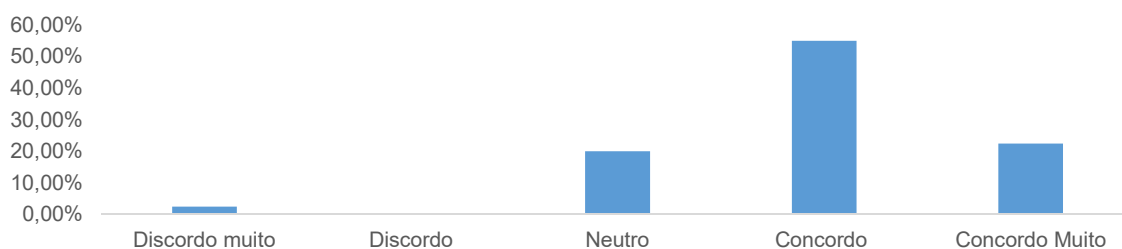


Esse dado demonstra uma visão mais ampliada e socialmente consciente por parte dos alunos, que não enxergam a energia solar apenas como uma solução ambiental, mas também como um vetor de transformação econômica. Essa percepção pode ser explorada pedagogicamente para desenvolver atividades interdisciplinares que envolvam noções de economia, cidadania, sustentabilidade e justiça social, favorecendo o diálogo entre a Física e outras áreas do conhecimento.

Esse tipo de abordagem está alinhado à perspectiva crítica da educação científica proposta pelos Três Momentos Pedagógicos, que preconizam a superação de um ensino meramente tecnicista e a construção de uma aprendizagem crítica e contextualizada (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

A décima questão do questionário buscou avaliar o interesse dos estudantes em aprofundar seus conhecimentos sobre fontes renováveis, em especial a energia solar, por meio da afirmativa: "Gostaria de aprender mais sobre fontes renováveis de energia, especialmente a solar." Os resultados, vide gráfico 10, apontaram que 55% dos alunos marcaram "concordo" e 22,5%, "concordo muito", totalizando 77,5% de respostas positivas. Outros 20% optaram por "neutro", e apenas 2,5% marcaram "discordo muito". Notavelmente, nenhum estudante escolheu "discordo", evidenciando uma predisposição geral para aprender sobre o tema.

Gráfico 10 - Questão 10. Gostaria de aprender mais sobre fontes renováveis de energia, especialmente a solar.



Fonte: Autor (2025).

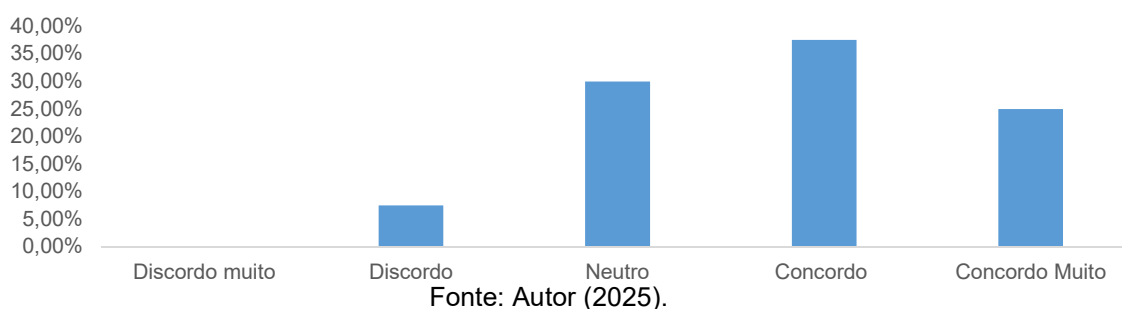
Essa predominância de respostas favoráveis é um indicativo importante de motivação intrínseca, pois demonstra que o tema das energias renováveis desperta curiosidade e engajamento nos estudantes. Esse interesse inicial constitui uma base sólida para a implementação de uma proposta de ensino contextualizada, permitindo ao professor explorar conteúdos de Física moderna e tecnologias sustentáveis de maneira mais significativa.

Esse resultado também reforça a relevância social do tema escolhido para a pesquisa, ao evidenciar que a abordagem da energia solar no contexto educacional não se limita ao atendimento de uma exigência curricular, mas dialoga diretamente com os interesses, vivências e expectativas dos estudantes. Tal articulação entre conteúdo escolar e realidade concreta é central na perspectiva freiriana de educação problematizadora, na qual o conhecimento emerge do diálogo com o mundo vivido e adquire sentido quando relacionado às necessidades sociais dos sujeitos (Freire, 1996). A sequência didática, ao adotar os Três Momentos Pedagógicos, pode

aproveitar esse interesse como ponto de partida para a problematização e construção do conhecimento científico.

A décima primeira questão do questionário, vide gráfico 11 abaixo, buscou avaliar se os estudantes tinham conhecimento do potencial do Norte de Minas Gerais na geração de energia solar.

Gráfico 11 - Questão 11. Sei que o Norte de Minas Gerais tem bom potencial para geração de energia solar.

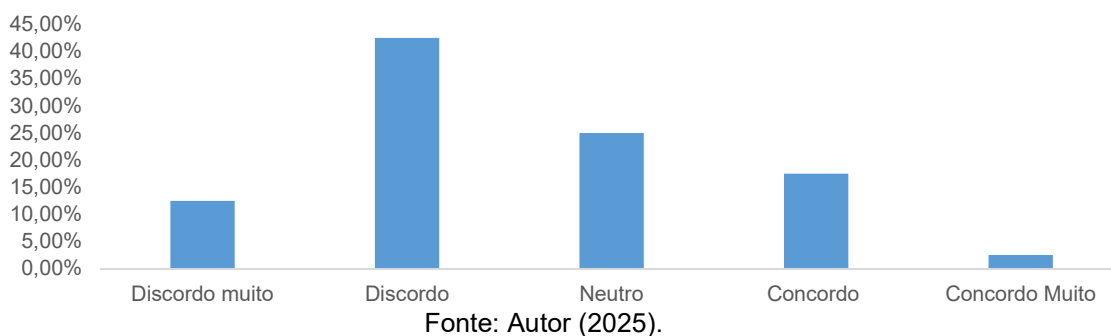


Nesta questão, observa-se uma percepção relativamente positiva dos alunos quanto ao potencial solarimétrico da região onde vivem. Nenhum estudante marcou "discordo muito", e apenas 7,5% selecionaram "discordo", o que demonstra baixa rejeição à ideia. Por outro lado, 37,5% dos respondentes afirmaram "concordar", e 25% "concordar muito", totalizando 62,5% de respostas positivas. Ainda assim, 30% dos alunos marcaram a opção "neutro", o que pode indicar uma falta de informação ou familiaridade com dados concretos sobre o potencial solar do Norte de Minas Gerais. Esse resultado aponta para uma importante lacuna de conhecimento a ser trabalhada em sala de aula, mas também evidencia que boa parte dos estudantes já possui uma noção prévia sobre a vocação energética da região. Assim, essa percepção pode ser estrategicamente explorada durante a etapa de problematização e no aprofundamento conceitual ao longo das aulas.

Os consumidores têm sido motivados a gerar sua própria energia, seja por insegurança no abastecimento de energia ou por questões de economia financeira. A décima segunda questão do questionário, vide gráfico 12 abaixo, buscou avaliar através da afirmação, "Acredito que a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências é economicamente viável para a maioria da população da minha região", a percepção dos estudantes acerca da viabilidade econômica da energia solar em sua realidade local.

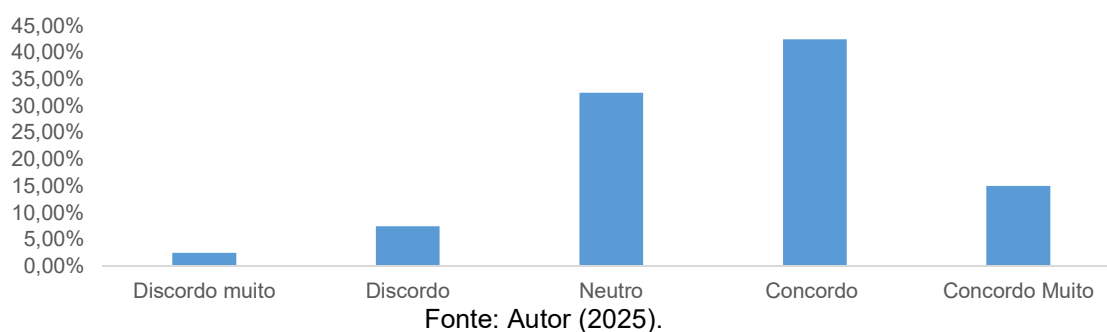
Os resultados dessa questão revelam uma percepção predominantemente negativa por parte dos alunos quanto à viabilidade econômica da energia solar em sua realidade local. Um total de 55% dos estudantes afirmou "discordar muito" (12,5%) ou "discordar" (42,5%) da afirmativa, indicando um sentimento de descrença ou incerteza sobre a acessibilidade financeira da tecnologia fotovoltaica para a maioria da população do Norte de Minas. Além disso, 25% marcaram a opção "neutro", o que pode indicar falta de informação sobre os custos, incentivos e possibilidades de financiamento existentes. Apenas 17,5% "concordaram", e 2,5% "concordaram muito", somando 20% de respostas positivas. Esse cenário demonstra que, embora o interesse pelo tema seja alto (como apontado em questões anteriores), muitos alunos ainda percebem barreiras econômicas para a adoção prática da energia solar em suas comunidades. Tal dado reforça a importância de abordar durante as aulas não apenas os aspectos físicos e tecnológicos do efeito fotovoltaico, mas também suas implicações socioeconômicas e políticas públicas que possam viabilizar o acesso a essa tecnologia.

Gráfico 12 - Questão 12. Acredito que a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências é economicamente viável para a maioria da população da minha região.



A próxima questão, veja o gráfico 13 abaixo, tenta levantar a percepção dos estudantes no que diz respeito a viabilidade da energia solar para atender às demandas energéticas locais.

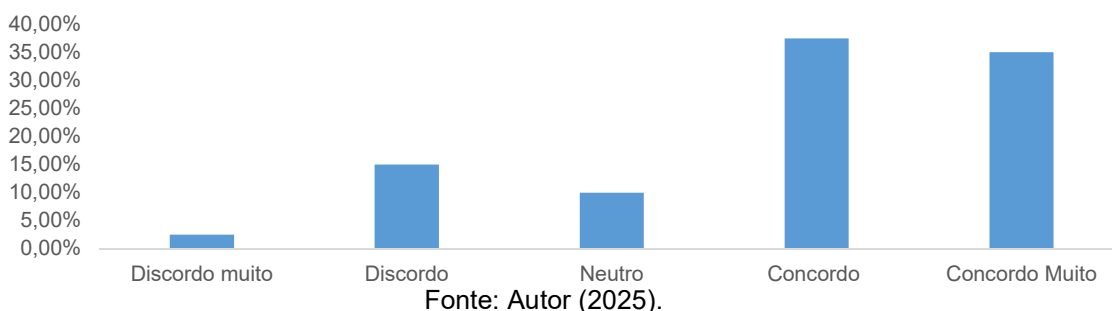
Gráfico 13 - Questão 13. Vejo a energia solar como uma solução viável para suprir as necessidades energéticas da minha comunidade.



Os dados obtidos indicam que a maioria dos alunos percebe a energia solar como uma alternativa viável para atender às demandas energéticas locais. As respostas "concordo" (42,5%) e "concordo muito" (15%) somam 57,5%, revelando uma tendência favorável à aceitação da energia solar como solução prática e eficiente. Por outro lado, 32,5% dos estudantes optaram por "neutro", o que pode sinalizar dúvidas quanto à aplicabilidade real dessa tecnologia no contexto comunitário. As respostas negativas foram minoritárias, com apenas 7,5% marcando "discordo" e 2,5% "discordo muito", totalizando 10%. Esses números mostram que, apesar de certa cautela ou desconhecimento por parte de alguns alunos, há uma percepção positiva considerável sobre o potencial da energia solar para contribuir com o desenvolvimento energético regional. Esse dado reforça a importância de discutir nas aulas a viabilidade técnica, ambiental e econômica da energia fotovoltaica, especialmente com foco no contexto da comunidade local.

Sabemos que a energia solar gera impactos socioeconômicos positivos e negativos, como a criação de empregos, a redução de custos na conta de luz para consumidores e a valorização de imóveis, mas também apresenta desafios como o alto custo de instalação e a intermitência de geração. Socialmente, promove inclusão digital e social, além de segurança energética em áreas isoladas, embora o acesso possa ser restrito para a população de baixa renda devido ao custo inicial. A questão abaixo, vide gráfico 14, buscou avaliar a percepção dos estudantes com relação a esses impactos socioeconômicos.

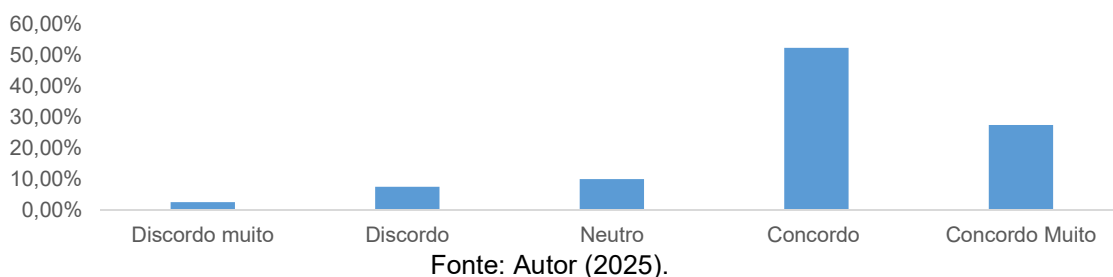
Gráfico 14 - Questão 14. Acredito que a adoção da energia solar pode contribuir para a geração de empregos na região.



Os dados dessa questão revelam uma percepção bastante positiva dos alunos quanto ao impacto socioeconômico da energia solar. As opções "concordo" (37,5%) e "concordo muito" (35%) totalizam 72,5% das respostas, o que demonstra que a maioria dos estudantes reconhece o potencial da energia fotovoltaica como vetor de desenvolvimento local, especialmente no que diz respeito à geração de empregos. Apenas 2,5% dos alunos marcaram "discordo muito", e 15% "discordo", perfazendo um total de 17,5% de respostas negativas. Um número reduzido (10%) permaneceu neutro. Esses dados apontam que os estudantes não apenas compreendem a importância ambiental da energia solar, mas também enxergam seu valor como alternativa para estimular a economia da região. Isso representa um elemento fundamental para a formação cidadã e crítica, alinhando-se aos objetivos da abordagem pelos Três Momentos Pedagógicos ao relacionar ciência, tecnologia e transformação social.

Acreditamos que a incorporação de mais conteúdos sobre energia solar nas aulas de Física é um excelente recurso pedagógico, pois trata-se de um tema atual, relevante e que abrange diversos princípios físicos. A questão abaixo, vide gráfico 15, buscou avaliar a opinião dos estudantes no que diz respeito a inserção desse tema nas aulas de física.

Gráfico 15 - Questão 15 Gostaria que mais conteúdos sobre energia solar fossem trabalhados nas aulas de Física.



As respostas a essa questão apontam um elevado interesse dos alunos pela inserção de conteúdos relacionados à energia solar nas aulas de Física. Um total de 80% dos estudantes respondeu de forma positiva, sendo 52,5% na opção "concordo" e 27,5% na opção "concordo muito", o que evidencia não apenas curiosidade, mas também uma expectativa concreta por abordagens mais conectadas à realidade e à atualidade científica e tecnológica. Apenas 2,5% afirmaram "discordar muito" e 7,5% "discordar", totalizando apenas 10% de respostas negativas. A neutralidade foi apontada por 10% dos alunos. Esses dados evidenciam o potencial de promover o envolvimento ativo dos estudantes, justificando plenamente sua escolha para a construção do produto educacional, por estar em consonância com os interesses dos discentes e com a necessidade de contextualizar o ensino de Física a situações reais e contemporâneas.

8.2 ENCERRAMENTO DA ETAPA DIAGNÓSTICA

A análise do questionário diagnóstico composto por 15 questões do tipo Likert permitiu identificar percepções, conhecimentos prévios e expectativas dos estudantes em relação ao tema "energia solar", com ênfase no efeito fotovoltaico e no potencial solarimétrico da região Norte de Minas Gerais. Os dados revelaram um cenário promissor para o desenvolvimento do conteúdo, uma vez que a maioria dos alunos demonstrou interesse em aprender mais sobre fontes renováveis, reconhecendo a importância da energia solar para a preservação ambiental, a geração de empregos e o desenvolvimento regional. Embora tenha havido certa insegurança ou desconhecimento em questões relacionadas à viabilidade econômica e ao potencial técnico da energia fotovoltaica em suas comunidades, os altos índices de concordância quanto à relevância do tema e ao desejo de abordá-lo nas aulas de Física confirmam a pertinência da proposta pedagógica. Assim, a etapa de problematização se concretizou como um momento de aproximação entre o conteúdo científico e a realidade vivida pelos alunos, possibilitando ao professor levantar hipóteses sobre os saberes prévios da turma e planejar intervenções que promovam aprendizagens significativas nos momentos subsequentes da proposta educativa.

Além disso, a análise das respostas mostrou que alguns alunos acreditavam que a energia solar poderia substituir todas as demais fontes de energia de forma imediata, desconsiderando fatores técnicos e econômicos. Esse resultado evidencia a necessidade de desenvolver, em sala de aula, atividades que promovam não apenas a aprendizagem conceitual, mas também a formação crítica diante de questões socioambientais e tecnológicas (Delizoicov; Muenchen, 2014).

8.3 DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA

Ao longo das aulas, especialmente no segundo momento pedagógico, observou-se uma mudança significativa no nível de engajamento dos alunos. O uso de simulações na plataforma PhET, vídeos explicativos e experimentos com mini painéis fotovoltaicos possibilitou maior interação entre teoria e prática. Paulo Freire (Freire, 1996) enfatiza que o processo educativo deve partir da leitura crítica do mundo vivido pelos sujeitos, reconhecendo os saberes construídos em sua experiência cotidiana como ponto de partida para a produção do conhecimento escolar. Nesse sentido, os recursos multimídia desempenharam papel central ao favorecer a problematização da realidade e a mediação dialógica dos conceitos científicos, tornando visíveis processos que, em condições usuais de ensino, permanecem abstratos ou distantes da compreensão dos estudantes.

A análise das falas durante as discussões coletivas evidenciou a emergência de novas concepções. Termos como “semicondutor tipo N e P”, “junção p-n” e “*band gap*” passaram a ser utilizados de forma contextualizada, ainda que em níveis diferentes de complexidade. Isso confirma a tese de Moreira (2006) de que a aprendizagem é um processo gradual, no qual a reconstrução conceitual se dá pela interação entre o novo conhecimento e as concepções prévias do aluno.

8.4 APRESENTAÇÕES FINAIS

Na oitava e nona aula, correspondente ao terceiro momento pedagógico, aplicação do conhecimento, marcou o ápice do processo formativo. Os alunos apresentaram pesquisas em quatro eixos temáticos, articulando conceitos científicos, tecnológicos e sociais:

1. Vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica;

2. Diferenças conceituais e funcionais entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico;
3. As usinas solares do Norte de Minas Gerais;
4. A viabilidade da energia fotovoltaica em residências da região.

No primeiro eixo, evidenciaram-se análises críticas sobre sustentabilidade, diversificação da matriz energética e custos de instalação. Alguns grupos relacionaram a expansão da energia solar ao contexto regional, ressaltando o potencial solarimétrico do Norte de Minas e seus impactos socioeconômicos. Esse tipo de abordagem reforça a habilidade EM13CNT104 da BNCC, que orienta para a análise da geração e do consumo de energia em suas dimensões ambientais e sociais.

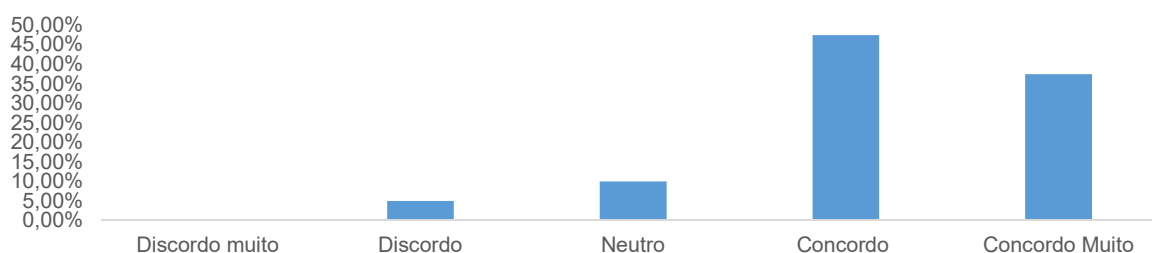
No segundo eixo, os alunos conseguiram distinguir com clareza o efeito fotoelétrico, fenômeno descrito por Einstein em 1905, em que fótons liberam elétrons de uma superfície metálica, do efeito fotovoltaico, em que a incidência de luz em semicondutores gera corrente elétrica contínua em um circuito externo. Essa diferenciação, muitas vezes negligenciada em sala de aula, representa um ganho conceitual importante e está em sintonia com a habilidade EM13CNT201, que incentiva o uso de modelos científicos para explicar fenômenos em diferentes escalas. O terceiro eixo abordou as usinas solares do Norte de Minas Gerais, com destaque para projetos como a usina Sol de Jaíba, analisando suas dimensões técnicas, ambientais e econômicas. Os estudantes relacionaram o potencial solarimétrico da região às oportunidades de geração de energia limpa, de emprego e de desenvolvimento local, discutindo também os desafios estruturais para a expansão desse setor.

Por fim, o quarto eixo explorou a viabilidade da energia fotovoltaica em residências da região, considerando aspectos econômicos, tecnológicos e sociais. Os grupos apresentaram estimativas de custo de instalação, tempo de retorno do investimento e alternativas de financiamento, além de debaterem as barreiras enfrentadas por famílias de baixa renda. As propostas incluíram a criação de cooperativas solares, programas de geração compartilhada e projetos comunitários, ressaltando o papel da educação científica na construção de uma cultura energética sustentável.

8.5 QUESTIONÁRIO FINAL

O questionário aplicado ao término da sequência revelou indícios consistentes de aprendizagem. Houve um aumento expressivo de respostas positivas (concordo e concordo muito) em itens relacionados à compreensão do funcionamento das células fotovoltaicas, ao reconhecimento da diferença entre efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico, e à percepção do potencial solarimétrico regional. Em comparação com o diagnóstico inicial, os alunos demonstraram maior segurança em relacionar conceitos físicos com questões sociais, econômicas e ambientais, sinalizando um avanço em direção à formação crítica e cidadã. A seguir, apresentam-se os gráficos referentes às respostas obtidas no questionário final, iniciando pela Questão 1. vide gráfico 16 abaixo.

Gráfico 16 – Respostas da 1ª Questão. Já ouvi falar sobre o efeito fotovoltaico.

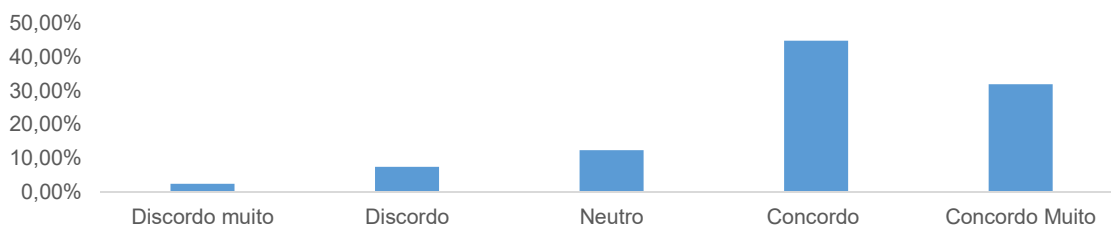


Fonte: Autor (2025).

Na questão “*Já ouvi falar sobre o efeito fotoelétrico*”, vide gráfico 16, aplicada ao final da execução do produto educacional em sala de aula, observa-se que não houve nenhuma discordância máxima (0%) e apenas 5% dos estudantes manifestaram discordância parcial. Um grupo de 10% manteve-se neutro, possivelmente refletindo pouca lembrança ou segurança em relação ao tema. No entanto, a maioria dos participantes revelou familiaridade com o conteúdo: 48% concordaram e 38% concordaram plenamente. Esses dados evidenciam que, após a vivência da sequência didática elaborada segundo os Três Momentos Pedagógicos (3MP), os estudantes demonstraram maior segurança e domínio sobre os conceitos do efeito fotoelétrico e o potencial solarimétrico da região, o que aponta para uma aprendizagem significativa e contextualizada. A predominância de respostas positivas reforça a eficácia da abordagem dos 3MP na promoção da problematização inicial, da

organização do conhecimento e da aplicação prática dos conteúdos, conforme defendem Delizoicov e Angotti (1991).

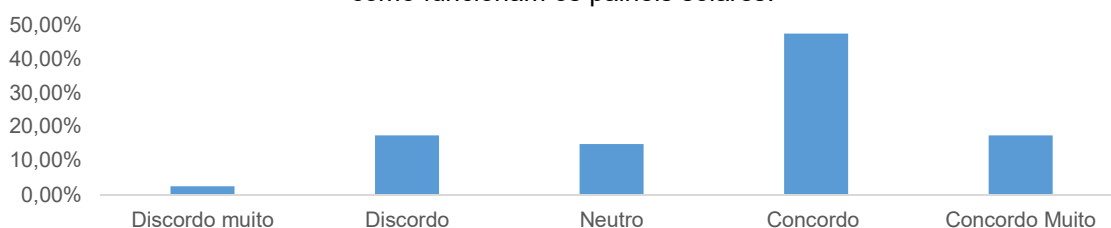
Gráfico 17 – Respostas da 2ª Questão. Sei como a luz solar pode ser convertida em energia elétrica.



Fonte: Autor (2025).

Na afirmação “*Sei como a luz solar pode ser convertida em energia elétrica*”, aplicada ao término da execução do produto educacional, apenas uma pequena parcela dos alunos apresentou discordância máxima (2,5%) ou discordância parcial (7,5%). Um grupo de 12,5% manteve-se neutro, o que pode indicar insegurança em relação à explicação do processo ou dificuldade de assimilação. Contudo, a maioria expressiva demonstrou compreensão do fenômeno: 45% concordaram e 32% concordaram plenamente. Esse resultado evidencia que, após o trabalho em sala, os estudantes adquiriram uma percepção mais clara sobre o processo de conversão da luz solar em energia elétrica, revelando que o produto contribuiu de maneira efetiva para a consolidação desse conhecimento, veja gráfico 17.

Gráfico 18 – Respostas da 3ª Questão. Consigo explicar, mesmo que de forma simples, como funcionam os painéis solares.

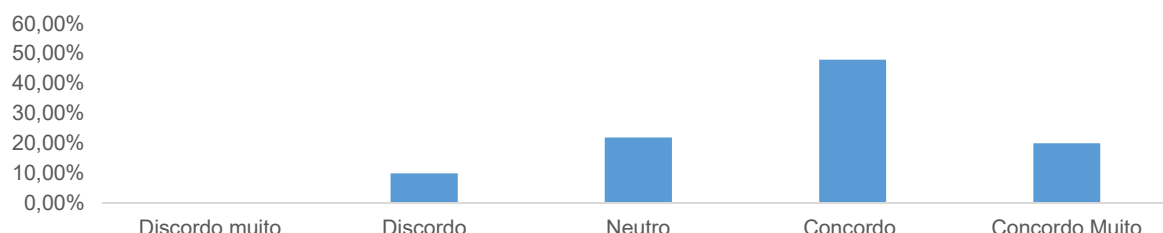


Fonte: Autor (2025).

Na questão “*Consigo explicar, mesmo que de forma simples, como funcionam os painéis solares*”, observa-se que, após a aplicação do produto educacional, apenas 2,5% dos alunos manifestaram discordância máxima e 17,5% discordância parcial, enquanto 15% permaneceram neutros. Esse grupo pode refletir estudantes que ainda não se sentiram plenamente confiantes para verbalizar o funcionamento dos painéis. Por outro lado, 47,5% concordaram e 17,5% concordaram plenamente, revelando que a maioria conseguiu elaborar, ainda que de forma básica, explicações sobre o funcionamento dessa tecnologia. Tais resultados indicam que o produto contribuiu

para ampliar a compreensão dos estudantes, embora também revelem a necessidade de aprofundar estratégias didáticas que favoreçam maior segurança na explicação conceitual por parte de todos, veja gráfico 18 abaixo.

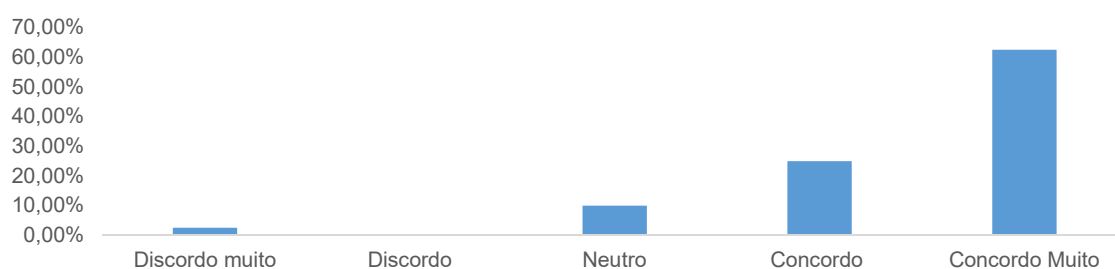
Gráfico 19 – Respostas da 4ª Questão. Sei a diferença entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico.



Fonte: Autor (2025).

Na afirmação “*Sei a diferença entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico*”, vide gráfico 19, nenhum estudante apresentou discordância máxima (0%), e 10% manifestaram discordância parcial. Um grupo de 22% manteve-se neutro, o que pode indicar certa dificuldade em diferenciar plenamente os dois conceitos. Entretanto, a maioria dos participantes revelou apropriação do conteúdo: 48% concordaram e 20% concordaram plenamente. Esses resultados demonstram que, após a aplicação do produto educacional, os estudantes desenvolveram maior clareza sobre a distinção entre os efeitos, evidenciando que o trabalho em sala contribuiu para consolidar esse aprendizado, ainda que parte da turma precise de reforço para atingir maior segurança conceitual.

Gráfico 20 – Respostas da 5ª Questão. Já estudei sobre energia solar em alguma aula de Física.

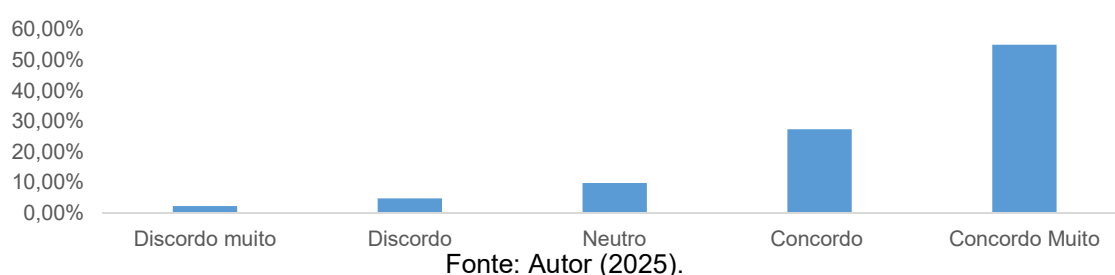


Fonte: Autor (2025).

Na questão “*Já estudei sobre energia solar em alguma aula de Física*”, aplicada após a execução do produto educacional, observa-se que apenas 2,5% dos alunos manifestaram discordância máxima e nenhum apresentou discordância parcial. Um grupo de 10% posicionou-se de forma neutra, possivelmente por não lembrar claramente de contatos anteriores com o tema. Por outro lado, a ampla maioria

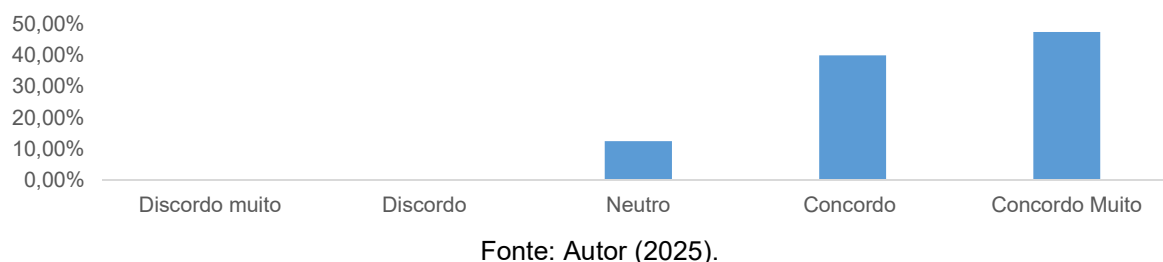
evidenciou reconhecimento do estudo: 25% concordaram e 62,5% concordaram plenamente. Esses resultados reforçam que a abordagem sobre energia solar, desenvolvida ao longo das aulas, foi assimilada pelos estudantes, demonstrando que o produto educacional cumpriu seu papel de integrar o tema ao contexto do ensino de Física e ampliou a percepção da turma quanto à relevância desse conteúdo, veja gráfico 20.

Gráfico 21 – Respostas da 6ª Questão. Acredito que a energia solar pode substituir outras fontes de energia no futuro.



Na afirmação *“Acredito que a energia solar pode substituir outras fontes de energia no futuro”*, vide gráfico 21, apenas 2,5% dos alunos manifestaram discordância máxima e 5% discordância parcial, enquanto 10% permaneceram neutros. Esses grupos minoritários podem representar estudantes ainda céticos em relação à viabilidade da energia solar como principal matriz energética. Contudo, a maioria expressiva demonstrou otimismo quanto ao potencial da fonte: 27,5% concordaram e 55% concordaram plenamente. Esses resultados indicam que, após a aplicação do produto educacional, consolidou-se entre os alunos a percepção da energia solar como alternativa sustentável e promissora, alinhada às discussões sobre transição energética e ao papel das fontes renováveis no cenário futuro.

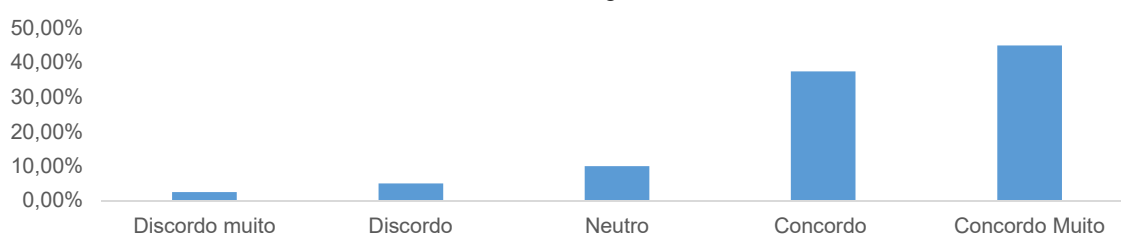
Gráfico 22 – Respostas da 7ª Questão. Considero a energia solar uma fonte importante para preservar o meio ambiente.



Na questão *“Considero a energia solar uma fonte importante para preservar o meio ambiente”*, não houve registros de discordância máxima (0%) ou discordância

parcial (0%), o que evidencia aceitação unânime do caráter ambientalmente positivo dessa fonte de energia. Apenas 12,5% dos estudantes mantiveram posição neutra, enquanto a maioria expressiva apresentou concordância: 40% concordaram e 47,5% concordaram plenamente. Esses resultados demonstram que, após a aplicação do produto educacional, os alunos reconheceram de forma clara o papel da energia solar como alternativa limpa e sustentável, reforçando a consciência ambiental promovida ao longo das aulas, veja gráfico 22.

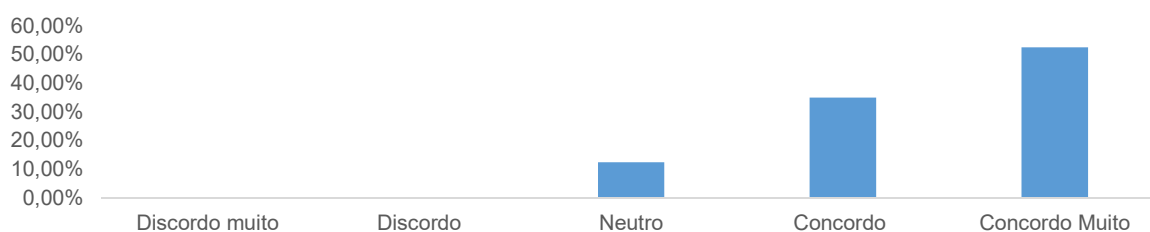
Gráfico 23 – Respostas da 8ª Questão. Vejo a energia solar como algo acessível para a população da minha região.



Fonte: Autor (2025).

Na afirmação “*Vejo a energia solar como algo acessível para a população da minha região*”, vide gráfico 23, apenas 2,5% dos alunos apresentaram discordância máxima e 5% discordância parcial. Um grupo de 10% manteve-se neutro, possivelmente por não ter clareza sobre os custos de implantação dessa tecnologia. Em contrapartida, a maioria expressiva demonstrou uma percepção positiva quanto à viabilidade regional da energia solar: 37,5% concordaram e 45% concordaram plenamente. Esses resultados evidenciam que, após a aplicação do produto educacional, consolidou-se entre os estudantes a compreensão de que a energia solar é uma alternativa real e cada vez mais acessível em seu contexto local, favorecendo o reconhecimento de seu potencial de aplicação prática.

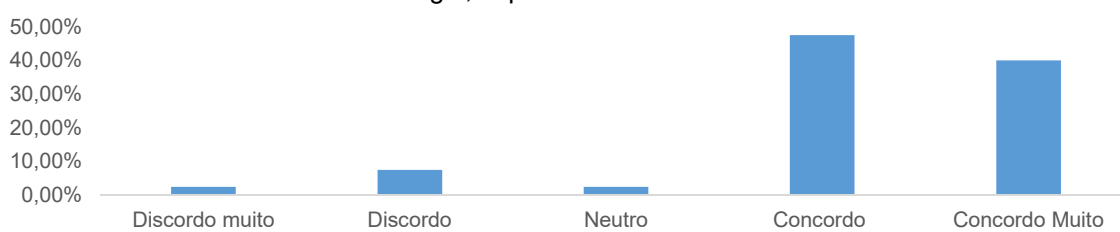
Gráfico 24 – Respostas da 9ª Questão. Acredito que o uso da energia solar pode gerar benefícios econômicos para comunidades locais.



Fonte: Autor (2025).

Na questão “*Acredito que o uso da energia solar pode gerar benefícios econômicos para comunidades locais*”, não houve registros de discordância máxima (0%) nem de discordância parcial (0%). Apenas 12,5% dos alunos permaneceram neutros, enquanto a maioria demonstrou percepção positiva em relação ao impacto econômico da energia solar: 35% concordaram e 52,5% concordaram plenamente. Esse resultado evidencia que, após a aplicação do produto educacional, consolidou-se a compreensão de que a energia solar não se limita a vantagens ambientais, mas também representa oportunidade de desenvolvimento econômico, geração de empregos e valorização das comunidades locais, veja gráfico 24.

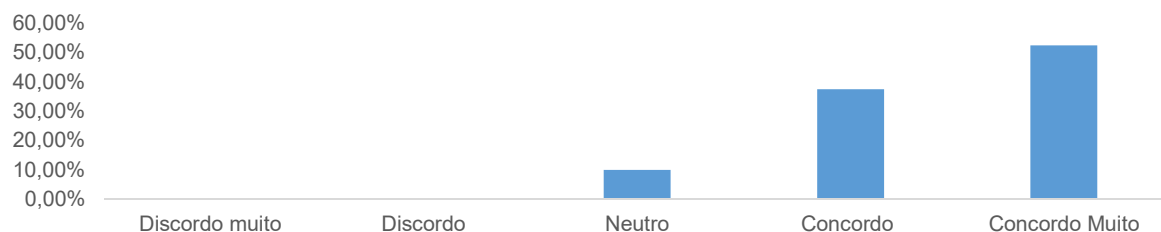
Gráfico 25 – Respostas da 10ª Questão. Gostaria de aprender mais sobre fontes renováveis de energia, especialmente a solar.



Fonte: Autor (2025).

Na afirmação “*Gostaria de aprender mais sobre fontes renováveis de energia, especialmente a solar*”, de acordo com o gráfico 25, apenas 2,5% dos alunos apresentaram discordância máxima e 7,5% discordância parcial, enquanto 2,5% permaneceram neutros. Em contrapartida, a grande maioria demonstrou interesse pelo aprofundamento do tema: 47,5% concordaram e 40% concordaram plenamente. Esses resultados indicam que, após a aplicação do produto educacional, os estudantes mantêm elevado grau de motivação para ampliar seus conhecimentos sobre energias renováveis, sobretudo a solar. Isso evidencia não apenas o impacto positivo da proposta desenvolvida em sala, mas também a abertura para a continuidade do aprendizado, reforçando a relevância de inserir tais discussões no currículo escolar.

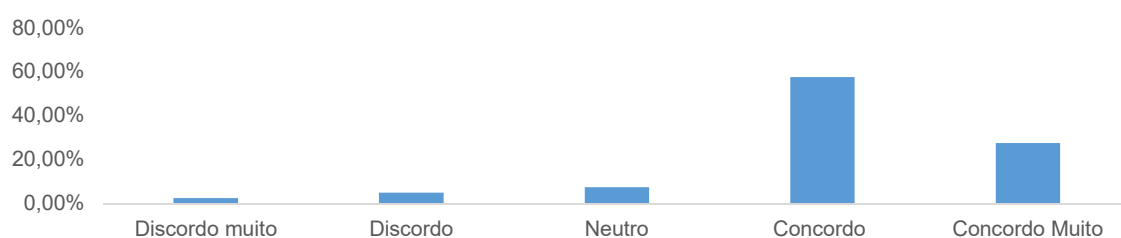
Gráfico 26 – Respostas da 11ª Questão. Sei que o Norte de Minas Gerais tem bom potencial para geração de energia solar.



Fonte: Autor (2025).

Na questão “*Sei que o Norte de Minas Gerais tem bom potencial para geração de energia solar*”, de acordo com o gráfico 26, não houve registros de discordância máxima (0%) ou discordância parcial (0%). Apenas 10% dos alunos permaneceram neutros, enquanto a ampla maioria expressou conhecimento sobre o tema: 37,5% concordaram e 52,5% concordaram plenamente. Esse resultado evidencia que, após a aplicação do produto educacional, consolidou-se entre os estudantes a compreensão de que a região Norte de Minas Gerais apresenta elevado potencial solarimétrico, reforçando a conexão entre o conteúdo científico estudado em sala e a realidade local vivenciada pelos próprios alunos.

Gráfico 27 – Respostas da 12ª Questão. Acredito que a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências é economicamente viável para a maioria da população da minha região.



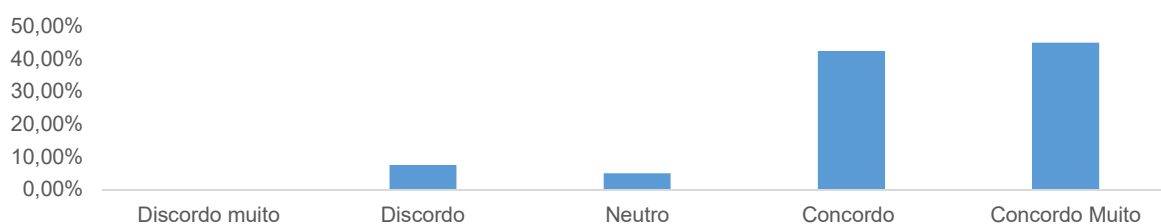
Fonte: Autor (2025).

Na afirmação “*Acredito que a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências é economicamente viável para a maioria da população da minha região*”, apenas 2,5% dos estudantes manifestaram discordância máxima e 5% discordância parcial, enquanto 7,5% permaneceram neutros, vide gráfico 27. Por outro lado, a maior parte dos participantes demonstrou concordância com a viabilidade econômica dessa alternativa: 57,5% concordaram e 27,5% concordaram plenamente.

Esse resultado indica que os alunos reconhecem a energia solar não apenas como uma possibilidade tecnológica, mas também como uma opção economicamente acessível em seu contexto regional. A percepção majoritariamente positiva demonstra

que a aplicação do produto educacional favoreceu a reflexão crítica sobre os custos e benefícios da adoção de sistemas fotovoltaicos, conectando os conceitos físicos à realidade socioeconômica vivida pelos estudantes. Além disso, evidencia-se que a escola, ao abordar temas atuais e contextualizados, pode contribuir para ampliar a consciência dos jovens sobre alternativas energéticas sustentáveis e sobre a importância da diversificação da matriz energética no Brasil, veja gráfico 27.

Gráfico 28 – Respostas da 13ª Questão. Vejo a energia solar como uma solução viável para suprir as necessidades energéticas da minha comunidade.

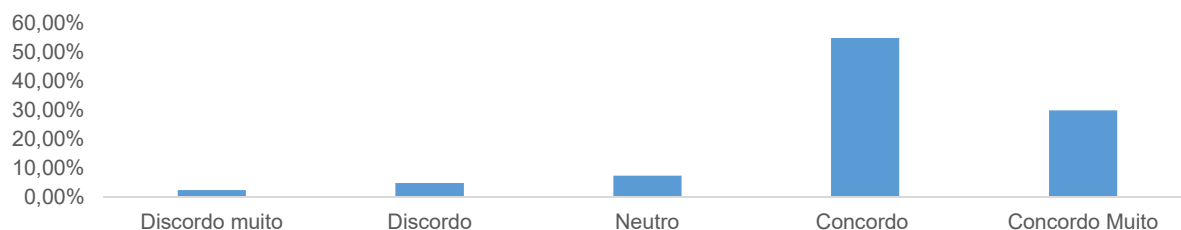


Fonte: Autor (2025).

Na afirmação *“Vejo a energia solar como uma solução viável para suprir as necessidades energéticas da minha comunidade”*, vide gráfico 28, nenhum estudante manifestou discordância máxima. Apenas 7,5% apresentaram discordância parcial e 5% permaneceram neutros. Em contrapartida, a grande maioria reconheceu a viabilidade da energia solar para atender às demandas locais: 42,5% concordaram e 45% concordaram plenamente.

Esses dados mostram que, após a aplicação do produto educacional, os estudantes passaram a compreender a energia solar como uma alternativa concreta e promissora para sua comunidade. A predominância de respostas positivas revela não apenas a apropriação dos conceitos físicos relacionados ao efeito fotovoltaico, mas também a percepção de que a tecnologia possui relevância social e pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida. Assim, evidencia-se o papel da escola em promover reflexões que ultrapassam o espaço acadêmico, conectando ciência, tecnologia e sociedade de forma crítica e significativa.

Gráfico 29 – Respostas da 14ª Questão. Acredito que a adoção da energia solar pode contribuir para a geração de empregos na região.

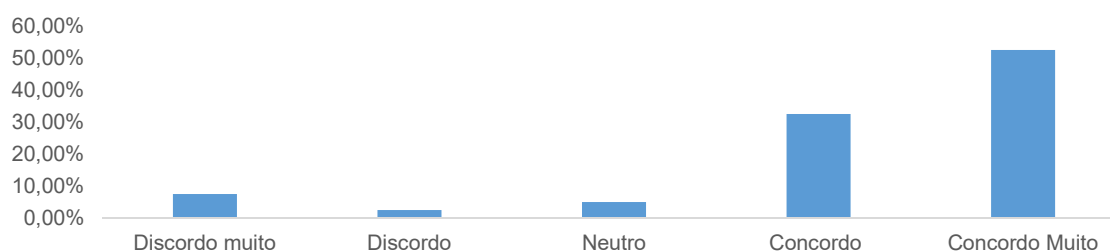


Fonte: Autor (2025).

Na afirmação *“Acredito que a adoção de energia solar pode contribuir para geração de empregos na região”*, de acordo o gráfico 29, 2,5% dos estudantes manifestaram discordância máxima e 5% discordância parcial, enquanto 7,5% permaneceram neutros. Em contraste, a maior parte dos respondentes demonstrou concordância: 55% concordaram e 30% concordaram plenamente.

Esse resultado indica que os alunos conseguem perceber a energia solar não apenas como uma alternativa tecnológica para geração de eletricidade, mas também como um vetor de desenvolvimento socioeconômico regional. A predominância de respostas positivas sugere que a aplicação do produto educacional favoreceu uma visão ampliada sobre os impactos da matriz energética, estimulando a compreensão de que a transição para fontes renováveis pode gerar oportunidades de trabalho e movimentar a economia local. Assim, fica evidente que a escola, ao contextualizar os conteúdos de Física, contribui para que os estudantes compreendam de forma crítica as interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Gráfico 30 – Respostas da 15ª Questão. Gostaria que mais conteúdos sobre energia solar fossem trabalhados nas aulas de Física.



Fonte: Autor (2025).

Na afirmação *“Gostaria que mais conteúdos sobre energia solar fossem trabalhados nas aulas de Física”*, 7,5% dos estudantes manifestaram discordância máxima, 2,5% discordância parcial e 5% permaneceram neutros. Por outro lado, a

maioria expressou um forte interesse pela continuidade do tema: 32,5% concordaram e 52,5% concordaram plenamente, veja gráfico 30.

Esse resultado evidencia que a energia solar despertou grande engajamento entre os alunos, consolidando-se como um tema motivador e significativo no processo de aprendizagem. O interesse demonstrado aponta para a necessidade de ampliar o espaço de discussão sobre energias renováveis no currículo escolar, de modo a integrar aspectos conceituais, tecnológicos e sociais. Além disso, reforça a ideia de que quando os conteúdos de Física são relacionados ao cotidiano e às demandas reais da comunidade, tornam-se mais atrativos e relevantes, favorecendo o desenvolvimento de uma postura crítica diante dos desafios energéticos atuais.

A análise das quinze questões do questionário de escala Likert evidencia que a aplicação do produto educacional possibilitou avanços significativos na compreensão e nas percepções dos estudantes em relação à energia solar e ao potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais. Os dados apontam que a maioria dos alunos passou a reconhecer a importância de compreender a realidade energética local, bem como a viabilidade de geração de energia a partir da luz solar em residências, escolas e comunidades. Observou-se ainda que muitos já identificam a presença de sistemas fotovoltaicos em seu entorno, o que reforça a conexão entre o conteúdo trabalhado em sala de aula e a vivência cotidiana desses estudantes.

Esse movimento de ampliação de consciência revela não apenas a eficácia do produto aplicado, mas também a relevância da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, que favorece o diálogo entre o conhecimento científico e a realidade dos estudantes (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011). Ao relacionar o efeito fotovoltaico com o contexto regional, a proposta promoveu condições para uma aprendizagem crítica e contextualizada, ao valorizar os saberes prévios dos estudantes e ampliá-los por meio do diálogo e da problematização da realidade, em consonância com a perspectiva freiriana de educação como prática da liberdade (Freire, 1996, 2005). Esse movimento possibilitou a construção de uma compreensão crítica acerca das potencialidades da matriz energética renovável no contexto socioeconômico local.

Assim, os resultados alcançados confirmam que o ensino de Física, quando articulado a temas atuais e ao contexto local, contribui não apenas para a apropriação conceitual, mas também para a formação cidadã, capaz de estimular reflexões sobre

sustentabilidade, desenvolvimento regional e uso consciente dos recursos naturais. Nesse sentido, a experiência vivenciada pelos estudantes aponta para a necessidade de se investir em práticas pedagógicas contextualizadas, que deem sentido ao conhecimento escolar e fortaleçam a integração entre ciência, tecnologia e sociedade.

8.6 SÍNTESE INTERPRETATIVA

Os resultados obtidos apontam para a efetividade da sequência didática em promover não apenas a aprendizagem conceitual sobre o efeito fotovoltaico, mas também a construção de uma visão mais ampla e crítica da ciência em sua dimensão tecnológica e social. O processo formativo possibilitou a transposição de conhecimentos abstratos para aplicações concretas, aproximando a Física da realidade dos estudantes.

Ainda que algumas dificuldades de compreensão tenham persistido, especialmente no que se refere aos aspectos mais abstratos da Teoria de Bandas, os indícios de aprendizagem são consistentes e convergem com a literatura na área. Em consonância com a perspectiva freiriana de educação problematizadora e dialógica (Freire, 1996) e com a proposta dos Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002), pode-se afirmar que a intervenção contribuiu para a construção de uma aprendizagem crítica e contextualizada, na medida em que os conceitos foram apropriados de forma progressiva pelos estudantes, a partir da problematização da realidade, do diálogo e da sistematização do conhecimento científico, favorecendo novas compreensões e ressignificações dos fenômenos estudados.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como foco a aplicação dos Três Momentos Pedagógicos (3MP) no ensino do efeito fotovoltaico, utilizando como eixo de contextualização o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais. A proposta surgiu da necessidade de superar as dificuldades comumente encontradas no ensino de Física, sobretudo no que se refere à abordagem de conceitos da Física Moderna e Contemporânea, que muitas vezes permanecem distantes da realidade dos estudantes do Ensino Médio. O problema central que orientou a pesquisa consistiu em investigar de que maneira a utilização de uma metodologia crítica e problematizadora poderia favorecer a construção de conhecimentos científicos de forma crítica e contextualizada sobre o efeito fotovoltaico e sua relevância socioambiental.

Os resultados obtidos evidenciaram que os objetivos gerais e específicos delineados no início da investigação foram alcançados. A proposta possibilitou que os estudantes avançassem na compreensão de conceitos fundamentais da Física Moderna, como semicondutores, teoria de bandas, dopagem e junção p-n, relacionando-os ao funcionamento das células solares. Além disso, verificou-se que os alunos foram capazes de diferenciar com clareza os fenômenos do efeito fotoelétrico e do efeito fotovoltaico, compreendendo não apenas suas distinções conceituais, mas também suas implicações tecnológicas.

O uso de recursos didáticos variados - questionários, vídeos, simulações computacionais e experimentos com mini painéis solares - contribuiu de forma decisiva para o engajamento dos alunos, reforçando a concepção freiriana de que o processo educativo deve partir da realidade concreta e dos saberes previamente construídos pelos estudantes, valorizando o diálogo e a problematização como caminhos para a construção crítica do conhecimento (Freire, 1996). As análises dos questionários Likert e das apresentações finais mostraram uma evolução no domínio conceitual e uma ampliação da visão crítica dos estudantes quanto ao papel da energia solar no atual cenário de transição energética. Assim, pode-se afirmar que a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos se mostrou eficaz para promover uma aprendizagem contextualizada e significativa, em consonância com as proposições de Delizoicov e Muenchen (2014).

Outro aspecto relevante foi a articulação entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Ao discutir as vantagens e desvantagens da energia solar, bem como seu impacto no contexto regional, os estudantes foram estimulados a analisar a relação entre os avanços científicos e a realidade socioeconômica local. Essa abordagem atendeu a habilidades previstas na BNCC, como a análise crítica da geração e consumo de energia (EM13CNT104) e o uso de modelos científicos para explicar fenômenos em diferentes escalas (EM13CNT201).

Do ponto de vista do conhecimento produzido, esta pesquisa contribui para o campo do Ensino de Física ao demonstrar que a integração de conceitos da Física Moderna com metodologias críticas de ensino pode gerar resultados significativos, aproximando a ciência da realidade vivida pelos estudantes. O valor desse conhecimento reside na possibilidade de fortalecer práticas pedagógicas que favoreçam o protagonismo estudantil, a criticidade e o engajamento com questões socioambientais atuais, como a busca por fontes de energia limpa e sustentável.

Como desdobramentos futuros, sugere-se a ampliação da proposta para outras turmas e níveis de ensino, incluindo a Educação de Jovens e Adultos (EJA), considerando as especificidades desse público. Recomenda-se ainda a realização de estudos comparativos que avaliem o impacto da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos frente a outras abordagens didáticas no ensino da Física Moderna. Outro caminho promissor seria aprofundar o uso de recursos experimentais de baixo custo e simulações digitais, de modo a democratizar o acesso a práticas inovadoras mesmo em contextos escolares com infraestrutura limitada.

10. REFERÊNCIAS

A ABORDAGEM DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ESTUDO DE VELOCIDADE ESCALAR MÉDIA. Disponível em:

<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/224/203>. Acesso em: 9 maio 2024.

A CONSTRUÇÃO DE UM PROCESSO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO DIALÓGICO: ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/epec/a/qMKkdvK6fBFwZYzrTcN67d/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 maio 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Cartilha de geração distribuída fotovoltaica**. Brasília: ANEEL, 2022.

ALEXOPOULOS, Spiros; HOFFSCHMIDT, Bernhard. **Concentrating receiver systems (solar power tower)**. In: RICHTER, Christoph; LINCOT, Daniel; GUEYMARD, C. (org.). *Solar energy*. New York: Springer, 2013.

ALBUQUERQUE, Kleber Briz; SANTOS, Paulo José Sena dos; FERREIRA, Gabriela Kaiana. **Os três momentos pedagógicos como metodologia para o ensino de óptica no ensino médio: o que é necessário para enxergarmos?** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 2, p. 461–482, 2015.

AMERICAN PHYSICAL SOCIETY. **Superconductivity research and applications**. Disponível em: <https://www.aps.org/>. Acesso em: 21 abr. 2025.

AMÔNIA É PRODUZIDA POR ENERGIA SOLAR – CIÊNCIA BRASILEIRA.

Disponível em:

<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=ciencia-brasileira-amonia-produzida-energia-solar&id=010160220718>. Acesso em: 9 maio 2024.

APARELHO TORNA ÁGUA DO MAR POTÁVEL USANDO APENAS ENERGIA SOLAR. Disponível em:

<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=aparelho-torna-agua-mar-potavel-usando-apenas-energia-solar&id=010125230130>. Acesso em: 9 maio 2024.

ARAÚJO, Denise Lino de. **O que é (e como faz) sequência didática?** *Revista Entrepalavras*, Fortaleza, v. 3, n. 1, p. 322–334, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/23796>. Acesso em: 30 maio 2025.

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA SOLAR: ENTENDA AQUI COMO É FEITO!

Disponível em: <https://hccenergiasolar.com.br/armazenamento-de-energia-solar-entenda-aqui-como-e-feito/>. Acesso em: 9 maio 2024.

AUSUBEL, David Paul. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1980.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

BATISTA, Ricardo Breno Barbosa. **Sequência didática sobre o efeito fotovoltaico: potencial solarimétrico do norte de Minas Gerais como oportunidade de consolidação de conceitos**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Colégio Pedro II, Rio de Janeiro, 2025.

BATERIA SOLAR: NOVO MATERIAL ABSORVE LUZ E ARMAZENA ENERGIA SIMULTANEAMENTE. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=bateria-solar-absorve-luz-armazena-energia&id=010115230807>. Acesso em: 9 maio 2024.

BATERIAS DE CARNOT ARMAZENARÃO EXCEDENTE DE ENERGIA SOLAR E EÓLICA. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=baterias-carnot-como-armazenamento-energia-futuro&id=010115230718>. Acesso em: 9 maio 2024.

Blobateria de cera armazena energia solar e eólica. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=biobateria-cera-armazena-energia-solar-eolica&id=010115221013>. Acesso em: 9 maio 2024.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

BONFIM, Danúbia Damiana Santos; COSTA, Priscila Carozza Frasson; NASCIMENTO, William Júnior do. **A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média**. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 1, p. 187–197, 2020.

BONFIM, Danúbia Damiana Santos; NASCIMENTO, William Júnior do. **Os três momentos pedagógicos no ensino de física: uma revisão sistemática de literatura**. *Ensino & Pesquisa*, v. 16, n. 3, p. 138–155, 2018.

BORGES, R. C. C. **Reflexões sobre a aprendizagem em Física: obstáculos e possibilidades**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 148–158, 2002.

BRAIT, Lilian Ferreira Rodrigues et al. **A relação professor/aluno no processo de ensino e aprendizagem**. *Itinerarius Reflectionis*, v. 6, n. 1, 2010.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 13 out. 2024.

BRITO, A. S. de; FREITAS, A. M. B. de; SILVA, E. S. da. **Uma abordagem introdutória ao efeito fotovoltaico em aulas de Física no Ensino Médio**. *Revista*

Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 39, n. 2, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/zmFYrhnnhLQ8dMHk7CDmSfs/>. Acesso em: 21 abr. 2025.

BROWN, Theodore L. et al. ***Chemistry: the central science***. 13th ed. Boston: Pearson, 2015.

CARROS SOLARES – OS GANHOS DA INTEGRAÇÃO DA ENERGIA SOLAR AOS CARROS ELÉTRICOS. Disponível em:

<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=carros-solares-ganhos-integracao-energia-solar-carros-eletricos&id=010170231018>. Acesso em: 9 maio 2024.

CESAR, A. Dartora. **Conversão fotovoltaica de energia solar: aspectos físicos e tecnológicos.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 31, n. 3, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0191>. Acesso em: 21 abr. 2025.

CIÊNCIA BRASILEIRA: AMÔNIA É PRODUZIDA POR ENERGIA SOLAR.

Disponível em:

<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=ciencia-brasileira-amonia-produzida-energia-solar&id=010160220718>. Acesso em: 9 maio 2024.

COMO FUNCIONA A ENERGIA SOLAR. Disponível em:

<https://escolakids.uol.com.br/geografia/energia-solar.htm>. Acesso em: 20 abr. 2025.

COMO FUNCIONA UMA USINA SOLAR #BORAVÊ. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=W1nQT7az8c>. Acesso em: 15 maio 2025.

COMEÇA TESTE DE ENERGIA SOLAR ESPACIAL. Disponível em:

<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=comeca-teste-energia-solar-espacial&id=010115230105>. Acesso em: 9 maio 2024.

CONCEITOS DA FÍSICA CLÁSSICA E MODERNA POR MEIO DA TINTA CONDUTORA À BASE DE CARBONO. Disponível em:

<http://www2.uesb.br/ppg/mnpf/wpcontent/uploads/2023/03/Dissertação-versao-aprovada-pela-banca-José-Claudio.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

CONCEITOS UNIFICADORES E ENSINO DE FÍSICA. Disponível em:

<http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol15a20.pdf>. Acesso em: 9 maio 2024.

CONSTRUINDO O NOVO ENSINO MÉDIO: PROJETOS INTERDISCIPLINARES – FÍSICA. Pietrocola, Maurício; Rodrigues, Ernani V. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7573532/mod_resource/content/1/FCF_PNL_D_21_O3_divulgacao.pdf. Acesso em: 9 maio 2025.

CONSTRUÇÃO E REALIDADE: O REALISMO CIENTÍFICO DE MÁRIO BUNGE E O ENSINO DE CIÊNCIAS ATRAVÉS DE MODELOS. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6725/mod_resource/content/1/Texto_05_-_Construcao_e_realidade.pdf. Acesso em: 9 maio 2024.

CONSEB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA
SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Atlas brasileiro de energia solar**. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2017. Acesso em: 15 maio 2025.

DEPARTMENT OF ENERGY. **How does solar work?** 2023. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/solar/how-does-solar-work>. Acesso em: 20 maio 2025.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 1994.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2007, p. 201.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2011.

DESSALINIZADOR PORTÁTIL CABE EM UMA MALETA E FUNCIONA A ENERGIA SOLAR. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=dessalinizador-portatil-cabe-maleta-funciona-energia-solar&id=010125220503>. Acesso em: 9 maio 2024.

DESSALINIZADOR TERMOSSOLAR PORTÁTIL OPERA SEM ENERGIA DA REDE. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=dessalinizador-termossolar-portatil-opera-sem-energia-rede&id=010125230613>. Acesso em: 9 maio 2024.

DOLZ, Joaquim; NOVERRAZ, Martine; SCHNEUWLY, Bernard. **Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento**. In:

SCHNEUWLY, Bernard; DOLZ, Joaquim (org.). **Gêneros orais e escritos na escola**. Campinas: Mercado de Letras, 2004. p. 95–128.

DOIS PASSOS RUMO AO HIDROGÊNIO EXTRAÍDO DO AR COM ENERGIA SOLAR. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=dois-passos-rumo-hidrogenio-extraido-ar-energia-solar&id=020115230105>. Acesso em: 9 maio 2024.

Efeito fotoelétrico. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR. Acesso em: 18 maio 2025.

Silva, S. C. et al. **EFEITO FOTOVOLTAICO VERSUS EFEITO FOTOELÉTRICO NA ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA**. 2016 Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/36699>. Acesso em: 18 maio 2025.

EINSTEIN, Albert. **Sobre um ponto de vista heurístico relativo à produção e transformação da luz.** *Annalen der Physik*, 1905. (Tradução para o português em diversas edições acadêmicas).

EIXOS. Auren coloca em operação usina solar Sol de Jaíba em Minas Gerais; veja ranking. *epbr*, 24 jan. 2024. Disponível em: <https://epbr.com.br/auren-coloca-em-operacao-usina-solar-sol-de-jaiba-em-minas-gerais-veja-ranking/>. Acesso em: 18 maio 2025.

FOLHA SOLAR DE INSPIRAÇÃO BIOLÓGICA COLETA MAIS ENERGIA E PRODUZ ÁGUA. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=folha-solar-inspiracao-biologica-coleta-mais-energia-produz-agua&id=010115230911>. Acesso em: 9 maio 2024.

FOLHAS AQUÁTICAS ARTIFICIAIS PRODUZEM COMBUSTÍVEL LIMPO COM ENERGIA SOLAR. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=folhas-artificiais-flutuantes-combustivel-limpo-energia-solar&id=010125220818>. Acesso em: 9 maio 2024.

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

GARCIA, R. A. **O clima em áreas limítrofes ao planalto meridional do Espinhaço.** *Revista Brasileira de Climatologia*, Dourados, v. 23, p. 104–121, 2018. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/download/14186/7417/45362>. Acesso em: 21 abr. 2025.

GIANCOLI, Douglas C. ***Física: princípios com aplicações.*** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

GREEN, Martin A. ***Third generation photovoltaics: advanced solar energy conversion.*** Berlin: Springer, 2003.

GUIA PRÁTICO | COMO USAR O MENTIMETER EM SUAS AULAS. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3m73am9LjFw>. Acesso em: 9 maio 2024.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. ***Fundamentos de física. Vol. 3: Eletromagnetismo, óptica e física moderna.*** 7. ed. Belmont: Brooks/Cole Cengage Learning, 2012.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. ***Fundamentos de física. Vol. 2: Eletricidade e magnetismo.*** 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. ***Fundamentos de física: eletromagnetismo, óptica e física moderna.*** Vol. 3. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física. Vol. 4: Óptica e física moderna.** 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HIDROGÊNIO VERDE GERADO COM ENERGIA SOLAR MAIS PRÓXIMO DA REALIDADE. Disponível em:

<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=hidrogenio-verde-gera-energia-solar-mais-proximo-realidade&id=010115231020>. Acesso em: 9 maio 2024.

<https://diariodocomercio.com.br/economia/complexo-solar-de-janauba-e-inaugurado>. Acesso em: 18 maio 2025.

https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2022/11/18/internas_economia,1422896/vale-inicia-operacao-de-megausina-solar-no-norte-de-minas.shtml.

Acesso em: 18 maio 2025.

KUBO, E.; BOTOMÉ, S. P. **Educação e aprendizagem: uma abordagem cognitivista.** Campinas: Autores Associados, 2001.

MACHADO, Nilson José. **Sequência didática e organização do conhecimento escolar.** *Cadernos CEDES*, Campinas, v. 25, n. 65, p. 253–264, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-32622005000200007>. Acesso em: 22 maio 2025.

MANTOVANI, Sergio Roberto. **Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico.** 2020. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2020. Orientadora: Ana Maria Osorio Araya.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Física moderna: dos quanta à estrutura do átomo.** São Paulo: Livraria da Física, 2012.

MICROGERADOR PODE FICAR CARREGADO COM ENERGIA SOLAR POR ATÉ 18 ANOS. Disponível em:

<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=microgerador-ficar-carregado-energia-solar-ate-18-anos&id=010115220428>. Acesso em: 9 maio 2024.

MINICURSO 1 – P1: Prof. Glauco Cohen Pantoja – Fundamentos da pesquisa em ensino de Física. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=TSkwUXiFEgE>. Acesso em: 9 maio 2024.

MINICURSO 1 – P2: Prof. Glauco Cohen Pantoja – Fundamentos da pesquisa em ensino de Física. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=300mdwmk2E4>. Acesso em: 9 maio 2024.

MINICURSO 2 – P1: Prof. Marco Antonio Moreira – A escrita científica.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=d5v9cbwLjSo>. Acesso em: 9 maio 2024.

MINICURSO 2 – P2: Prof. Marco Antonio Moreira – A escrita científica.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=WBHjD-LyAj4>. Acesso em: 9 maio 2024.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>. Acesso em: 18 maio 2025.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teoria da aprendizagem significativa: contribuições para a construção de uma educação científica.** São Paulo: Centauro, 2006.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. **Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”.** *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/y3QT786pHBdGzxcSrtHTb9c/?lang=pt>. Acesso em: 24 fev. 2026.

NOW.SOLAR. Energia solar se torna 85% mais barata em uma década, aponta relatório da IRENA. 2022. Disponível em: <https://now.solar/>. Acesso em: 13 out. 2024.

OLIVEIRA, André Luiz de; HORTA, José Almeida; SILVA, Carlos Henrique. **Atlas solarimétrico de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

ORIGEM DO TERMO FÓTON. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=origem-do-termo-foton>. Acesso em: 9 maio 2024.

OXTOBY, David W.; GILLIS, H. P.; CAMPION, Alan. **Principles of modern chemistry.** Belmont: Brooks/Cole, 2012.

PAINEL FOTORREATOR PRODUZ ELETRICIDADE E QUÍMICOS COM ENERGIA SOLAR. Disponível em:

<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=fotorreator-abre-caminho-futuro-neutro-carbono&id=010115230817>. Acesso em: 9 maio 2024.

PERRENOUD, Philippe. **Construir as competências desde a escola.** Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

PINHEIRO, Ariane Gonçalves. **Abordagem do efeito fotoelétrico no ensino médio: uma sequência didática como estratégia.** 2023. 150 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023. Orientador: Prof. Dr. José Roberto Viana Azevedo.

PORTAL SOLAR. Diferença entre efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico. 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br>. Acesso em: 15 jun. 2025.

PORTAL SOLAR. Efeito fotoelétrico x efeito fotovoltaico: quais as diferenças? 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/efeito-fotoeletrico-efeito-fotovoltaico>. Acesso em: 19 maio 2025.

PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA SOLAR EM FOTOVOLTAICA. Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/mnpef/wp-content/uploads/2023/10/Dissertação-versao-aprovada-pela-banca-Égilo.pdf>. Acesso em: 20 maio 2025.

PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O ESTUDO DOS CONCEITOS FÍSICOS PRESENTES NA EVOLUÇÃO DAS ESTRELAS. Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/mnpef/wp-content/uploads/2022/09/Dissertação-versao-aprovada-pela-banca-Eliene.pdf>. Acesso em: 9 maio 2024.

QUAIS OS TIPOS DE QUESTIONÁRIOS PARA PESQUISA. Disponível em: <https://www.sesamehr.com.br/blog/tipos-questionarios/>. Acesso em: 9 maio 2025.

QUÍMICO COM MERCADO DE US\$ 7 TRILHÕES É PRODUZIDO COM ENERGIA SOLAR. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=peroxido-hidrogenio-produzido-energia-solar&id=010160230315>. Acesso em: 9 maio 2024.

REBOITA, Michelle Simões; RODRIGUES, Marcelo; SILVA, Luiz Felipe; ALVES, Maria Amélia. **Aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais (Climate aspects in Minas Gerais State).** *Revista Brasileira de Climatologia*, [s. l.], v. 17, 2015. DOI: 10.5380/abclima.v17i0.41493. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/41493>. Acesso em: 20 maio 2025.

SAMPERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LÚCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia de pesquisa.** Tradução: Daisy Vaz de Moraes. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, R. C. **Análise preliminar da sucessão de tipos de tempo no norte de Minas Gerais.** *Revista Geonomos*, Belo Horizonte, v. 25, n. 1, p. 1–15, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11491/8229>. Acesso em: 21 abr. 2025.

SCHNEUWLY, Bernard; DOLZ, Joaquim. **Gêneros orais e escritos na escola.** Campinas: Mercado de Letras, 2004.

SILVA, Luciene Fernanda da; ASSIS, Alice. **Física moderna no ensino médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 2.

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL – FORMAS DE ENERGIA. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_all.html?locale=pt_BR. Acesso em: 22 abr. 2025.

SINGH, Jasprit. **Semiconductor devices: basic principles**. Hoboken: Wiley, 2014.

SOUZA, José Ricardo Patrício da Silva. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações para o ensino médio**. 2021. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2021. Orientador: Prof. Dr. Antonio Maia de Jesus Chaves Neto.

SZE, S. M.; NG, K. K. **Physics of semiconductor devices**. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.

TOZONI-REIS, Marília Marçalina Faria de Carvalho. **Temas ambientais como "temas geradores": contribuições para uma metodologia educativa ambiental crítica, transformadora e emancipatória**. Educar em Revista, Curitiba, n. 27, p. 93-110, 2006.

TEXTO – PROBLEMAS E PROBLEMATIZAÇÕES. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/87874/mod_resource/content/2/Problemas_problematizacao.pdf. Acesso em: 9 maio 2024.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para cientistas e engenheiros**. Vol. 3. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

TRANSMISSÃO DE ENERGIA SOLAR DO ESPAÇO SERÁ TESTADA EM DEZEMBRO. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=teste-transmissao-energia-solar-espaco&id=010115221024>. Acesso em: 9 maio 2024.

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA SOLAR. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/vantagens-desvantagens-energia-solar.htm>. Acesso em: 9 maio 2025.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2012.

VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

11.1 APÊNDICE A QUESTIONÁRIO DO TIPO LIKERT



ESCOLA ESTADUAL JOAQUIM DE FREITAS



BIMESTRE	ANO DE ESCOLARIDADE	COMPONENTES CURRICULAR	PROFESSOR
	3º	FÍSICA	Ricardo Breno Barbosa Batista
TURNO	TURMA	DATA	ALUNO(A)
Matutino	3 A	/ / 2024	

Questionário do tipo LIKERT para levantamento de atitudes e opiniões sobre energia solar.

	Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito
Já ouvi falar sobre o efeito fotovoltaico.					
Sei como a luz solar pode ser convertida em energia elétrica.					
Consigo explicar, mesmo que de forma simples, como funcionam os painéis solares.					
Sei a diferença entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico.					
Já estudei sobre energia solar em alguma aula de Física.					
Acredito que a energia solar pode substituir outras fontes de energia no futuro.					
Considero a energia solar uma fonte importante para preservar o meio ambiente.					
Vejo a energia solar como algo acessível para a população da minha região.					
Acredito que o uso da energia solar pode gerar					

benefícios econômicos para comunidades locais.					
Gostaria de aprender mais sobre fontes renováveis de energia, especialmente a solar.					
Sei que o Norte de Minas Gerais tem bom potencial para geração de energia solar.					
Acredito que a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências economicamente viável para a maioria da população da minha região.					
Vejo a energia solar como uma solução viável para suprir as necessidades energéticas da minha comunidade.					
Acredito que a adoção da energia solar pode contribuir para a geração de empregos na região.					
Gostaria que mais conteúdos sobre energia solar fossem trabalhados nas aulas de Física.					



11.2 APÊNDICE B TEXTO TRABALHADO EM SALA DE AULA

ESCOLA ESTADUAL JOAQUIM DE FREITAS TEXTO TRABALHADO EM SALA DE AULA



O EFEITO FOTOELÉTRICO.

Por volta de 1887, o físico Heinrich Hertz (1857-1894), através de experimentos, confirmou pela primeira vez a existência das ondas eletromagnéticas e a teoria de Maxwell sobre a propagação da luz. Hertz descobriu que uma descarga elétrica entre duas esferas de zinco ocorria de maneira muito mais fácil quando uma delas era iluminada por luz ultravioleta. Em outras palavras, o que ele descobriu foi que a luz pode interferir nas propriedades elétricas dos objetos, já que a luz ultravioleta facilitava a descarga elétrica ao fazer com que elétrons fossem emitidos pela superfície do catodo.

Dois anos depois, em 1889, J.J. Thomson (1856-1940) explicou que a emissão de elétrons por uma superfície, quando iluminada por luz apropriada, ocorria porque a luz é uma onda eletromagnética que, ao atingir os átomos da rede cristalina do metal, faz com que os elétrons livres em seu interior passassem a vibrar conforme sua frequência de oscilação; alguns desses elétrons, então, poderiam ganhar energia suficiente para conseguir escapar do metal.

Tempo depois, em 1902, Philipp Lenard (1862-1947) realizou alguns experimentos para certificar se a emissão de elétrons pelo metal estava de acordo com o previsto pela teoria clássica. Ele fez com que luz branca composta por diversos espectros de cores sobre uma placa de dentro de um recipiente de vidro, isolado pelo vácuo. Com isso, foi capaz de medir a velocidade dos elétrons, ao carregar uma segunda placa de metal (receptora) com carga negativa, o que repelia os elétrons emitidos pela placa emissora: assim, apenas os elétrons mais velozes seriam capazes de atingi-la. A Figura representa o diagrama esquemático do aparelho básico para estudar o efeito fotoelétrico.

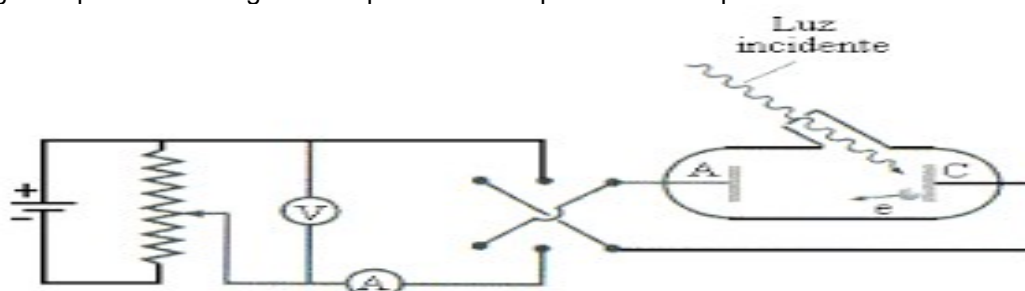


FIGURA - Esquema do aparelho básico para o estudo do efeito fotoelétrico

Segundo as explicações de Thomson, se Lenard aumentasse a intensidade da luz incidente, os elétrons seriam ejetados pela placa emissora com mais energia e, portanto, mais velozes. O fenômeno também deveria ser observado para qualquer frequência de luz, desde que a energia da onda eletromagnética incidente fosse intensa o bastante para arrancar os elétrons da superfície do metal. Mas nada disso foi constatado por Lenard em suas experiências. O que se viu é que quanto se aumentava a intensidade da luz, mais elétrons eram arrancados da placa. Outra observação foi a de que o efeito fotoelétrico, só era observado para frequências acima de um determinado valor que variava para cada tipo de metal utilizado na placa de emissão.

A explicação para efeito fotoelétrico, foi apresentada pelo jovem físico alemão, Albert Einstein (1879-1955), funcionário de um escritório de patentes na Suíça que pesquisava em casa, nas horas vagas. Sob o título “Sobre um ponto de vista heurístico concernindo a geração e a conversão de luz”, Einstein publicou o artigo que conseguiu explicar os resultados obtidos nos experimentos com efeito fotoelétrico, sugerindo que nesse caso a luz não se distribuía continuamente no espaço, mas de forma quantizada como pequenos pulsos, a quem chamou de fóton.

Einstein adotou a ideia de Planck sobre quantização de energia, em que a energia (E) correspondente a cada partícula de luz (fóton) poderia então ser obtida multiplicando-se o valor da frequência (ν) da luz incidente por um valor constante ($6,6260693 \times 10^{-34}$ J.s) que seria então chamada de “Constante de Planck” e representado pela letra (h). Ou seja:

$$E = h \cdot \nu$$

Equação de Planck

Também levou em conta a energia necessária para arrancar os elétrons de uma superfície, chamada função trabalho e representada por (W). Essa energia seria dispersa na superfície cristalina quando houvesse a ejeção de elétrons pelo metal. Segundo as leis de conservação de energia, seria possível então obter o valor da energia cinética (E_c) medida para cada elétron que chegasse à placa receptora, subtraindo-se o valor da função trabalho do metal da energia que o elétron receberia do fóton incidente, de forma que:

$$E_c = h \cdot \nu - W$$

Equação da energia cinética do elétron ejetado

Dessa forma mostrou-se que a energia dos elétrons não dependia da intensidade da luz, mas sim de sua frequência. Se a energia do fóton incidente for menor que a função trabalho do metal, ele não conseguirá arrancar nenhum elétron de sua superfície, ou seja, não ocorre efeito fotoelétrico para luz de baixa frequência. O conceito de fóton com partícula da luz também explica a ejeção imediata de elétrons pelo metal: não há a necessidade de se ficar absorvendo a energia de uma onda eletromagnética até acumular o necessário para escapar do metal; o elétron absorve a energia do fóton de uma única vez.

Segundo Einstein o efeito fotoelétrico ocorre porque a luz é composta por partículas que, incidindo sobre certos metais, levam à emissão de elétrons, cuja energia não depende da intensidade da luz, mas sim de sua frequência.

A ideia a princípio não foi totalmente aceita. Um dos opositores, o físico norte-americano Robert A. Millikan se dedicou a realizar experimentos com o Efeito Fotoelétrico, que pudessem derrubar a teoria proposta por Einstein. Após dez anos de tentativas, Millikan finalmente obteve seus resultados, chegando à conclusão de que Einstein estava correto.

Assim, por explicar o efeito fotoelétrico, Einstein foi agraciado com o Prêmio Nobel da Física em 1921 e Millikan, por seu trabalho, em 1923

Fonte: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/f978b66c-8c0a-46ed-8ed9-1de9961d7a53/content/>
acessado em 30 de outubro de 2024.

11.3 APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



ESCOLA ESTADUAL JOAQUIM DE FREITAS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Espinosa – MG _____ de _____ 2024

Eu Ricardo Breno Barbosa Batista, portador do RG 14600685, CPF 075465436-22 e Matrícula Servidor Público de Minas Gerais (MASP) 1178182-0, residente à Rua Dom Pedro II, Número 89, Bairro São Domingos, Espinosa-MG, Discente do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de física (MNPEF) do programa de Pós-Graduação na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, responsável pelo(a) aluno(a) _____, matriculado na Escola Estadual Joaquim de Freitas, autorizo a participação do(a) mesmo(a) no projeto de Mestrado intitulado APLICAÇÃO DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DO EFEITO FOTOVOLTAICO. Potencial Solarimétrico do Norte de Minas Gerais como Oportunidade de Consolidação de Conceitos, a ser conduzida por Ricardo Breno Barbosa Batista, tendo como Orientador Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Coorientador Prof. Dr. Jorge Ricardo Araujo Kaschny. Sendo que os três momentos pedagógicos estão vinculados às atividades educacionais e consistem num encadeamento de etapas ligadas entre si e tem sido cada vez mais utilizada como recurso pedagógico para tornar o ensino dinâmico, atrativo e motivador. Caso tenha qualquer dúvida ou necessite de mais informações sobre o projeto, estou a disposição para prestar quaisquer esclarecimentos, pelo telefone (38) 99199-8458 ou e-mail ricardo.batista@educacao.mg.gov.br. Se vossa senhoria estiver de acordo, posso garantir que as informações fornecidas serão confidenciais, e os dados utilizados apenas para fins de análises científicas.

Eu _____ fui esclarecido (a) sobre a pesquisa citada acima e concordo que estes dados sejam utilizados na realização da mesma, considerando seu mérito e caráter científico.

Assinatura do Responsável

11.4 APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO E ANUÊNCIA DE GESTOR



ESCOLA ESTADUAL JOAQUIM DE FREITAS

TERMO DE CONSENTIMENTO E ANUÊNCIA DE GESTOR



Espinosa – MG _____ de _____ 2024.

A Direção da Escola Estadual Joaquim de Freitas, situada no município de Espinosa-MG, por meio deste termo, declara estar ciente e de acordo com a realização da pesquisa intitulada:

“Aplicação dos Três Momentos Pedagógicos no ensino do efeito fotovoltaico: potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais como oportunidade de consolidação de conceitos”.

A referida pesquisa será desenvolvida pelo professor e pesquisador Ricardo Breno Barbosa Batista, portador do RG nº 14.600.685, CPF nº 075.465.436-22, MASP nº 1178182-0, discente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), vinculado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), sob orientação do Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro e coorientação do Prof. Dr. Jorge Ricardo Araujo Kaschny.

A pesquisa será realizada com estudantes do Ensino Médio desta instituição, no decorrer das atividades pedagógicas regulares, sem prejuízo ao calendário escolar. A proposta metodológica fundamenta-se nos Três Momentos Pedagógicos, compreendidos como uma abordagem pedagógica crítica, dialógica e contextualizada, amplamente utilizada no ensino de Ciências e Física, cujo objetivo é favorecer a problematização da realidade, a construção coletiva do conhecimento e o desenvolvimento da consciência científica e cidadã dos estudantes.

Esclarece-se que a participação dos estudantes ocorrerá de forma voluntária, mediante autorização dos responsáveis legais, garantindo-se o anonimato, a confidencialidade das informações e a utilização dos dados exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, em conformidade com os princípios éticos da pesquisa em Educação.

A Direção Escolar declara, ainda, que a realização da pesquisa está de acordo com o Projeto Político-Pedagógico da instituição e contribui para o fortalecimento das práticas pedagógicas inovadoras e contextualizadas no ensino de Física.

Por estar de acordo, firma-se o presente Termo de Anuência.

Nome do(a) Diretor(a):

Assinatura do(a) Diretor(a)

11.5 APÊNDICE E - PRODUTO EDUCACIONAL



UESB
Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia



MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 62**

PRODUTO EDUCACIONAL

**APLICAÇÃO DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DO EFEITO
FOTOVOLTAICO: Potencial Solarimétrico do Norte de Minas Gerais como
oportunidade de consolidação de conceitos**

RICARDO BRENO BARBOSA BATISTA

**Produto Educacional submetido ao Programa de
Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF)
Polo 62, da Universidade Estadual do Sudoeste da
Bahia (UESB) como requisito necessário para
obtenção do título de Mestre de Ensino de Física. O
presente trabalho foi realizado com o apoio da
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de
Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de
Financiamento 001.**

**Orientador: Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro
Coorientador: Prof. Dr. Jorge Ricardo Araujo Kaschny**

**Vitória da Conquista
2025**

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: APLICAÇÃO DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DO EFEITO FOTOVOLTAICO: Potencial Solarimétrico do Norte de Minas Gerais como oportunidade de consolidação de conceitos, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 62 – UESB - BA, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Caro(a) professor(a),

Este produto educacional é parte integrante da dissertação intitulada “APLICAÇÃO DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DO EFEITO FOTOVOLTAICO: Potencial Solarimétrico do Norte de Minas Gerais como oportunidade de consolidação de conceitos”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo UESB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

A presente Sequência Didática (SD) de Apoio tem como finalidade contribuir para o ensino e a aprendizagem de conceitos da Física Moderna e Contemporânea, em especial o efeito fotovoltaico, tema de grande relevância científica, tecnológica e ambiental. A proposta foi elaborada a partir da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), que orienta a construção do conhecimento de forma dialógica e significativa, articulando a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento. Segundo Delizoicov e Angotti (1994), essa metodologia *“estrutura o processo de ensino a partir da problematização da realidade, da sistematização dos conhecimentos científicos e de sua aplicação em novas situações”*. Nessa perspectiva, busca-se favorecer uma aprendizagem de caráter crítico e emancipador, compreendida, à luz de Paulo Freire, como um processo dialógico no qual os sujeitos constroem o conhecimento a partir da problematização de sua realidade concreta. Para Freire (1996), aprender não consiste em receber conteúdos prontos, mas em produzir sentidos, por meio da reflexão crítica sobre o mundo vivido, articulando saberes cotidianos e conhecimentos sistematizados em um movimento contínuo de ação e reflexão.

Destinado a professores e estudantes do Ensino Médio, o material propõe uma abordagem contextualizada da conversão de energia solar em energia elétrica, explorando o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais como cenário didático. A SD foi estruturado em linguagem acessível, mas conceitualmente rigorosa, de modo a favorecer a compreensão dos fenômenos envolvidos e a reflexão crítica sobre o uso de fontes renováveis de energia no contexto regional e global.

Este material pode ser utilizado tanto em aulas presenciais quanto em atividades de ensino híbrido ou remoto, sendo passível de adaptação a diferentes realidades escolares. O objetivo principal é incentivar a inserção da Física Moderna no currículo escolar, aproximando a teoria da prática e estimulando o protagonismo discente na construção do conhecimento científico.

Espera-se que este produto educacional inspire outros professores a explorar o ensino da Física a partir de situações reais, favorecendo uma aprendizagem crítica e contextualizada, pautada no diálogo, na problematização da realidade e no desenvolvimento de competências científicas e socioambientais.

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

Atenciosamente,

Ricardo Breno Barbosa Batista

Autor pesquisador

SUMÁRIO

<u>INTRODUÇÃO</u>	7
<u>SEQUÊNCIA DIDÁTICA</u>	9
<u>INÍCIO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL</u>	10
<u>HABILIDADES</u>	11
<u>OBJETIVO GERAL:</u>	12
<u>OBJETIVO ESPECÍFICO:</u>	12
<u>Aula 1 - Explicação sobre a Escala Likert e sua aplicação na pesquisa educacional</u>	12
<u>Aula 2 - Aplicação do Questionário Inicial</u>	12
<u>Aula 3 - Debate sobre o Efeito Fotovoltaico e o Potencial Solar do Norte de Minas</u>	12
<u>DESENVOLVIMENTO DA AULA</u>	13
<u>Aula 1 – Introdução à Escala Likert e sua Aplicação na Pesquisa Educacional</u>	13
<u>Aula 2 – Aplicação do Questionário Diagnóstico Tipo Likert</u>	13
<u>Aula 3 – Debate sobre o Efeito Fotovoltaico e o Potencial Solar do Norte de Minas Gerais</u>	14
<u>2º MOMENTO PEDAGÓGICO – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO</u>	15
<u>Aula 4 – Compreendendo as Diferenças entre o Efeito Fotoelétrico e o Efeito Fotovoltaico: Fundamentos Teóricos e Aplicações Práticas</u>	15
<u>HABILIDADES</u>	16
<u>OBJETIVO GERAL</u>	16
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	16
<u>DESENVOLVIMENTO DA AULA</u>	17
<u>Aulas 5 e 6 - O Funcionamento das Células Fotovoltaicas e os Conceitos de Bandas de Energia</u>	19
<u>HABILIDADES</u>	20
<u>OBJETIVO GERAL</u>	21
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	21
<u>DESENVOLVIMENTO DA AULA</u>	21
<u>INTRODUÇÃO À AULA 6</u>	23
<u>AULA 7 - POTENCIAL SOLARIMÉTRICO DO NORTE DE MINAS GERAIS</u>	23
<u>HABILIDADES</u>	24
<u>OBJETIVO GERAL</u>	24
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	24
<u>DESENVOLVIMENTO DA AULA</u>	25
<u>AULAS 8 E 9 – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO: ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E CONTEXTO REGIONAL</u>	28
<u>HABILIDADES</u>	28
<u>OBJETIVO GERAL</u>	28
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	28
<u>DESENVOLVIMENTO DA AULA 8</u>	29
<u>Terceiro Momento Pedagógico – Aplicação do Conhecimento</u>	29
<u>DESENVOLVIMENTO DA AULA 9</u>	31
<u>AULA 10 - SIMULAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM PAINEL FOTOVOLTAICO: APLICAÇÃO PRÁTICA DOS CONCEITOS</u>	32
<u>HABILIDADES</u>	33
<u>OBJETIVO GERAL</u>	33
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	33

<u>DESENVOLVIMENTO DA AULA</u>	33
<u>AULA 11 - AVALIAÇÃO FINAL: APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO PÓS-ENSINO E</u>	
<u>DISCUSSÃO SOBRE A APRENDIZAGEM</u>	35
<u>HABILIDADES</u>	35
<u>OBJETIVO GERAL</u>	35
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	35
<u>DESENVOLVIMENTO DA AULA</u>	36
<u>ENCERRAMENTO GERAL DA SEQUÊNCIA</u>	37
<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	37
<u>REFERÊNCIAS</u>	39

INTRODUÇÃO

Ensinar Física de modo significativo tem sido um dos grandes desafios enfrentados pelos professores da educação básica. A rapidez das transformações tecnológicas, o avanço das fontes de energia renovável e as demandas por uma formação científica crítica exigem que o ensino vá além da simples transmissão de fórmulas e conceitos prontos. É necessário que o estudante perceba a Física como uma ciência viva, capaz de explicar e transformar o mundo em que vive.

Nesse cenário, o efeito fotovoltaico surge como um tema privilegiado para promover o diálogo entre ciência, tecnologia e sociedade. A conversão direta da luz solar em energia elétrica está presente em residências, escolas e indústrias, tornando-se um exemplo concreto da aplicação dos conhecimentos físicos na vida cotidiana. No entanto, muitos alunos ainda apresentam dificuldade em compreender os princípios que fundamentam esse processo, confundindo-o com o efeito fotoelétrico e, muitas vezes, associando-o apenas a um fenômeno técnico ou distante de sua realidade.

A presente SD foi elaborado para atender a essa necessidade: oferecer aos professores de Física um material que auxilie na abordagem do efeito fotovoltaico de forma contextualizada, investigativa e acessível. A proposta foi estruturada com base na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), problematização inicial, organização e aplicação do conhecimento, que favorece a construção ativa do saber e estimula a autonomia intelectual dos estudantes (Delizoicov; Angotti, 1994). Essa abordagem é potencializada pela perspectiva freiriana de educação, na qual o conhecimento é construído a partir do diálogo, da problematização da realidade vivida e da valorização dos saberes prévios dos educandos, permitindo que novos conhecimentos sejam compreendidos de forma crítica e ganhem sentido ao se articularem com a experiência concreta dos sujeitos (Freire, 1996).

Considerando o contexto regional, o material toma como referência o Potencial Solarimétrico do Norte de Minas Gerais, uma das áreas com maior índice de irradiação solar do país. Essa escolha reforça a importância de relacionar o conteúdo da Física às questões energéticas, ambientais e socioeconômicas locais, permitindo que os alunos compreendam o papel da ciência na busca por soluções sustentáveis para o desenvolvimento da região.

O produto reúne atividades investigativas, leituras orientadas e propostas de experimentação que exploram o efeito fotovoltaico sob diferentes dimensões: conhecimentos da física, social, tecnológica e ambiental. A abordagem foi pensada para favorecer a interdisciplinaridade, integrando conceitos da Física, da Geografia e das Ciências Ambientais, de modo a ampliar a compreensão dos fenômenos e estimular o olhar crítico dos estudantes sobre a relação entre ciência, energia e sociedade.

Mais do que um simples roteiro de aulas, este material configura-se como um instrumento de formação e reflexão docente, convidando o colega professor a adaptar, recriar e contextualizar as atividades conforme as características de sua turma e as condições de sua escola. A intenção é valorizar o papel do educador como mediador do conhecimento e promotor da aprendizagem crítica, estimulando práticas de ensino que despertem a curiosidade, o pensamento científico e a consciência socioambiental dos alunos

Com isso, espera-se contribuir para o fortalecimento do ensino da Física Moderna na educação básica, promovendo a valorização da ciência como instrumento de leitura crítica do mundo e de construção de uma cultura de sustentabilidade e inovação.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O produto educacional (PE) propõe uma abordagem didática inovadora, que busca aproximar os conteúdos da Física Moderna e Contemporânea das experiências cotidianas dos estudantes, tomando o efeito fotovoltaico como eixo integrador entre ciência, tecnologia e sociedade. A proposta foi desenvolvida com base na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), a qual orienta o ensino de maneira a promover o diálogo entre o conhecimento prévio dos alunos e o saber científico sistematizado.

A Sequência Didática foi planejada para oferecer ao professor uma estrutura flexível, capaz de se adequar a diferentes contextos escolares, tempos didáticos e perfis de turma. Suas etapas articulam investigação, sistematização e aplicação dos conceitos, permitindo que o aprendizado ocorra de forma progressiva e significativa.

A organização das atividades segue uma lógica que estimula o estudante a refletir, compreender e aplicar o conhecimento, respeitando o ritmo de cada grupo e valorizando o papel do professor como mediador do processo educativo. Essa estrutura, apresentada no quadro 1, favorece um ensino dinâmico e contextualizado, no qual o estudo da energia solar torna-se também um instrumento para discutir temas ambientais e sociais relacionados ao uso consciente dos recursos naturais.

Quadro 1 - Cronograma de execução da sequência didática.

ENCONTRO	ATIVIDADE	RECURSO	MOMENTO DA SD
1º aula/ 50 minutos	Explicação sobre a escala Likert e sua aplicação na pesquisa educacional.	Apresentação, exemplos de questionário	1º momento
2º aula/ 50 minutos	Aplicação do Questionário inicial para diagnóstico dos conhecimentos dos alunos	Questionário impresso.	1º momento
3º aula/ 50 minutos	Debate sobre o efeito fotovoltaico e o potencial solar do Norte de Minas Gerais.	Perguntas Norteadoras, dados solares do Norte de Minas.	1º momento
4º aula/ 50 minutos	Diferença entre o efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico. (Comparação entre os dois efeitos, explicação teórica e exemplos práticos).	Vídeo demonstrativo, simulação computacional do efeito fotoelétrico PhET e Texto didático.	2º momento
5º aula/ 50 minutos	Explicação aprofundada sobre o efeito fotovoltaico e o funcionamento das células solares.	Vídeo demonstrativo, simulação computacional do	2º momento

		efeito fotovoltaico PhET e texto didático.	
6º aula/ 50 minutos	Explicação sobre bandas de energia e semicondutores.	Slides e vídeos com animações interativas.	2º momento
7º aula/ 50 minutos	O potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais. (Análise de gráficos, mapas solares e discussão sobre a viabilidade do uso da energia solar na região).	Slides e dados solares da região Norte de Minas.	2º momento
8º aula/ 50 minutos	Apresentação de trabalhos. Vantagens e desvantagens da energia fotovoltaica e Diferenças entre o efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico.	Slides e pesquisas dos alunos.	3º momento
9º aula/ 50 minutos	Apresentação de trabalhos. Usinas solares do Norte de Minas Gerais e viabilidade da energia fotovoltaica em residências.	Slides e pesquisas dos alunos.	3º momento
10º aula/ 50 minutos	Simulação do funcionamento de um painel fotovoltaico.	Mine painel fotovoltaico.	3º momento
11º aula/ 50 minutos	Aplicação do questionário Likert pós-ensino para avaliar mudanças na percepção dos alunos mais discussão final.	Questionário Likert com debate final	3º momento

Fonte: Autor (2025).

– problematização inicial

As três primeiras aulas da sequência foram planejadas para introduzir o tema e diagnosticar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre energia solar e o efeito fotovoltaico, estabelecendo as bases para o desenvolvimento das etapas seguintes. Inseridas no primeiro momento pedagógico, a Problematização Inicial, essas aulas têm como foco despertar o interesse dos alunos, identificar concepções prévias e promover o diálogo entre o conhecimento cotidiano e o científico.

Na primeira aula, os alunos são apresentados à escala Likert, instrumento amplamente utilizado em pesquisas educacionais para identificar percepções, atitudes e níveis de concordância sobre determinado tema. Por meio de exemplos e discussões, busca-se familiarizá-los com o formato do questionário e sua finalidade dentro do projeto.

A segunda aula é dedicada à aplicação do questionário inicial, elaborado com base na escala Likert. Essa etapa tem o propósito de diagnosticar o nível de compreensão e as concepções prévias dos estudantes sobre energia fotovoltaica, permitindo ao professor identificar possíveis lacunas conceituais e orientar o planejamento das próximas intervenções.

Na terceira aula, realiza-se um debate orientado sobre o efeito fotovoltaico e o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais, utilizando dados reais e perguntas norteadoras que estimulem a reflexão crítica dos alunos. Essa discussão serve como ponto de partida para relacionar o conteúdo da Física às questões regionais e ambientais, despertando o interesse pela temática e evidenciando a relevância social do uso da energia solar.

Essas três aulas inauguram a sequência de forma dinâmica e investigativa, permitindo que o professor compreenda o perfil da turma, valorize o conhecimento prévio dos alunos e estabeleça um vínculo inicial entre o conteúdo científico e a realidade local, princípios essenciais para o desenvolvimento da aprendizagem significativa e contextualizada.

HABILIDADES

- (EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
- (EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
- (EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

OBJETIVO GERAL:

Diagnosticar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre energia fotovoltaica e seu impacto social, utilizando o questionário tipo Likert e debates orientados. As aulas visam despertar o interesse pelo tema, estimular a reflexão crítica e contextualizar o estudo do efeito fotovoltaico à realidade do Norte de Minas Gerais.

OBJETIVO ESPECÍFICO:**Aula 1 - Explicação sobre a Escala Likert e sua aplicação na pesquisa educacional.**

- Compreender o funcionamento e a finalidade da escala Likert como instrumento de investigação educacional;
- Reconhecer a importância da coleta de dados sobre percepções e concepções dos alunos;
- Preparar os estudantes para responder ao questionário de forma consciente e reflexiva.

Aula 2 - Aplicação do Questionário Inicial.

- Aplicar o questionário do tipo Likert para identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre energia fotovoltaica;
- Levantar percepções e atitudes iniciais em relação ao uso e importância da energia solar;
- Criar um panorama diagnóstico que oriente as próximas etapas da sequência didática.

Aula 3 - Debate sobre o Efeito Fotovoltaico e o Potencial Solar do Norte de Minas.

- Promover a troca de ideias sobre energia solar e suas implicações sociais e ambientais;
- Estimular a reflexão crítica sobre o uso da energia fotovoltaica na região;

- Relacionar o conteúdo científico à realidade local, valorizando o conhecimento prévio dos estudantes.

DESENVOLVIMENTO DA AULA

Aula 1 – Introdução à Escala Likert e sua Aplicação na Pesquisa Educacional

- Duração: 50 minutos;
- Recursos: Quadro, projetor multimídia e exemplos de questionários.

Passo a passo:

- Inicie a aula contextualizando a importância da escuta ativa no processo de ensino-aprendizagem, destacando o valor de compreender as percepções e concepções prévias dos alunos sobre o tema;
- Apresente a escala Likert como um instrumento de pesquisa utilizado para identificar opiniões e níveis de concordância, explicando suas cinco opções de resposta;
- Mostre exemplos de questionários com afirmações sobre energia elétrica, fontes renováveis e energia solar, convidando os alunos a comentar o que pensam sobre cada afirmação;
- Finalize destacando que esse instrumento será usado na aula seguinte para diagnosticar o conhecimento inicial da turma e que suas respostas contribuirão para a construção coletiva do aprendizado.

Aula 2 – Aplicação do Questionário Diagnóstico Tipo Likert

- Duração: 50 minutos;
- Recursos: Questionário impresso.

Passo a passo:

- Distribua o questionário tipo Likert a cada aluno, explicando que não existem respostas certas ou erradas, apenas percepções pessoais sobre o tema (acesse o modelo utilizado no QR Code abaixo);



- Reforce as orientações sobre como marcar as alternativas, revisando brevemente os níveis de concordância (“Discordo muito” a “Concordo muito”);
- Permita um tempo adequado para o preenchimento, circulando entre os alunos para esclarecer dúvidas e garantir a participação de todos;
- Após o término, recolha os questionários e promova uma breve conversa sobre as impressões que tiveram ao responder às afirmações;
- Encerre explicando que os resultados servirão para compreender o que a turma já sabe e o que precisa ser aprofundado nas próximas aulas.

Aula 3 – Debate sobre o Efeito Fotovoltaico e o Potencial Solar do Norte de Minas Gerais.

- Duração: 50 minutos;
- Recursos: Quadro, projetor multimídia e dados do Atlas Solarimétrico de Minas Gerais.

Passo a passo:

- Inicie a aula lembrando o tema da sequência e apresente o objetivo do debate: compreender a importância da energia solar e seu papel na realidade regional;
- Projete os dados reais do Atlas Solarimétrico de Minas Gerais (Oliveira, Horta e Silva - 2016²), mostrando o elevado potencial solar do Norte de Minas;
- Conduza o debate com perguntas norteadoras, como por exemplo:
 - ✓ Por que a energia solar é considerada uma fonte limpa e sustentável?
 - ✓ Quais vantagens e desafios existem para seu uso em nossa região?
 - ✓ Você conhece alguém ou algum local que utilize painéis solares?
- Valorize os relatos e percepções dos estudantes, conectando-os às noções básicas de conversão de energia luminosa em elétrica.
- Finalize a aula destacando como o contexto regional pode servir de ponto de partida para compreender o efeito fotovoltaico e anunciando que nas próximas aulas esse fenômeno será estudado em maior profundidade.

2º MOMENTO PEDAGÓGICO – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO**Aula 4 – Compreendendo as Diferenças entre o Efeito Fotoelétrico e o Efeito Fotovoltaico: Fundamentos Teóricos e Aplicações Práticas.**

- Duração: 50 minutos;
- Recursos: Quadro, projetor multimídia com vídeo demonstrativo e simulação computacional do efeito fotoelétrico PhET.

² É importante salientar que o(a) colega Professor(a) poderá utilizar o Atlas Solarimétrico da sua região, pois assim estará levando em conta a realidade local e regional dos seus estudantes. O Atlas Solarimétrico do Brasil fornece médias diárias e mensais de irradiação para diversas coordenadas, e poderá ser utilizado comparando a irradiação disponível em diferentes regiões do Brasil (como o Nordeste, com $>6,0 \text{ kWh/m}^2$) com a energia elétrica efetivamente gerada por um painel real, discutindo as perdas por calor e limitações dos materiais.

HABILIDADES

- (EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica:
- (EM13CNT104) Avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, bem como o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções para o uso adequado desses materiais e produtos.

OBJETIVO GERAL

Compreender, de forma conceitual e comparativa, as diferenças entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico, reconhecendo seus fundamentos físicos, suas aplicações tecnológicas e sua importância para a geração de energia elétrica sustentável.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explicar o efeito fotoelétrico e sua contribuição para o desenvolvimento da Física Moderna, destacando a explicação de Albert Einstein (1905);
- Identificar o efeito fotovoltaico como fenômeno de conversão direta da luz solar em energia elétrica e compreender o papel dos materiais semicondutores nesse processo;
- Diferenciar os dois efeitos quanto à base física, materiais utilizados, energia envolvida e aplicações práticas;
- Relacionar o conhecimento científico às tecnologias sustentáveis, reconhecendo a importância da energia solar para o contexto ambiental e socioeconômico atual;
- Desenvolver uma visão crítica e contextualizada sobre o uso das radiações e suas aplicações tecnológicas, em consonância com as habilidades EM13CNT103 e EM13CNT104 da BNCC.

DESENVOLVIMENTO DA AULA

- **Abertura e retomada da problematização (5 minutos).** O professor inicia a aula retomando brevemente as discussões da etapa anterior, destacando as dúvidas e curiosidades levantadas pelos estudantes sobre o funcionamento das células solares. Essa retomada tem o propósito de ativar os conhecimentos prévios e situar o aluno no novo momento da sequência, que se concentra na organização teórica do conhecimento;
- **Apresentação teórica do efeito fotoelétrico (10 minutos).** O docente introduz o tema apresentando os fundamentos do efeito fotoelétrico, relacionando-o à Física Moderna e à explicação de Albert Einstein (1905) sobre a emissão de elétrons em superfícies metálicas sob incidência de luz (no Qr Code abaixo o colega Professor poderá acessar um texto didático trabalhado em sala sobre o efeito fotoelétrico).



É exibido um vídeo demonstrativo e, em seguida, a simulação interativa PhET Colorado, Efeito Fotoelétrico, que permite aos alunos visualizar o fenômeno de forma concreta, ajustando parâmetros como intensidade luminosa e frequência. Durante a mediação, o professor destaca que a luz possui natureza corpuscular (fótons) e que a energia desses fótons depende de sua frequência, reforçando o conceito de quantização da energia (nos Qr Codes abaixo o colega interessado terá acesso a um vídeo do Youtube e a página interativa PhET Colorado);



- **Exploração do efeito fotovoltaico (15 minutos).** Após compreender o efeito fotoelétrico, o professor apresenta o efeito fotovoltaico, explicando que se trata da conversão direta da luz solar em energia elétrica por meio de materiais semicondutores, como o silício. A explicação é acompanhada de animações ilustrativas que mostram o funcionamento das junções p-n, o deslocamento dos portadores de carga (elétrons e lacunas) e a geração da corrente elétrica. O docente reforça as diferenças entre os dois fenômenos, destacando que, enquanto o efeito fotoelétrico envolve a emissão de elétrons para fora do material, o efeito fotovoltaico trata da movimentação interna desses elétrons, resultando em corrente elétrica contínua. Para tornar a explicação mais concreta, o professor apresenta uma mini placa solar conectada a um pequeno dispositivo, demonstrando sua conversão de luz em energia;

- **Construção coletiva da tabela comparativa (10 minutos)** O professor projeta ou escreve no quadro, a exemplo do Quadro 2 abaixo, o comparativo entre o Efeito Fotoelétrico e o Efeito Fotovoltaico, conduzindo os alunos na identificação das principais diferenças e semelhanças. Os aspectos abordados incluem: base física, materiais utilizados, energia da luz e aplicações práticas. Essa sistematização tem o objetivo de organizar o conhecimento de forma lógica, favorecendo a aprendizagem significativa (Ausubel, 2003) ao conectar novos conceitos às ideias mobilizadas na fase de problematização.

Quadro 2 – Comparativo do efeito fotoelétrico com o efeito fotovoltaico.

ASPECTO	EFEITO FOTOELÉTRICO	EFEITO FOTOVOLTAICO
Base Física	Emissão de elétrons	Geração de corrente elétrica
Material utilizado	Metais	Semicondutores
Energia da Luz	Arranca elétrons.	Movimenta elétrons internamente
Aplicação	Sensores	Geração de energia elétrica (painéis solares)

Fonte: Autor (2024).

- **Encerramento e sistematização final (10 minutos)** O professor realiza uma breve síntese oral, reforçando os principais conceitos e a importância desses fenômenos para o desenvolvimento tecnológico contemporâneo. É proposta uma reflexão sobre como a compreensão do efeito fotovoltaico contribui para o uso consciente da energia e para o avanço das tecnologias sustentáveis. Por fim, o professor retoma as habilidades da BNCC (EM13CNT103 e EM13CNT104), destacando como elas se relacionam à discussão dos impactos e benefícios do uso das radiações e das fontes de energia limpa.

Aulas 5 e 6 - O Funcionamento das Células Fotovoltaicas e os Conceitos de Bandas de Energia.

- Duração total: 2 aulas de 50 minutos (100 minutos);
- Recursos: Vídeos demonstrativos, simulação PhET sobre condutividade dos materiais (vide Qr code abaixo), slides com diagramas de bandas de energia e quadro. A simulação Condutividade do PhET Colorado aborda a teoria das bandas de forma introdutória, permitindo visualizar os níveis de energia, a diferença entre condutores e isolantes, e a excitação de elétrons em fotocondutores. A

ferramenta compara materiais como metais e plásticos, ilustrando como a sobreposição de bandas ou a presença de um gap de energia afeta a condutividade. Para um estudo mais aprofundado, o PhET oferece a simulação Estrutura de Bandas³, focada na formação das bandas a partir de redes cristalinas, porém essa ferramenta requer o conhecimento de função de onda para ser melhor aproveitado. Acesse a simulação de condutividade em PhET no Qr Code abaixo.



HABILIDADES

- (EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica;
- (EM13CNT104) Avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos;
- (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar

³ Estrutura de Bandas PhET Corolado – disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulations/band-structure>.

modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;

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

OBJETIVO GERAL

Compreender o funcionamento das células solares fotovoltaicas a partir dos conceitos de bandas de energia e materiais semicondutores, identificando os processos físicos envolvidos na conversão da luz solar em eletricidade e reconhecendo sua importância tecnológica e ambiental no contexto atual.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explicar o princípio de funcionamento das células solares, reconhecendo as etapas de absorção da luz, excitação eletrônica e geração de corrente elétrica;
- Identificar os principais componentes de uma célula fotovoltaica e os fatores que influenciam sua eficiência, como tipo de material e intensidade luminosa;
- Definir e diferenciar os conceitos de banda de valência, banda de condução e banda proibida (gap) nos materiais sólidos;
- Distinguir condutores, semicondutores e isolantes a partir de seus diagramas de energia;
- Relacionar a energia dos fótons à movimentação dos elétrons em semicondutores, compreendendo o papel da junção p-n na geração da corrente elétrica;
- Reconhecer a importância da energia solar fotovoltaica como alternativa sustentável de geração elétrica, articulando fundamentos científicos e implicações socioambientais.

DESENVOLVIMENTO DA AULA

- **(Abertura da Aula 5 – Problemática introdutória – 5 minutos).** O professor inicia retomando os conceitos discutidos nas aulas anteriores, destacando as

diferenças entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico. Em seguida, apresenta o problema norteador:

- “Como a luz solar se transforma em eletricidade nos painéis solares?”

Explicação teórica e vídeo introdutório (10 minutos). Apresentação teórica sobre o funcionamento das células fotovoltaicas, explicando a estrutura básica do módulo solar e a função das camadas semicondutoras. É exibido um vídeo ilustrativo que mostra o processo de conversão da luz em eletricidade (vide Qr code abaixo), destacando a trajetória dos elétrons e o papel da luz como agente excitador.



- **Simulação PhET – Efeito Fotovoltaico (20 minutos)** Os alunos exploram a simulação Condutividade do PhET Colorado, observando o comportamento da corrente elétrica ao alterar variáveis como intensidade da luz, tipo de material e temperatura. O professor orienta a discussão sobre a relação entre a energia dos fótons e a geração de corrente elétrica, conduzindo reflexões sobre eficiência e sustentabilidade.
- **Síntese e registro (15 minutos).** Os principais conceitos são organizados coletivamente no quadro, enfatizando o papel dos fótons, elétrons e

junções semicondutoras. O professor finaliza destacando a importância da energia solar como solução tecnológica limpa e sustentável.

INTRODUÇÃO À AULA 6 - RETOMADA CONCEITUAL (5 MINUTOS)

Retoma-se o funcionamento das células solares para introduzir o estudo das bandas de energia e da natureza dos materiais semicondutores.

- **Apresentação teórica - Bandas de Energia (15 minutos).** Com apoio de slides e diagramas ilustrativos, o professor explica os conceitos de banda de valência, banda de condução e banda proibida, destacando as diferenças entre condutores, semicondutores e isolantes. O conteúdo é contextualizado com o comportamento elétrico do silício, elemento central das células fotovoltaicas;
- **Animação e discussão interativa (20 minutos).** Exibição de um vídeo animado que mostra a junção p-n e o movimento dos portadores de carga quando o semicondutor é iluminado. O professor conduz uma discussão com perguntas orientadoras, como:
 - “Por que apenas certos materiais conduzem quando iluminados?”
 - “Qual a importância da energia do fóton em relação ao gap do material?”
- **Síntese e fechamento (10 minutos).** O professor realiza uma síntese final integrando os conceitos das duas aulas:
 - A luz solar fornece energia para deslocar elétrons entre bandas;
 - A junção p-n direciona esse movimento, produzindo corrente elétrica;
 - A eficiência depende da estrutura do material e das condições de iluminação.

Conclui destacando a relevância científica e ambiental das tecnologias fotovoltaicas e incentivando os alunos a refletirem sobre sua aplicação na realidade local.

AULA 7 - POTENCIAL SOLARIMÉTRICO DO NORTE DE MINAS GERAIS.

- Duração total: 1 aula de 50 minutos;

- Recursos: Slides com mapas e gráficos do Atlas Solarimétrico de Minas Gerais (Oliveira; Horta; Silva, 2016), mapa hipsométrico (USGS), projeção multimídia, tabela solarimétrica com dados regionais, quadro branco e marcadores coloridos.

HABILIDADES

- (EM13CNT101) analisar e interpretar dados representados em diferentes linguagens, reconhecendo a importância da comunicação científica;
- (EM13CNT103) Discutir o papel da ciência e da tecnologia na resolução de problemas e na promoção do desenvolvimento sustentável;
- (EM13CNT104) Avaliar as interações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, considerando aspectos éticos e econômicos;
- (EM13CNT307) Propor soluções sustentáveis para a geração e o consumo de energia, considerando o uso racional dos recursos naturais.

OBJETIVO GERAL

Compreender o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais por meio da análise de mapas, gráficos e dados climáticos reais, articulando o conhecimento científico sobre o efeito fotovoltaico com a realidade geográfica e socioeconômica regional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Interpretar mapas e gráficos referentes à radiação solar, temperatura e precipitação da região norte de Minas Gerais;
- Relacionar fatores geoclimáticos, como relevo e clima, ao potencial energético regional;
- Reconhecer o papel da Serra do Espinhaço como elemento que influencia a insolação e o regime de chuvas;
- Analisar dados solarimétricos para avaliar a viabilidade da energia solar na região;

- Discutir desafios e oportunidades para a expansão de projetos fotovoltaicos locais;
- Desenvolver habilidades de leitura crítica de dados científicos e tecnológicos.

DESENVOLVIMENTO DA AULA

- **Introdução e retomada conceitual (5 minutos).**

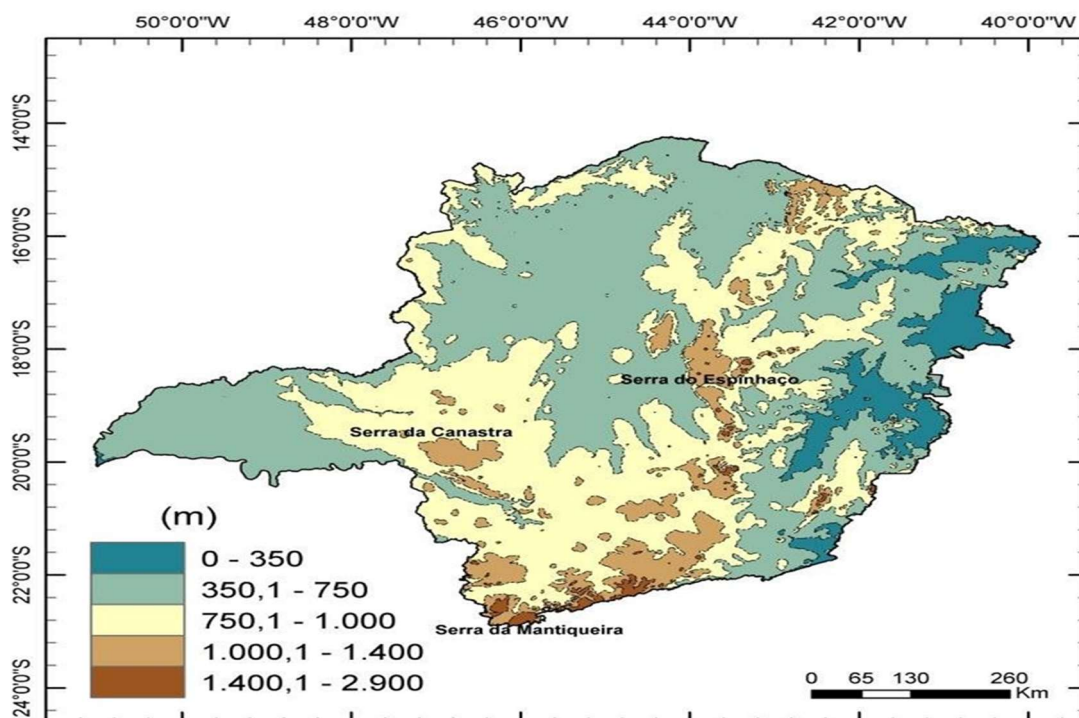
O professor inicia a aula retomando os conceitos trabalhados nas aulas anteriores sobre o efeito fotovoltaico e o funcionamento das células solares. Em seguida, lança a questão norteadora:

- “Por que o Norte de Minas é uma das regiões mais promissoras para a geração de energia solar no Brasil?”

Essa provocação estimula os alunos a relacionarem os conteúdos de física com aspectos regionais e socioeconômicos.

- **Apresentação e leitura de mapas (15 minutos).**
 - Exibição do Mapa Hipsométrico de Minas Gerais (USGS), destacando as Serras da Canastra, do Espinhaço e da Mantiqueira (vide figura abaixo);

Figura - Mapa hipsométrico (metros) do estado de Minas Gerais.



Mapa hipsométrico (metros) do estado de Minas Gerais, com indicações das serras da Canastra, do Espinhaço e da Mantiqueira. Dados obtidos do United States Geological Survey (USGS).

- O professor explica a influência da Serra do Espinhaço como barreira natural às frentes frias, contribuindo para o clima seco e ensolarado do norte do estado;
 - Apresentação de mapas temáticos do Atlas Solarimétrico de (Oliveira; Horta; Silva, 2016), indicando as áreas de maior incidência solar, com valores médios de 5,5 a 6,0 kWh/m²/dia;
 - Orientação para a leitura das legendas, escalas e gradientes de cor, promovendo a alfabetização científica visual dos estudantes.
- **Interpretação dos mapas e análise dos dados solarimétricos (20 minutos).**
- O docente orienta a leitura das legendas, escalas e gradientes de cor, explicando como esses elementos indicam áreas de maior potencial energético no estado. Na sequência, apresenta o Quadro 03, contendo dados médios de irradiação solar de Espinosa, Jaíba, Janaúba e Montes Claros, comentando como os valores variam conforme localização, altitude e relevo. O professor destaca as relações entre radiação solar, temperatura, precipitação e altitude,

discutindo como esses fatores favorecem o aproveitamento da energia solar. Durante a explicação, promove uma reflexão guiada por perguntas:

- “Quais características naturais explicam o alto potencial solar do Norte de Minas?”
- “Como essas informações justificam a instalação de usinas fotovoltaicas na região?”

Essa análise integrada dos mapas e dados reais permite que os estudantes compreendam de forma contextualizada o potencial solarimétrico regional, consolidando o vínculo entre os conceitos físicos e a realidade geográfica em que vivem.

Quadro 3 - Dados médios de irradiação solar:

Mesorregiões	Média Anual (kWh/kWp)	Média Anual - PR
Norte	1489	0,8
Noroeste	1469	0,8
Central de Minas	1407	0,8
Triângulo Mineiro	1400	0,8
Jequitinhonha	1364	0,79
Oeste	1341	0,79
Mucuri	1323	0,79
Metro BH	1322	0,79
Rio Doce	1309	0,8
Sul/Sudoeste	1287	0,79
Campo das Vertentes	1279	0,78
Zona da Mata	1258	0,79
Média Anual Estado MG	1354	0,79

Fonte: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/03/atlas-solarimetrico-vol-i-mg.pdf>

- **Sistematização e síntese final (10 minutos).** O professor realiza uma explanação conclusiva retomando os principais conceitos discutidos durante a aula, promovendo a consolidação do conhecimento adquirido.
 - As condições geográficas e climáticas que favorecem a geração de energia solar;
 - O papel da Serra do Espinhaço na formação do clima regional;
 - A importância dos dados solarimétricos para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos;
 - São apresentados exemplos reais, como os complexos Sol do Cerrado (Vale S.A.) e Sol de Jaíba (Auren Energia), reforçando a aplicabilidade do tema e seu impacto econômico e social.

AULAS 8 E 9 – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO: ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E CONTEXTO REGIONAL

- Duração total: 2 aulas de 50 minutos (100 minutos)
- Recursos: Computador, projetor multimídia, slides produzidos pelos alunos, quadro branco, mapas e gráficos regionais, dados das usinas solares do Norte de Minas.

HABILIDADES

- (EM13CNT101) Analisar transformações e aplicações energéticas sustentáveis, relacionando-as a fenômenos físicos;
- (EM13CNT103) Discutir o papel da ciência e da tecnologia na resolução de problemas e na promoção do desenvolvimento sustentável;
- (EM13CNT104) Avaliar as implicações éticas, sociais e ambientais das tecnologias energéticas;
- (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses e interpretar informações científicas em contextos reais;
- (EM13CNT307) Avaliar materiais e tecnologias aplicáveis à realidade local, considerando sustentabilidade e viabilidade.

OBJETIVO GERAL

Aplicar os conhecimentos construídos ao longo da sequência didática sobre o efeito fotovoltaico e o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais, por meio da apresentação e análise de trabalhos de pesquisa que demonstrem compreensão crítica, contextualizada e interdisciplinar dos conteúdos científicos e tecnológicos estudados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Expor, de forma fundamentada, as vantagens e desvantagens do uso da energia solar fotovoltaica;

- Comparar conceitualmente os efeitos fotoelétrico e fotovoltaico, reconhecendo suas diferenças físicas e tecnológicas;
- Investigar e apresentar informações sobre as usinas solares do Norte de Minas e seu impacto socioeconômico;
- Analisar a viabilidade da energia fotovoltaica em residências da região, considerando fatores técnicos e econômicos;
- Desenvolver habilidades de argumentação, comunicação científica e pensamento crítico;
- Relacionar conceitos de Física Moderna com aplicações tecnológicas sustentáveis e com a realidade local.

DESENVOLVIMENTO DA AULA 8 (50 MINUTOS)

Terceiro Momento Pedagógico – Aplicação do Conhecimento

- Introdução e organização das apresentações (5 minutos). O professor apresenta os objetivos da aula e explica o formato das apresentações, reforçando a importância da socialização do conhecimento como etapa final da sequência didática;
 - Os grupos são orientados quanto ao tempo de exposição e à necessidade de utilizar uma linguagem científica, clara e fundamentada;
- **Apresentações dos grupos.**
 - **Tema 1: Vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica (20 minutos)**

Os grupos apresentam pesquisas realizadas sobre os aspectos positivos e desafios do uso da energia solar, destacando:

- **Vantagens:**
 - Fonte limpa e renovável;
 - Redução nos custos da conta de energia;
 - Baixo impacto ambiental;
 - Potencial de geração distribuída, especialmente em regiões de alta insolação.
- **Desvantagens:**
 - Alto custo inicial de instalação;

- Dependência das condições climáticas;
- Dificuldades no armazenamento de energia;
- Necessidade de políticas públicas eficazes para democratizar o acesso.

O professor atua como mediador, orientando a argumentação dos alunos e incentivando a relação entre as informações apresentadas e a realidade regional.

• **Tema 2: Diferenças conceituais e funcionais entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico (20 minutos)**

Os alunos comparam os dois fenômenos da Física Moderna:

- Efeito fotoelétrico: emissão de elétrons em metais pela incidência de luz (Hertz, Einstein, 1905), aplicado em sensores e câmeras digitais;
- Efeito fotovoltaico: geração de corrente elétrica em semicondutores dopados, a partir da luz solar, baseando-se na formação de junções p-n.

Durante as apresentações, os estudantes utilizam slides, analogias e esquemas visuais para ilustrar os fenômenos. O professor realiza uma explanação complementar, relacionando os conceitos abordados às aplicações tecnológicas atuais, especialmente aos sistemas fotovoltaicos.

• **Explicação e reflexão final (5 minutos)**

O professor encerra a aula com uma breve explicação integradora, destacando:

- As relações entre teoria e prática observadas nas apresentações;
- A importância do conhecimento físico para compreender as tecnologias sustentáveis;
- O papel da energia solar no desenvolvimento econômico e ambiental.

Perguntas orientadoras são lançadas para reflexão:

- “De que forma o efeito fotovoltaico se baseia no efeito fotoelétrico, mas se diferencia em sua aplicação prática?”

- “Como a compreensão desses fenômenos pode contribuir para o avanço de tecnologias energéticas sustentáveis?”

DESENVOLVIMENTO DA AULA 9 (50 MINUTOS)

Terceiro Momento Pedagógico – Aplicação do Conhecimento

- Abertura e contextualização (5 minutos). O professor apresenta os temas da nona aula, reforçando o objetivo de conectar os conhecimentos científicos à realidade regional.
- Os alunos são estimulados a observar como a Física pode explicar fenômenos presentes no desenvolvimento econômico e energético do Norte de Minas Gerais.
- Apresentações dos grupos – Segunda Parte.

Tema 3: As usinas solares do Norte de Minas Gerais (20 minutos)

Os alunos apresentam pesquisas sobre as principais usinas solares da região, como o Complexo Sol do Cerrado (Vale S.A.) e o Sol de Jaíba (Auren Energia), abordando:

- Condições geográficas e climáticas favoráveis à instalação das usinas;
- Impactos econômicos e sociais: geração de empregos, atração de investimentos e diversificação da matriz energética;
- Desafios enfrentados: custos de infraestrutura, dependência de incentivos públicos e impactos ambientais locais.

O professor complementa com dados atualizados sobre a produção energética da região e reforça a importância desses projetos para o desenvolvimento sustentável.

Tema 4: A viabilidade da energia fotovoltaica em residências da região (20 minutos)

As apresentações abordam estudos sobre a instalação de sistemas fotovoltaicos domésticos, incluindo:

- Custos iniciais e tempo de retorno do investimento;
- Eficiência e manutenção dos sistemas;
- Benefícios ambientais e econômicos;

- Barreiras de acesso, como falta de incentivo governamental e conhecimento técnico.

Os grupos propõem soluções possíveis, como cooperativas solares, geração compartilhada e programas de financiamento público. O professor reforça o papel da ciência e da educação como instrumentos de transformação social e tecnológica.

- **Explicação e reflexão final (5 minutos)**

O professor conduz uma explicação conclusiva, relacionando os conteúdos das duas aulas:

- A interconexão entre ciência, tecnologia, sociedade e sustentabilidade;
- O potencial do Norte de Minas para a expansão das energias renováveis;
- A importância do protagonismo estudantil na construção de uma consciência energética crítica.

Perguntas norteadoras para reflexão coletiva:

- “Por que o Norte de Minas, mesmo com tanto sol, ainda é pouco explorado energeticamente?”
- “Como os estudantes e a comunidade escolar podem ser agentes de transformação dessa realidade?”
- “Qual é o papel da educação científica na promoção da justiça energética?”

AULA 10 - SIMULAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM PAINEL FOTOVOLTAICO: APLICAÇÃO PRÁTICA DOS CONCEITOS.

- Duração: 50 minutos;
- Recursos: Mini painel fotovoltaico, fios condutores, LED, motor DC, voltímetro, fonte de luz artificial (lâmpada ou lanterna).

HABILIDADES

- (EM13CNT103) Aplicar conhecimentos sobre radiações e transformações de energia em diferentes contextos tecnológicos, compreendendo suas potencialidades e riscos;
- (EM13CNT301) Interpretar resultados experimentais e construir explicações científicas a partir da observação de fenômenos físicos;
- (EM13CNT307) Avaliar a adequação de materiais e tecnologias de conversão energética em contextos locais e regionais.

OBJETIVO GERAL

Vivenciar, de forma prática e visual, o funcionamento de sistemas que utilizam energia solar fotovoltaica, consolidando a compreensão dos conceitos de semicondutores, junção p-n e conversão de energia luminosa em elétrica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Observar a conversão direta da energia solar em energia elétrica por meio de dispositivos reais;
- Identificar os componentes básicos de um sistema fotovoltaico e suas funções;
- Relacionar os fenômenos observados ao efeito fotovoltaico e à teoria dos semicondutores;
- Refletir sobre a aplicação da energia solar em contextos cotidianos e regionais;
- Reconhecer a importância da energia solar como fonte limpa e sustentável.

DESENVOLVIMENTO DA AULA

- **Abertura e contextualização (5 minutos).** O professor inicia a aula retomando brevemente os conceitos estudados sobre o efeito fotovoltaico e o potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais, explicando que a aula consistirá em uma demonstração prática de sistemas que funcionam por energia solar.

- **Demonstração prática (25 minutos).** O professor apresenta um mini painel fotovoltaico em funcionamento, conectado a dois dispositivos distintos:
 - Uma bomba d'água, que passa a funcionar ao ser alimentada pela energia solar;
 - Um carrinho movido a energia solar, que se desloca mediante a conversão direta da luz em energia elétrica.

Durante as demonstrações, os alunos observam atentamente o funcionamento dos dispositivos, analisando como a luz incidente no painel é convertida em energia elétrica capaz de gerar movimento.

O professor orienta a observação e conduz a discussão com perguntas problematizadoras:

- “O que permite que o painel transforme a luz em eletricidade?”
 - “Qual seria o impacto da intensidade luminosa sobre o desempenho do painel?”
 - “Como essa tecnologia pode ser aplicada no contexto da nossa região?”
- **Discussão coletiva (15 minutos).** Após as apresentações, os alunos são convidados a comentar suas observações, levantando hipóteses e explicações. O professor retoma os conceitos de junção p-n, movimentação de elétrons e lacunas e geração de corrente elétrica, relacionando-os à prática observada. A discussão também abrange aspectos sociais e ambientais, como o aproveitamento da energia solar em zonas rurais e a redução de impactos ambientais, reforçando a conexão entre ciência, tecnologia e sustentabilidade.
- **Fechamento (5 minutos).** O docente realiza uma síntese oral destacando que o experimento representa, de forma concreta, o efeito fotovoltaico em ação. Enfatiza a importância da energia solar como alternativa viável e sustentável para o Norte de Minas, encerrando o ciclo dos Três Momentos Pedagógicos com uma atividade de grande impacto visual e conceitual.

AULA 11 - AVALIAÇÃO FINAL: APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO PÓS-ENSINO E DISCUSSÃO SOBRE A APRENDIZAGEM

- Duração: 50 minutos;
- Recursos: Questionário tipo Likert (versão pós-intervenção), quadro, projetor e registros das aulas anteriores.

HABILIDADES

- (EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos digitais, transformações e conservações em sistemas que envolvem energia, avaliando o uso sustentável dos recursos naturais;
- (EM13CNT301) Interpretar resultados experimentais e construir explicações científicas sobre fenômenos observados durante o processo de ensino-aprendizagem;
- (EM13CNT307) Avaliar criticamente o uso de tecnologias de conversão energética, considerando aspectos econômicos, ambientais e sociais.

OBJETIVO GERAL

Consolidar a aprendizagem dos estudantes sobre os conceitos de efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico, promovendo a diferenciação entre ambos e a compreensão de sua aplicabilidade prática no contexto regional do Norte de Minas Gerais. Além disso, avaliar as mudanças nas percepções e atitudes dos alunos após a vivência da sequência didática, por meio da reaplicação do questionário tipo Likert e da discussão final.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar o questionário tipo Likert pós-ensino para identificar avanços conceituais e mudanças de percepção;
- Comparar as respostas atuais com as do questionário inicial, refletindo sobre o processo de aprendizagem;
- Promover a autoavaliação dos estudantes quanto ao desenvolvimento de novos conhecimentos sobre o efeito fotovoltaico;

- Estimular o pensamento crítico sobre o papel da energia solar na sociedade e no contexto regional;
- Encerrar a sequência didática com uma reflexão coletiva sobre a importância da ciência, da tecnologia e da sustentabilidade.

DESENVOLVIMENTO DA AULA

- **Abertura e contextualização (5 minutos)** O professor inicia a aula lembrando o percurso da sequência didática, desde a problematização inicial até a simulação prática, destacando o objetivo da aula final: avaliar o aprendizado e as mudanças nas percepções sobre o tema. Explica que será reaplicado o mesmo questionário tipo Likert utilizado na aula 2, permitindo comparar os resultados e analisar os avanços alcançados;
- **Aplicação do questionário pós-ensino (25 minutos).** O docente distribui o questionário impresso e reforça as instruções sobre o preenchimento. Ressalta que as respostas devem refletir o que os alunos pensam agora, após todo o processo de estudo e experimentação. Durante o preenchimento, o professor permanece disponível para esclarecer dúvidas e garantir a participação de todos;
- **Discussão final e reflexão coletiva (15 minutos).** Após a aplicação, o professor conduz um debate aberto, estimulando os alunos a expressarem suas percepções sobre a sequência. Perguntas norteadoras podem ser utilizadas, como por exemplo:
 - “O que vocês aprenderam sobre o funcionamento e a importância da energia solar?”
 - “Algo mudou na forma como enxergam o uso de painéis fotovoltaicos em nossa região?”
 - “Quais foram as atividades mais marcantes ou significativas para vocês?”

As respostas e comentários são valorizados como parte do processo avaliativo qualitativo, permitindo identificar aprendizagens significativas e mudanças de atitude.

- **Encerramento (5 minutos).** O professor encerra agradecendo a participação da turma e reforçando a importância de utilizar o conhecimento científico em favor do desenvolvimento sustentável. Explica que as respostas serão analisadas de forma conjunta para compor a avaliação final da sequência e que os resultados também servirão para aprimorar futuras práticas de ensino.

ENCERRAMENTO GERAL DA SEQUÊNCIA

A Aula 11 representa o fechamento da sequência didática fundamentada no Três Momentos Pedagógicos. Por meio da reaplicação do questionário e da reflexão coletiva, consolida-se o ciclo de ensino-aprendizagem, evidenciando que os alunos compreenderam, de forma crítica e contextualizada, o efeito fotovoltaico e sua relevância social e ambiental. Essa etapa final confirma a importância da metodologia empregada para a construção de uma aprendizagem crítica, dialógica e contextualizada, na qual os estudantes se reconhecem como sujeitos do processo educativo, capazes de interpretar, questionar e transformar a realidade, em consonância com a perspectiva freiriana de formação cidadã e comprometida com a sustentabilidade (Freire, 1996).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente produto educacional foi elaborado com o intuito de auxiliar professoras e professores de Física na abordagem do tema efeito fotovoltaico, explorando o contexto do potencial solarimétrico do Norte de Minas Gerais como elemento de aproximação entre teoria e prática. As atividades propostas, fundamentadas na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, possibilitam que o estudante participe ativamente do processo de construção do conhecimento, desenvolvendo competências científicas, críticas e socioambientais.

A sequência de atividades, composta por experimentos, simulações computacionais, pesquisas e debates, favorece uma aprendizagem crítica, na medida em que conecta o conteúdo físico à realidade regional dos alunos. O uso de simulações como as do *PhET Colorado*, aliado a experimentos simples com mini painéis solares,

demonstrou ser uma estratégia eficiente e acessível para escolas que enfrentam limitações de infraestrutura laboratorial.

Espera-se que este produto sirva de guia prático e inspirador para outros docentes, oferecendo alternativas para o ensino de conceitos de energia, eletricidade e radiação solar de forma interdisciplinar e contextualizada. O material pode ser facilmente adaptado a diferentes realidades escolares, seja em turmas do ensino médio regular, na Educação de Jovens e Adultos (EJA) ou em projetos interdisciplinares de ciências.

Além disso, as atividades propostas possibilitam o desenvolvimento de temas contemporâneos relacionados à sustentabilidade, eficiência energética e uso consciente dos recursos naturais, ampliando a compreensão dos estudantes sobre o papel da ciência na transformação social e ambiental.

Recomenda-se que os(as) professores(as) interessados(as) em aplicar este produto realizem ajustes conforme o nível da turma, o tempo disponível e os recursos da escola. A abordagem pode ser ampliada com a inserção de novos experimentos, visitas técnicas a usinas fotovoltaicas, ou debates sobre políticas públicas de incentivo às energias renováveis.

Em síntese, este produto educacional representa uma proposta didática que alia conceitos científicos, práticas experimentais e reflexão crítica, contribuindo para o ensino de Física de forma mais atrativa, contextualizada e socialmente relevante. Sua aplicação em sala de aula reforça o compromisso com uma educação transformadora, capaz de despertar nos estudantes a curiosidade científica e a consciência sobre as potencialidades energéticas e ambientais de sua região.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 13 out. 2024.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 1994.

EFEITO FOTOELÉTRICO. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR. Acesso em: 18 maio 2025.

EFEITO FOTOVOLTAICO VERSUS EFEITO FOTOELÉTRICO NA ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/36699>. Acesso em: 18 maio 2025.

EINSTEIN, Albert. **Sobre um ponto de vista heurístico relativo à produção e transformação da luz**. *Annalen der Physik*, 1905. (Tradução para o português em diversas edições acadêmicas).

EIXOS. **Auren coloca em operação usina solar Sol de Jaíba em Minas Gerais; veja ranking**. *epbr*, 24 jan. 2024. Disponível em: <https://epbr.com.br/auren-coloca-em-operacao-usina-solar-sol-de-jaiba-em-minas-gerais-veja-ranking/>. Acesso em: 18 maio 2025.

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

MAPA HIPSOMÉTRICO (METROS) DO ESTADO DE MINAS GERAIS, com indicações das serras da Canastra, do Espinhaço e da Mantiqueira. Dados obtidos do *United States Geological Survey (USGS)*.

OLIVEIRA, André Luiz de; HORTA, José Almeida; SILVA, Carlos Henrique. **Atlas solarimétrico de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

PORTAL CEMIG. **Atlas solarimétrico de Minas Gerais – Volume I**. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/03/atlas-solarimetrico-vol-i-mg.pdf>. Acesso em: 18 maio 2025.

PORTAL DIÁRIO DO COMÉRCIO. **Complexo solar de Janaúba é inaugurado**. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/complexo-solar-de-janauba-e-inaugurado>. Acesso em: 18 maio 2025.

PORTAL ESTADO DE MINAS. ***Vale inicia operação de megafusina solar no Norte de Minas.*** Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2022/11/18/internas_economia,1422896/vale-inicia-operacao-de-megafusina-solar-no-norte-de-minas.shtml. Acesso em: 18 maio 2025.