



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA



SANTIAGO MAIA GIL

CONCEITOS E APLICAÇÕES DA ENERGIA SOLAR PARA O ENSINO MÉDIO

FEIRA DE SANTANA
2023



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA



SANTIAGO MAIA GIL

CONCEITOS E APLICAÇÕES DA ENERGIA SOLAR PARA O ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Astronomia – Mestrado Profissional, do Departamento de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Astronomia.

Orientador: Prof. Dr. Germano Pinto Guedes

Coorientador: Prof. Dr. Marildo Geraldete Pereira

FEIRA DE SANTANA

2023

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

G392c Gil, Santiago Maia

Conceitos e aplicações da energia solar para o Ensino Médio / Santiago
Maia Gil. – 2023.

118 f.: il.

Orientador: Germano Pinto Guedes.

Coorientador: Marildo Geraldete Pereira.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Estadual de Feira de
Santana, Programa de Pós-Graduação em Astronomia, Feira de Santana,
2023.

1. Ensino de Física. 2. Energia solar – fotovoltaica e fototérmica.
3. Educação tecnológica. 4. Ensino Médio. I. Título. II. Guedes, Germano
Pinto, orient. III. Pereira, Marildo Geraldete, coorient. IV. Universidade
Estadual de Feira de Santana.

CDU 53:37.02



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado

CANDIDATO (A): SANTIAGO MAIA GIL
DATA DA DEFESA: 17 de agosto de 2023 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS
HORÁRIO DE INÍCIO: 10:05 h

MEMBROS DA BANCA		FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO	CPF			
GERMANO PINTO GUEDES	407.961.595-72	Presidente	DR	DFIS - UEFS
CARLOS ALBERTO DE LIMA RIBEIRO	848.990.004-30	Membro Interno	DR	DFIS - UEFS
MANASSÉS ALMEIDA GOMES	024.414.985-25	Membro Externo	DR	UFRB

TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO*:

CONCEITOS E APLICAÇÕES DA ENERGIA SOLAR PARA O ENSINO MÉDIO.

*Anexo: produto(s) educacional(is) gerado(s) neste trabalho.

Em sessão pública, após exposição de 37 min, o(a) candidato(a) foi argüido(a) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 1:07 h. A banca chegou ao seguinte resultado**:

- APROVADO(A)
- INSUFICIENTE
- REPROVADO(A)

** Recomendações¹: Atender as solicitações da Banca L

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima relacionada, pelo candidato e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Feira de Santana, 17 de AGOSTO de 2023

Presidente: [Assinatura]
Membro 1: Carlos Alberto de Lima Ribeiro
Membro 2: Manassés Almeida Gomes
Membro 3: _____
Candidato (a): Santiago Maia Gil
Coordenador do PGAstro: Paulo César de Melo Pimenta

¹ O aluno deverá encaminhar à Coordenação do PGAstro, no prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa, os exemplares definitivos da Dissertação, após realizadas as correções sugeridas pela banca.



ANEXO DA ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO:
PRODUTO(S) EDUCACIONAL(IS) GERADO(S) NO TRABALHO FINAL DE CURSO

CANDIDATO (A): SANTIAGO MAIA GIL

DATA DA DEFESA: 17 de agosto de 2023 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS

HORÁRIO DE INÍCIO: 10:05 h

• ENERGIA SOLAR - MANUAL DE CONSTRUÇÃO DE KITS DIDÁTICOS
PARA O ENSINO MÉDIO

Feira de Santana, 17 de agosto de 2023.

Presidente: [assinatura]

Membro 1: Carlos Alberto de Almeida Ribeiro

Membro 2: Marassés Almeida Gomes

Membro 3: _____

Candidato (a): Santiago Maia Gil

Coordenador do PGAstro: Paulo César de Nóbrega

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer em memória ao meu pai, que sempre me incentivou a estudar e me mostrou a importância da educação em nossas vidas.

Agradeço aos meus irmãos, Petrônio Maia Gil e Izabelita Maia Gil, pelo apoio e palavras encorajadoras foram fontes de força durante a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos Samir Santana, Paulo Henrique e Alirio Neto, pela amizade, incentivo e momentos de descontração que me ajudaram a manter o equilíbrio emocional durante a realização deste trabalho. Estendo meus agradecimentos também à Raiana Borges por sua valiosa contribuição.

Não poderia deixar de agradecer também ao meu orientador, Germano Pinto Guedes, pela orientação, pelos ensinamentos e pelos desafios propostos durante a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu coorientador, Marildo Geraldete Pereira, pela colaboração e suporte indispensáveis na elaboração desta dissertação e do produto educacional.

Gostaria de agradecer também a todos os professores do MPAstro que me proporcionaram conhecimentos valiosos durante toda a jornada acadêmica, em especial ao coordenador do programa, pelo suporte e disponibilidade.

Cada um desempenhou um papel essencial na minha formação e desenvolvimento pessoal e profissional.

Meu mais sincero agradecimento a todos vocês!

"Em algum lugar, algo incrível está esperando para ser descoberto."

Carl Sagan

RESUMO

Esta pesquisa explora o ensino tecnológico voltado à Energia Solar no contexto do ensino médio. Como resultado desse trabalho, foi desenvolvido um produto educacional na forma de um livro intitulado "Conceitos e Aplicações da Energia Solar para o Ensino Médio". Esse livro, idealizado para professores em busca de materiais e metodologias complementares sobre o tema, divide-se em três seções principais: a primeira apresenta uma introdução conceitual e contextualizada sobre o cenário energético do Brasil, abordando o potencial solar do país e as tecnologias associadas à conversão da radiação solar em eletricidade e calor; a segunda seção fornece um guia detalhado para a montagem de kits didáticos, com destaque para um concentrador solar parabólico, um painel explicativo sobre os componentes de um sistema fotovoltaico e um minissistema de bombeamento solar; finalmente, a terceira seção oferece orientações para a utilização de objetos didáticos comerciais, visando enriquecer o processo de ensino e aprendizagem por meio de instrumentos lúdicos, como o Radiômetro de Crookes, o espectroscópio portátil e minicarros movidos a energia solar. A revisão bibliográfica realizada enfatizou a importância e a urgente necessidade de difundir conhecimentos e inovações relacionados à energia solar, especialmente diante da crescente conscientização acerca do consumo energético e dos atuais desafios ambientais. A metodologia proposta foi aplicada com sucesso entre os estudantes do curso técnico de nível médio em Edificações do Instituto Federal da Bahia, campus de Euclides da Cunha, utilizando o método de pesquisa-intervenção. Os resultados mostraram que os estudantes conseguiram assimilar e reinterpretar os conceitos e aplicações relacionados à temática, ressaltando a importância deste projeto para incentivar a sustentabilidade e promover as fontes renováveis de energia no contexto educacional.

Palavras-chave: Educação Tecnológica. Energia Fotovoltaica. Energia Fototérmica. Ensino de Astronomia.

ABSTRACT

This research explores the technological education focused on Solar Energy within the context of high school education. As an outcome of this work, an educational product was developed in the form of a book titled "Concepts and Applications of Solar Energy for High School." This book, designed for teachers seeking supplementary materials and methodologies on the subject, is divided into three main sections: the first provides a conceptual and contextualized introduction to Brazil's energy landscape, emphasizing the country's solar potential and the technologies related to converting solar radiation into electricity and heat; the second section delivers a detailed guide for assembling educational kits, highlighting a parabolic solar concentrator, an explanatory panel on the components of a photovoltaic system, and a mini solar pumping system; finally, the third section offers guidance on the use of commercial educational objects, aiming to enrich the teaching and learning process through playful tools, such as the Crookes Radiometer, the portable spectroscope, and mini solar-powered cars. The literature review underscored the importance and pressing need to disseminate knowledge and innovations associated with solar energy, particularly given the growing awareness of energy consumption and contemporary environmental challenges. The proposed methodology was successfully implemented among students of the mid-level technical course in Constructions at the Federal Institute of Bahia, Euclides da Cunha campus, using the research-intervention method. Results demonstrated that students were able to assimilate and reinterpret concepts and applications related to the topic, emphasizing the significance of this project in encouraging sustainability and promoting renewable energy sources in the educational setting.

Keywords: Technological Education. Photovoltaic Energy. Photothermal Energy. Astronomy Teaching.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Comparativo das disponibilidades de fontes de energia renováveis e não renováveis em TeraWatts. A energia solar se destaca em potencial, ressaltando a importância de seu aprimoramento.26
- Figura 2 - Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela ONU, que orientam a agenda global para a criação de um futuro mais sustentável e equitativo até 2030.28
- Figura 3 - Participação de renováveis na OIE: Brasil vs. Mundo. Mesmo com queda de 3,8% em 2021, o Brasil se destaca pela sua matriz energética renovável.....31
- Figura 4 - Fontes renováveis na matriz elétrica do Brasil caíram de 83,8% para 78,1% de 2020 a 2021. A queda, embora ainda acima da média global, levanta preocupações com períodos de seca intensificada.32
- Figura 5 - Matriz elétrica brasileira de 2020 a 2021: queda da energia hídrica, crescimento do gás natural, carvão e ascensão de fontes como solar e eólica na geração centralizada.34
- Figura 6 - Composição da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD) no Brasil em 2021. A energia solar se destaca nesta modalidade de geração, representando 88,3% do total.35
- Figura 7 – Comparativo entre a geração solar fotovoltaica e outras fontes dentro da MMGD. A linha ascendente destaca sua trajetória frente a outras fontes.....35
- Figura 8 – Mapa de Recursos Solares – Irradiação Normal Global (ING). Comparação entre os mapas do Brasil (esquerda) e da Alemanha (Direita). A escala de cores indica a intensidade da irradiação em cada região.....39
- Figura 9 - Anatomia do Sol.....41
- Figura 10 – Caminho mais comum para a fusão do hidrogênio no Sol. Esta sequência é chamada de cadeia próton-próton, ou cadeia PP.43

Figura 11 - Espectro eletromagnético, das ondas de rádio aos raios gama. A luz visível, uma fração mínima do espectro, está destacada. Lembre-se: $1 \mu\text{m} = 10^{-6}$ metros e $1 \text{nm} = 10^{-9}$ metros.	44
Figura 12 - Emissão de radiação de um corpo negro em variadas temperaturas. A temperatura elevada encurta o comprimento de onda de pico e intensifica a emissão luminosa em todos os comprimentos de onda.	46
Figura 13 - Comparação da luz solar com a radiação de um corpo negro a 5.800 K. O espectro solar, obtido no topo da atmosfera, apresenta semelhanças com essa radiação.....	47
Figura 14 - Série histórica da Irradiância Solar Total de 1978 a 2008. Esta representação ilustra a periodicidade observada entre os picos máximos e mínimos ao longo de um ciclo de aproximadamente 11 anos, característico da atividade solar.	49
Figura 15 - Lei do inverso do quadrado da distância: à medida que a distância da fonte luminosa aumenta, a mesma radiação ilumina uma área maior, diminuindo o brilho. Dessa forma, triplicar a distância reduz o brilho em um fator de 9.....	50
Figura 16 – Ilustração, fora de escala, da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano da órbita terrestre (Plano Eclíptico).....	51
Figura 17 - Ilustração da incidência dos raios, considerados paralelos, sobre o globo terrestre. A inclinação do eixo de rotação da Terra resulta em diferentes níveis de insolação nos hemisférios ao longo do ano.	52
Figura 18 – Insolação diferenciada dos hemisférios quando ocorrem os solstícios. Além disso, o fenômeno do Sol da meia-noite ocorre durante o verão nos Círculos Polares, onde o Sol permanece visível no céu por até 24 horas.....	52
Figura 19 – Representação não proporcional da Terra evidenciando a variação de δ anualmente. A linha conectando o centro da Terra ao Sol cruza diferentes paralelos, variando de $+23^{\circ}26'$ a $-23^{\circ}26'$ em relação ao equador.....	53

Figura 20 - Ilustração do percurso solar na latitude zero (0°). Esse movimento aparente do Sol é observado do equador. A representação está fora de escala para melhor visualização.....	54
Figura 21 - Ilustração da trajetória solar ao longo do ano em uma latitude específica (φ) do Hemisfério Sul. PCN indica o Polo Celeste Norte. A representação está fora de escala para melhor visualização.	55
Figura 22 - Representação da trajetória solar ao longo do ano, em uma latitude ($\varphi = -90^\circ$) no Hemisfério Sul. Note-se que a representação está fora de escala para melhor visualização.....	55
Figura 23 - Ilustração fora de escala da incidência solar. AM0 refere-se à radiação no espaço, AM1,0 ao Sol no zênite. Com ângulo de $48,5^\circ$, a atenuação dos raios aumenta devido à Massa de Ar de 1,5.....	57
Figura 24 - Características da Radiação Solar para as massas de ar AM0 e AM1,5. Quando os raios solares penetram na atmosfera acabam sofrendo interferências devido aos fenômenos relacionados a interação luz-atmosfera.....	58
Figura 25 - Componentes da irradiância solar.....	60
Figura 26 - Modelo ASTM G173-03 mostrando irradiâncias global inclinada e direta normal para superfície a 37° do zênite. A global inclinada abrange a radiação direta e difusa na superfície inclinada.	60
Figura 27 - Vista da entrada do campus do IFBA em Euclides da Cunha (imagem à esquerda) e sua localização geográfica (imagem à direita).	68
Figura 28 - Fotografia aérea do campus demonstrando a instalação das placas fotovoltaicas.	68
Figura 29 - Fluxograma representando as etapas da pesquisa.	70
Figura 30 - Comparação do agrupamento de respostas no pré-teste e pós-teste para a primeira pergunta. Observe que houve uma convergência de respostas fornecidas pelos estudantes.	76

Figura 31 – Comparativo das principais respostas no pré e pós-teste. Nota-se redução nas respostas evasivas ou desviadas e um crescimento na percepção de que fontes renováveis são inesgotáveis no pós-teste.....	77
Figura 32 – Comparação de exemplos sobre fontes renováveis antes e após intervenção. No pré-teste, nenhum estudante forneceu 4 ou mais exemplos, mas no pós-teste houve 8 respostas desse tipo. Respostas incorretas caíram de 8 para 4..	79
Figura 33 - Comparação de exemplos sobre fontes não renováveis antes e após intervenção. No pré-teste, nenhum aluno deu 4 ou mais exemplos. Respostas incorretas ou em branco reduziram de 15 para 3.....	79
Figura 34 - Comparação do agrupamento de respostas no pré-teste e pós-teste para a terceira pergunta. Observe que houve uma convergência de respostas fornecidas pelos estudantes.	81
Figura 35 - As três respostas mais frequentes nos pré-testes e pós-testes. Note que o número de estudantes que mencionaram apenas 'hidrelétricas' diminuiu, enquanto a 'Matriz Elétrica' emergiu com números expressivos.....	81
Figura 36 - Comparação do agrupamento de respostas no pré-teste e pós-teste para a quarta questão. Observe que houve uma convergência de respostas fornecidas pelos estudantes.	83
Figura 37 - As três respostas mais frequentes no pré e pós-teste. Destaca-se a evolução no vocabulário dos estudantes, passando do senso comum para a incorporação de novos conceitos após a intervenção.....	84
Figura 38 - Resultados gerais obtidos a partir do quiz no <i>Kahoot</i> para a turma do Ensino Médio Integrado. Observe o aumento percentual geral de acertos no pós-teste.	89
Figura 39 – Momento da intervenção no ensino médio integrado, à esquerda, e o vencedor do Quiz do pós-teste exibindo sua premiação, à direita. O professor de Física do campus intermediou o momento.	90

Figura 40 - A palestra sobre Introdução à Energia Solar, realizada durante o I Workshop de Edificações do IFBA campus Euclides da Cunha.....	94
Figura 41 - Registro de alguns momentos práticos ocorridos durante os encontros.	95
Figura 42 - <i>QR Code</i> direcionando ao site com o produto didático desta dissertação. Acesso também disponível pelo link direto.	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Constituintes permanentes da atmosfera. O Dióxido de Carbono, Metano e Óxido Nitroso, mesmo sendo considerados permanentes, também são gerados pelas atividades humanas e suas concentrações podem crescer com o tempo.61

Tabela 2 - Constituintes variáveis da atmosfera.....62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Habilidades ligadas às competências 1 e 3 da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio correlacionadas com o tema desta pesquisa.....	21
Quadro 2 - Descrição das classificações das metas definidas pelo GTSC A2030....	29
Quadro 3 -Avaliação das metas do ODS 7 segundo o GTSC A2030.....	29
Quadro 4 - Principais grandezas solarimétricas empregadas na quantificação do recurso solar.....	36
Quadro 5 – Potenciais de aplicações da Energia Solar.	37
Quadro 6 - Qualificação das turmas de aplicação.....	69
Quadro 7 - Aplicações dos Pré-testes.....	71
Quadro 8 - Apresentação dos <i>kits</i> didáticos desenvolvidos.	72
Quadro 9 - Apresentação dos kits didáticos comerciais.....	73
Quadro 10 - Aplicações dos Pós-testes.	74
Quadro 11 – Comparação das respostas da primeira questão em pré-testes e pós-testes. As respostas foram agrupadas por similaridade e a quantidade de respostas semelhantes é indicada entre parênteses. Respostas em branco ou não relacionadas ao tema foram agrupadas em uma única categoria.	75
Quadro 12 - Comparação das respostas da segunda questão nos pré-testes e pós-testes, agrupadas por similaridade. As quantidades de respostas semelhantes são indicadas entre parênteses. Respostas omissas ou não pertinentes ao tema foram classificadas em uma única categoria.....	78
Quadro 13 - Análise das respostas da terceira questão em pré-testes e pós-testes, organizadas por similaridade. Os números entre parênteses denotam o total de respostas parecidas fornecidas pelos estudantes. Respostas que estavam em branco	

ou que se desviaram do assunto principal foram classificadas em uma única categoria.	80
Quadro 14 - Comparação das respostas da quarta questão entre pré-testes e pós-testes, categorizadas por similaridade. As quantidades de respostas semelhantes são assinaladas entre parênteses.....	83
Quadro 15 - Comparação das respostas da quinta questão coletadas em pré-testes e pós-testes, organizadas conforme a similaridade. Os números entre parênteses indicam o número de respostas parecidas fornecidas pelos estudantes. Respostas que estavam em branco ou que se desviaram do assunto principal foram consolidadas em uma única categoria.	84
Quadro 16 - Listas das palavras-chave encontradas nas respostas dos estudantes à quinta questão, nos pré-testes e pós-testes. Observe que no pós-teste surgem termos como "Matriz elétrica", "geração de eletricidade", bem como aplicações em "irrigação" e no "setor de transporte".....	86
Quadro 17 - Comparação das respostas da quinta questão, coletadas tanto em pré-testes quanto em pós-testes, e as agrupa por similaridade. Os valores entre parênteses destacam o total de respostas semelhantes oferecidas pelos estudantes. Respostas que não foram dadas ou que desviaram do tópico principal foram agrupadas em uma única categoria.	87
Quadro 18 - Lista das palavras-chave encontradas nas respostas dos estudantes à sexta questão, tanto nos pré-testes como nos pós-testes. Nota-se que no pós-teste houve a incorporação de diversos conceitos científicos relevantes, como rotação da Terra, distância entre o Sol e a Terra, inclinação e atmosfera terrestre.....	88
Quadro 19 - Resultados obtido pelo formulário Google referente a palestra sobre Introdução à Energia Solar.....	91
Quadro 20 - Resultados obtidos pelo formulário Google referente à palestra sobre Introdução à Energia Solar. As respostas semelhantes foram agrupadas e identificadas entre parênteses ao lado da resposta correspondente.	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	PANORAMA DA ENERGIA ELÉTRICA	24
2.1.1	Impactos das Metas da Agenda 2030 no Setor Energético Brasileiro	27
2.1.2	Balanço Energético Nacional - BEN	31
2.1.3	Grandezas Físicas Envolvidas na Radiação Solar	36
2.1.4	Potencial Solar no Brasil	36
2.2	O SOL	40
2.2.1	O interior do Sol	40
2.2.2	A origem da energia do Sol	42
2.2.3	A Radiação Solar	44
2.3	A IRRADIÂNCIA SOLAR NA SUPERFÍCIE DA TERRA	48
2.3.1	Atividade Solar	48
2.3.2	A distância entre o Sol e a Terra	50
2.3.3	Movimentos relativos entre a terra e o sol	51
2.3.4	Atmosfera Terrestre	56
3	PERCURSO METODOLÓGICO	66
3.1	Caráter da pesquisa	66
3.2	Metodologia Pesquisa-Intervenção	67
3.3	Turmas de aplicações	67
3.4	Mapa conceitual da metodologia	69
3.5	Ética da pesquisa	71
3.6	Aplicação do Pré-teste – 1ª Fase	71
3.7	Aplicação da intervenção pedagógica com os kits didáticos – 2ª Fase	72
3.8	Aplicação do Pós-teste – 3ª Fase	74
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	75
4.1	Resultados do pré-teste e pós-teste - Questões subjetivas	75

4.2 Resultados do quiz <i>on-line</i>	89
4.3 Resultados do formulário <i>on-line</i> – Palestra	90
4.4 <i>Feedback</i> dos participantes	94
5 O PRODUTO DIDÁTICO	96
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
7 REFERÊNCIAS	99
APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO	103
APÊNDICE 2 – APRESENTAÇÃO DE SLIDES	104
APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO SUBJETIVO – PRÉ E PÓS-TESTE	111
APÊNDICE 4 – QUIZ ONLINE – PRÉ-TESTE	113
APÊNDICE 5 – QUIZ ONLINE – PÓS-TESTE	115
APÊNDICE 6 – FORMULÁRIO ONLINE	117

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a educação brasileira experimentou diversas transformações em sua estrutura curricular, resultado da criação de vários documentos norteadores para a Educação em nosso país. No entanto, ainda enfrentamos inúmeras lacunas nos processos de ensino e aprendizagem, refletidas nos resultados acadêmicos dos estudantes, refletindo mais tarde, nas deficiências conceituais e funcionais no contexto de suas carreiras profissionais.

A Educação emerge como uma ferramenta crucial para cultivar mentes reflexivas e críticas empenhadas na resolução de desafios que enfrentamos atualmente, tais como a busca por fontes renováveis¹ de energia, as questões ambientais e o atual perfil de consumo da energia, caracterizado pela dependência de combustíveis fósseis, cujas emissões de poluentes agrava a situação ambiental do planeta. Se persistir nesse ritmo, poderá prejudicar não apenas a nossa saúde, mas também a das futuras gerações. Por isso, é imprescindível que tais problemáticas sejam discutidas nas escolas e inseridas nos diversos documentos voltados para a educação.

A Lei 9.394/1996 do Brasil (1996), também conhecida como Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), guia a Educação no Brasil. Segundo seus artigos, a educação permeia diversas esferas da convivência social; no entanto, quando desenvolvida dentro de instituições próprias, deve estar conectada ao mundo do trabalho e à prática social. Isso enfatiza a importância de trazer as tendências tecnológicas do mercado de trabalho para o ambiente educacional. Uma das finalidades do Ensino Médio, inclusive, é o entendimento dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, fazendo a ligação entre teoria e prática no ensino de cada disciplina.

Na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), alterada pela Lei 13.415 de 16 de fevereiro de 2017, foram criadas as áreas do conhecimento: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza

¹ Fontes renováveis de energia são aquelas que se regeneram naturalmente em uma escala de tempo humana ou cuja disponibilidade é considerada inesgotável, como solar, eólica e hidráulica. Por outro lado, fontes não renováveis são aquelas que não se repõem a uma taxa suficientemente rápida para compensar o consumo, como petróleo, carvão mineral e gás natural.

e suas Tecnologias, e Ciências Humanas e suas Tecnologias. Em decorrência disso, ocorreram mudanças na BNCC (Base Nacional Comum Curricular) e em seus itinerários formativos. A partir dessas alterações, foram estabelecidos conhecimentos, competências e habilidades que se espera que todos os estudantes desenvolvam ao longo da educação básica. Diante disto, é necessário investigar essas mudanças para compreender o que se deve esperar dos estudantes ao concluir essa etapa de ensino.

De acordo com Brasil (2018), a BNCC do Ensino Médio, cada área do conhecimento estabelece competências específicas, aprofundando-se a partir das competências adquiridas no ensino fundamental. Além disso, para efetivar o desenvolvimento delas, associa-se um conjunto de habilidades, ou seja, as aprendizagens fundamentais para o ensino e aquisição de conhecimentos. No Quadro 1, destaco as habilidades correlacionadas com o tema deste trabalho, isto é, aquelas relacionadas à Energia Solar.

Quadro 1 - Habilidades ligadas às competências 1 e 3 da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio correlacionadas com o tema desta pesquisa.

HABILIDADES
Competência 1 da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias
(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.
(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, na indústria e na geração de energia elétrica.
(EM13CNT106) Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.
Competência 3 da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias
(EM13CNT307) Analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis.
(EM13CNT308) Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos

(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual com relação aos recursos fósseis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

Fonte: BRASIL (2018).

Dessa maneira, as exigências contidas na BNCC refletem a aspiração de integrar o estudante a um contexto tecnológico focado na sustentabilidade. Dessa forma, promovem a consolidação da chamada Educação Tecnológica. Conforme Eire *et al.* (2021), a Educação Tecnológica capacita um cidadão competente e crítico para todos os aspectos do ambiente em que vive, não se limitando apenas ao trabalho. Portanto, esse tipo de educação prepara o indivíduo para a vida, capacitando-o a agir e não apenas a reagir, conscientizando-o de seus direitos e deveres e do seu papel na sociedade.

Conforme Durães (2009, p. 172), "A implementação da Educação Tecnológica, nessa perspectiva, não depende apenas da vontade dos docentes; ela requer um contexto social que vá além dos muros da escola". Isso evidencia que essa modalidade de ensino necessita de atenção especial para alcançar êxito efetivo. Neste contexto, é crucial analisar a concepção do professor que atua na Educação Tecnológica, pois suas características específicas demandam uma metodologia diversificada, atualizada e alinhada com a vida em sociedade e os desafios que enfrentamos.

Portanto, diante do exposto, este trabalho se fundamenta nas seguintes razões para a escolha do tema: primeiramente, os documentos orientadores da Educação brasileira indicam a necessidade de inserção de temas atuais e tecnológicos no ensino; em segundo lugar, o atual cenário energético demanda políticas voltadas ao consumo consciente e à exploração de fontes renováveis e sustentáveis para assegurar a sobrevivência de nossa geração e das futuras; em terceiro lugar, a energia solar vem ganhando destaque no Brasil, especialmente através da Micro e Minigeração elétrica; por fim, levar a tecnologia para a educação significa expor os estudantes a cenários desafiadores e inovadores.

Em resumo, o problema de pesquisa abordado neste estudo se articula em torno da seguinte questão: Dada a relevância da Educação Tecnológica para os desafios do novo milênio, como podemos integrar uma proposta pedagógica para o

Ensino Médio que se concentre em temas atuais, como o consumo consciente de energia, fontes renováveis, com destaque para a Energia Solar?

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma metodologia conceitual e kits didáticos relacionados à Energia Solar, com o propósito de tornar o ensino sobre essa temática mais atrativo para os estudantes e proporcionar um material potencialmente significativo no contexto educacional. Estes kits têm como foco abordar diferentes aspectos da energia solar e suas aplicações, facilitando a compreensão dos estudantes por meio de atividades práticas e lúdicas.

Como produto educacional desta dissertação, desenvolvi um livro que não apenas orienta a montagem dos kits didáticos, mas também esclarece os conceitos fundamentais para sua compreensão. Esperamos que este material sirva como um guia prático e complementar para professores que desejem integrar tais temáticas em suas práticas de ensino.

No capítulo de "Fundamentação Teórica", há uma discussão sobre o panorama da energia elétrica no Brasil, abordando os impactos das metas da Agenda 2030 no setor energético. Além disso, são apresentadas as grandezas físicas envolvidas no estudo do recurso solar. Em continuação, é apresentada a anatomia do Sol e os processos físicos que geram a energia solar. Há também uma discussão sobre os fatores que influenciam a irradiância solar na superfície da Terra.

No capítulo "Percurso Metodológico", descreve-se o caráter da pesquisa e a metodologia de pesquisa-intervenção adotada. Também são detalhadas as turmas nas quais as aplicações foram realizadas, o mapa conceitual, as questões éticas, e uma explanação sobre as três fases desta pesquisa: aplicação do pré-teste, intervenção pedagógica com os kits didáticos e aplicação do pós-teste.

Na seção "Resultados e Discussões", são apresentados e debatidos os resultados obtidos dos pré-testes e pós-testes, nas diferentes formas adotadas, dos participantes.

Ao avançar para a seção "O Produto Didático", encontramos detalhes sobre o produto didático resultante desta pesquisa. Em "Considerações Finais", refletimos sobre as implicações, conclusões e possíveis direções futuras baseadas nas descobertas e contribuições que esta pesquisa ofereceu.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção foi construída com o objetivo de condensar a base teórica necessária para a elaboração do produto didático - o livro "Conceitos e Aplicações da Energia Solar para o Ensino Médio". A discussão aborda uma ampla área do conhecimento multidisciplinar, que vai desde uma breve descrição da fonte de energia em si, o Sol, até os conceitos mais relevantes da astronomia e a interação da radiação solar com a atmosfera, detalhando também as conversões da energia solar em outras formas de energias.

Antes de nos aprofundarmos nesta discussão, é fundamental contextualizar este estudo dentro do vasto cenário energético em constante mudança. Atualmente, estamos em um processo de transição para fontes alternativas de energia limpas e sustentáveis, como a energia solar, eólica e biomassa. É nesse contexto que o presente trabalho se insere, com o objetivo de contribuir para uma maior compreensão e difusão dessas fontes renováveis de energia e incentivo ao consumo consciente em nossas escolas e, por extensão, em nossa sociedade.

2.1 PANORAMA DA ENERGIA ELÉTRICA

Revisando a história de trezentos anos atrás, as pessoas tinham poucas opções de fontes de energia. Utilizavam lenha para cozinhar alimentos, moinhos de vento ou hidráulicos para movimentar mecanismos ou bombear água, e tração animal para transportar pessoas e materiais. Contudo, todas essas fontes eram naturalmente encontradas na natureza, sem nenhum processamento.

Ao longo do tempo, o homem desenvolveu novas tecnologias e modos de produção, transitando da manufatura para a produção industrial durante a Revolução Industrial, na segunda metade do século XVIII. Durante este período, a demanda energética aumentou absurdamente à medida que novas técnicas foram surgindo. A partir desta época, a Inglaterra assumiu a liderança do mundo moderno e, com a

ampla utilização do conhecimento científico, deu-se início à fabricação de bens de produção e consumo em escala industrial.

Conforme afirma Tessmer (2002), o aumento na produção de carvão mineral teve grandes impactos na indústria siderúrgica inglesa. No início do século XVII, a Inglaterra tinha uma grande dependência da importação de madeira de outros países, levando-a a um processo de reestruturação, substituindo o uso do carvão vegetal pelo mineral. Além disto, o setor metalúrgico, altamente capitalizado, provocou evoluções significativas, como o uso de caldeiras a vapor na indústria e nos transportes ferroviários.

O carvão mineral, uma fonte de energia não renovável, foi fundamental para o avanço da Revolução Industrial. Foi o principal combustível usado nas primeiras máquinas a vapor, que alimentavam a crescente industrialização. A mineração de carvão em si tornou-se uma indústria importante, gerando empregos, mas também causando degradação ambiental significativa.

Na segunda fase da Revolução Industrial, durante o final do século XIX, o petróleo e o gás natural começaram a ser explorados em larga escala. Essas novas fontes de energia não renovável eram mais eficientes do que o carvão, possibilitando o desenvolvimento de motores de combustão interna, que se tornaram a base para a indústria automobilística e a aviação.

Segundo Pedrosa Junior e Corrêa (2016), no período pós-Segunda Guerra Mundial, o mundo vivenciou uma demanda crescente de petróleo, enquanto os preços se mantiveram relativamente estáveis e baixos (aproximadamente US\$ 3 por barril em valores históricos). A *Texas Rail Road Commission*, órgão regulador da indústria de petróleo norte-americana, exercia o controle da produção para garantir preços estáveis. Porém, o poder de influenciar decisivamente a formação dos preços do petróleo passou para a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), fundada em 1960, sendo a Arábia Saudita seu membro mais influente.

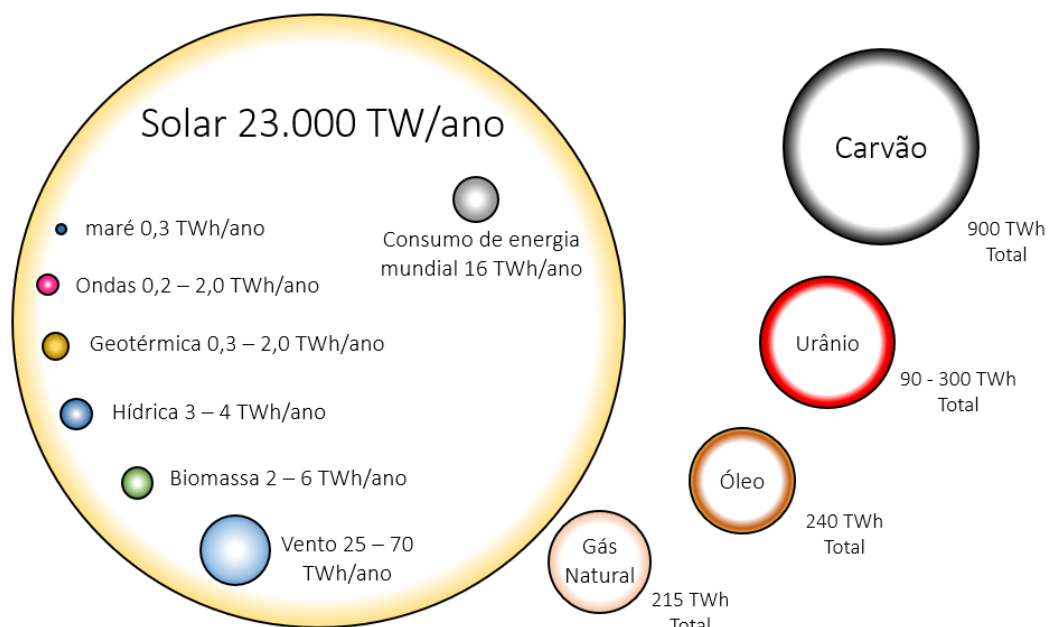
Conforme Pedrosa Junior e Corrêa (2016), a influência da Arábia Saudita ficou evidente após a Guerra Árabe-Israelense (conhecida também como Guerra do *Yom Kippur*), ocorrida em outubro de 1973, que envolveu Egito e Síria contra Israel. Devido ao apoio a Israel de países como os Estados Unidos e várias nações ocidentais, os países árabes, juntamente com o Irã, aplicaram um embargo no fornecimento de petróleo a esses países, resultando numa redução líquida da produção mundial de 4

milhões de barris diários até março de 1974. Essa ação resultou numa consequência imediata: a quadruplicação do preço do petróleo até o final daquele ano.

A crise do petróleo de 1973 foi um marco significativo, inclusive para o Brasil que, naquela época, dependia fortemente de importações de petróleo para atender à sua demanda interna. Em resposta à escassez de combustível, o Brasil canalizou seus esforços políticos para lançar o Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL). Este programa teve como principal objetivo a substituição de veículos movidos a gasolina por aqueles movidos a álcool, em face do aumento do preço do petróleo, da possibilidade de exaustão desse recurso e da necessidade emergente de utilizar energia limpa e renovável.

Em resposta aos atuais desafios ambientais e socioeconômicos, dispomos atualmente de uma ampla gama de fontes de energia. Essas opções surgiram à medida que as preocupações com a sustentabilidade energética cresceram e as pesquisas nessa área se intensificaram. Para entender melhor o potencial dessas fontes de energia, consulte a Figura 1.

Figura 1 - Comparativo das disponibilidades de fontes de energia renováveis e não renováveis em TeraWatts². A energia solar se destaca em potencial, ressaltando a importância de seu aprimoramento.



Fonte: adaptado de Pérez R. e M. Pérez, 2011.

² Na comparação, a disponibilidade de fontes de energia não renováveis é apresentada em TeraWatts (10^{12} Watts), enquanto para as fontes renováveis, a medida é em TeraWatts por ano.

Cada uma dessas fontes de energia apresenta tanto aspectos positivos quanto negativos, e mesmo as opções renováveis exigem estudos para a sua implementação adequada. A energia eólica, por exemplo, necessita ser instalada em locais com velocidade média dos ventos elevada. A energia hídrica envolve custos econômicos e impactos ambientais devido à construção de barragens e à ocupação de extensas áreas. A energia solar, por sua vez, demanda avanços tecnológicos para se tornar economicamente viável. Da mesma forma, a energia derivada da biomassa e a energia geotérmica apresentam seus próprios conjuntos de desafios. Apesar disso, a crescente preocupação global em intensificar a adoção de fontes de energia renováveis e limpas, além de promover o consumo consciente, culminou na formação dos chamados Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que são discutidos na seção subsequente.

2.1.1 Impactos das Metas da Agenda 2030 no Setor Energético Brasileiro

De acordo com Castro Filho (2018), A Agenda 2030³ é o resultado de um esforço colaborativo entre governos e cidadãos de todo o mundo, visando criar um modelo global capaz de erradicar a pobreza, fomentar a prosperidade e o bem-estar para todos, além de proteger o meio ambiente e combater as mudanças climáticas. A partir de sua concepção, as Nações Unidas desenvolveram formas de cooperação e parcerias com governos, a sociedade civil e demais atores sociais, com o objetivo de viabilizar um projeto de tal magnitude.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), parte da Agenda 2030, apresentam um compromisso global com um futuro sustentável para o nosso planeta, mostrados na Figura 2. Eles incorporam uma variedade de dimensões sociais, econômicas e ambientais, estabelecendo metas ambiciosas a serem alcançadas.

³ A Agenda 2030 é um plano de ação global adotado pelos Estados-Membros das Nações Unidas em 2015, que estabelece 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas a serem alcançadas até o ano de 2030.

Figura 2 - Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela ONU, que orientam a agenda global para a criação de um futuro mais sustentável e equitativo até 2030.



Fonte: Organização das Nações Unidas (ONU) Brasil⁴.

O ODS 7 (Energia Limpa e Acessível), que se propõe a garantir acesso confiável, sustentável, moderno e a preços acessíveis à energia para todos, impõe um desafio significativo para o Brasil, dado a sua vasta extensão territorial e a diversidade socioeconômica. As usinas centralizadas⁵ apresentam altos custos para transmissão e distribuição de energia, os quais acabam impactando diretamente o consumidor. Contudo, espera-se que o país avance na implementação de políticas de incentivo às energias limpas, alinhando-se assim aos compromissos desta ODS.

A implementação dos ODS no Brasil é monitorada pelo Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030 (GTSC A2030). Esse grupo elabora relatórios anuais para avaliar o progresso do país em relação a esses objetivos. De acordo com a edição de 2022⁶ do relatório, o ODS 7 foi seriamente impactado por eventos como a crise hidroenergética de 2021, o aumento global dos preços dos combustíveis e a

⁴ Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 10 jun. 2023.

⁵ Usinas centralizadas refere-se a grandes instalações de produção de energia elétrica, como usinas hidrelétricas, termelétricas, nucleares entre outras. Essas usinas requerem uma extensa rede de transmissão e distribuição para chegar aos consumidores.

⁶ VI Relatório da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Disponível em: https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2022/07/pt_rl_2022_final_web-1.pdf. Acesso em: 15 jul. 2023.

pandemia de Covid-19. O Quadro 2 apresenta as categorias utilizadas pelo grupo para avaliar o progresso dos ODS, enquanto o Quadro 3 oferece uma avaliação individual de cada meta para o ODS 7.

Quadro 2 - Descrição das classificações das metas definidas pelo GTSC A2030

Classificação das metas	Descrição
Retrocesso	Quando as políticas ou ações correspondentes foram interrompidas, alteradas negativamente ou sofreram esvaziamento orçamentário;
Ameaçada	Quando, ainda que não haja retrocesso, a meta está em risco, por ações ou inações cujas repercussões comprometam seu alcance;
Estagnada	Quando não houve indicação de avanço ou retrocesso estatisticamente significativa;
Insuficiente	Quando a meta está em implementação com chances de ser atingida ao final da Agenda 2030.

Fonte: Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para Agenda 2030 (GTSC A2030, 2022).

Quadro 3 -Avaliação das metas do ODS 7 segundo o GTSC A2030.

METAS ODS 7	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO DAS METAS
7.1	Assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia.	RETROCESSO
7.2	Aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global.	ESTAGNADA
7.3	Dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética.	RETROCESSO
7.a	Reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa.	AMEAÇADA
7.b	Expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos, nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respectivos programas de apoio.	INSUFICIENTE

Fonte: Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para Agenda 2030 (GTSC A2030, 2022).

Diante do exposto, fica evidente que o Brasil tem enfrentado inúmeros desafios na implementação das metas do ODS 7. De acordo com o relatório de 2022, a meta 7.1 sofreu um retrocesso. Embora 99,8% dos domicílios tenham acesso à energia elétrica, a população de baixa renda começou a usar mais lenha do que gás de cozinha, retomando também o uso de álcool para cocção, práticas que colocam a saúde e a vida das pessoas em risco. Adicionalmente, os sucessivos aumentos no preço do gás de cozinha contribuíram para agravar essa situação, tornando esse recurso cada vez menos acessível para muitos brasileiros.

Conforme o GTSC A2030 (2022), a meta 7.2 foi classificada como estagnada porque a participação de energias renováveis na oferta interna geral aumentou modestamente de 46,1% para 48,4% entre 2019 e 2020, um índice que ficou abaixo do projetado no Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 para aquele ano. Além disso, a ineficiência na modulação do programa da Tarifa Social da Energia Elétrica demonstra que o acesso à energia como um direito fundamental ainda não está totalmente garantido.

De acordo com o GTSC A2030 (2022), a meta 7.3 sofreu um retrocesso, agravado pela pandemia da Covid-19. Assim, o Brasil vem demonstrando menor eficiência na conversão de energia em riqueza. Essa eficiência é mensurada por meio da intensidade energética, a qual é calculada pela divisão da oferta interna de energia pelo Produto Interno Bruto (PIB). Entre 2020 e 2021, apresentou uma redução de apenas 0,7%, indicando um progresso insuficiente na eficiência energética do país.

Diante do exposto, o Brasil necessita de políticas que incentivem a descentralização da produção de energia, maior investimento em fontes alternativas de energia e medidas eficazes para o consumo consciente de energia. Na seção subsequente, apresento o atual panorama energético do Brasil, bem como a composição de sua matriz energética⁷.

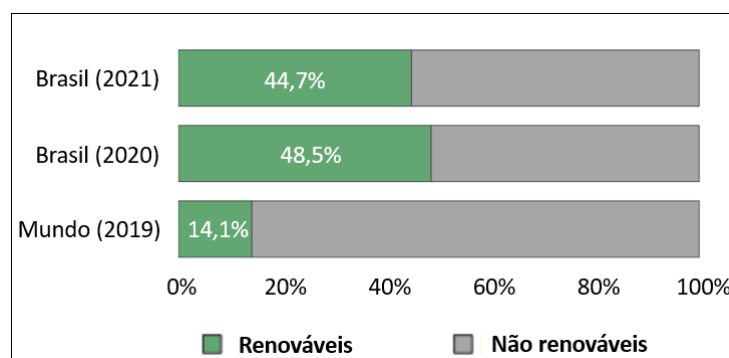
⁷ Matriz energética é a distribuição das diferentes fontes de energia que compõem a oferta de energia de um país ou região, incluindo fontes renováveis e não renováveis. Ela é crucial para a avaliação da sustentabilidade e segurança energética de uma nação.

2.1.2 Balanço Energético Nacional - BEN

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) é uma instituição vinculada ao Ministério de Minas e Energia do Brasil, responsável por realizar estudos e pesquisas para embasar o planejamento do setor energético brasileiro. Isso abrange diversas fontes de energia, como petróleo, gás natural, biocombustíveis, nuclear, eólica, solar, entre outras. A EPE desempenha um papel importante no desenvolvimento de estratégias e políticas públicas de longo prazo, porque fornece dados e análises consolidados sobre o setor energético, que são sintetizados em relatórios anuais conhecidos como Balanço Energético Nacional (BEN).

Conforme o último relatório do BEN (2022), a oferta total de energia disponibilizada no país, também conhecida como Oferta Interna de Energia (OIE), atingiu 301,5 Mtep⁸. Diversas fontes de energia contribuem para essa oferta, sejam renováveis - âmbito no qual o Brasil se destaca, conforme ilustrado na Figura 3 - ou não renovável.

Figura 3 - Participação de renováveis na OIE: Brasil vs. Mundo. Mesmo com queda de 3,8% em 2021, o Brasil se destaca pela sua matriz energética renovável.



Fonte: Adaptado do Balanço Energético Nacional, 2022.

De acordo com o BEN (2022), os principais consumidores de energia no Brasil em 2021 foram, principalmente, os setores industrial e de transporte, englobando tanto o transporte de carga quanto de passageiros. Juntos, esses setores foram

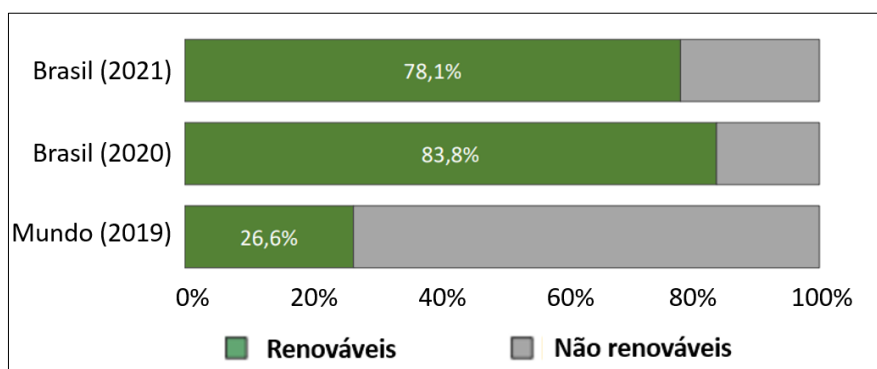
⁸ Mtep é a sigla para Milhão de Toneladas Equivalentes de Petróleo, uma unidade de medida usada para comparar diferentes fontes de energia com base no seu conteúdo energético. Basicamente, um Mtep é a quantidade de energia liberada ao queimar um milhão de toneladas de petróleo.

responsáveis por cerca de 65% do total do consumo de energia no país. Essa distribuição destaca a relevância dessas áreas na matriz energética brasileira e sinaliza os principais alvos para iniciativas de eficiência energética e transição para fontes sustentáveis.

2.1.2.1 *Balanço da geração elétrica*

Quando se trata, exclusivamente, da geração elétrica, o Brasil é pioneiro no mundo em utilizar energias renováveis, principalmente pelas hidrelétricas, como demonstrado na Figura 4. De acordo com o BEN (2022), a diminuição de chuvas em 2021 resultou em uma redução nos níveis dos principais reservatórios do país, provocando uma queda na oferta de hidreletricidade. A fim de compensar essa queda, houve um aumento na oferta de energia proveniente de outras fontes, como carvão vapor⁹ e gás natural, intensificando, assim, o uso de geração pelas termelétricas.

Figura 4 - Fontes renováveis na matriz elétrica do Brasil caíram de 83,8% para 78,1% de 2020 a 2021. A queda, embora ainda acima da média global, levanta preocupações com períodos de seca intensificada.



Fonte: Adaptado do Balanço Energético Nacional, 2022.

Com o aumento da geração de eletricidade pelas usinas termelétricas, os custos operacionais aumentam. Para lidar com essa realidade, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) instituiu o sistema de Bandeiras Tarifárias, cujo objetivo é

⁹ Carvão utilizado na geração de energia elétrica, em que é queimado para produzir calor e transformar água em vapor, o qual aciona turbinas para gerar eletricidade.

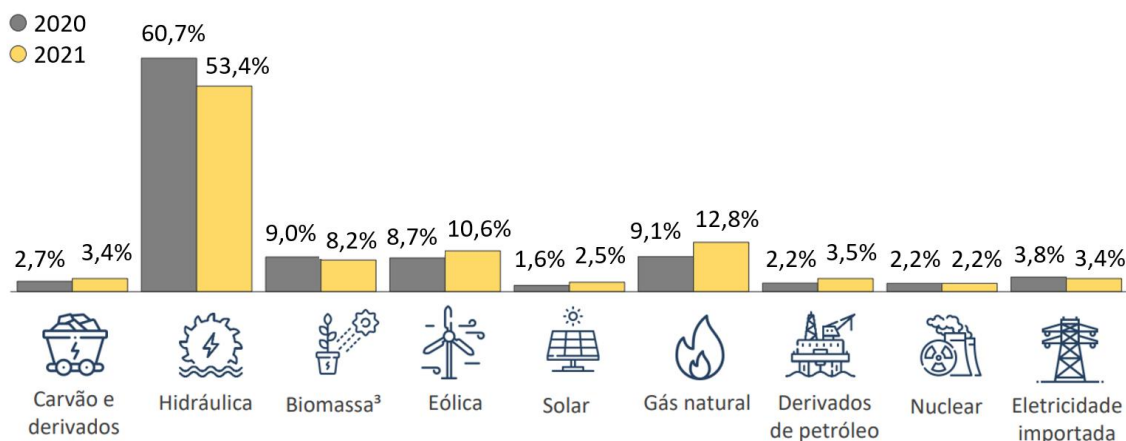
sinalizar ao consumidor os custos reais da produção de energia. Assim, o consumidor obtém uma maior transparência em sua conta de energia e tem a possibilidade de adotar medidas de economia para evitar elevações significativas na fatura.

Conforme determinado pela ANEEL (2023), as bandeiras tarifárias dos meses de maio e junho de 2023 foram classificadas da seguinte maneira:

- ▶ **Bandeira Verde:** indica condições favoráveis para a geração de energia. Não há acréscimo na tarifa;
- ▶ **Bandeira Amarela:** aponta para condições de geração menos favoráveis. Neste caso, a tarifa tem acréscimo de R\$ 0,01874 por cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- ▶ **Bandeira Vermelha - Patamar 1:** sinaliza condições de geração mais custosas, fazendo com que a tarifa sofra um acréscimo de R\$ 0,03971 por cada kWh consumido;
- ▶ **Bandeira Vermelha - Patamar 2:** indica condições ainda mais onerosas para a geração de energia. Neste patamar, a tarifa tem acréscimo de R\$ 0,09492 por cada kWh consumido.

Essa medida, embora útil para uma gestão mais transparente do consumo, não aborda a questão fundamental: a forte dependência do Brasil em relação às usinas hidrelétricas. Construir novas usinas tornou-se cada vez mais desafiador, devido a fatores econômicos e ambientais. A solução aponta para investimentos em fontes alternativas de energia. O Brasil apresenta uma rica diversidade dessas fontes, no entanto, existe uma significativa desigualdade no uso, com a energia hídrica dominando em comparação com as outras, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Matriz elétrica brasileira de 2020 a 2021: queda da energia hídrica, crescimento do gás natural, carvão e ascensão de fontes como solar e eólica na geração centralizada.



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2022.

A geração centralizada de energia, envolve a produção, transmissão e distribuição de eletricidade para grandes distâncias, resulta em custos elevados na conta de luz. Além disso, a dependência das usinas hidrelétricas tem agravado a situação energética do país, conforme discutido ao longo deste trabalho. Em resposta a esses desafios, a ANEEL implementou a Resolução Normativa Nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023¹⁰, sobre a Microgeração¹¹ e Minigeração Distribuída¹² (MMGD). Esta medida permite que unidades consumidoras produzam sua própria energia e ainda se conectem à rede de distribuição, promovendo a descentralização da matriz elétrica brasileira.

A resolução da ANAEEL também criou o sistema de compensação de energia elétrica que é o sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora como MMGD é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa. Veja a Figura

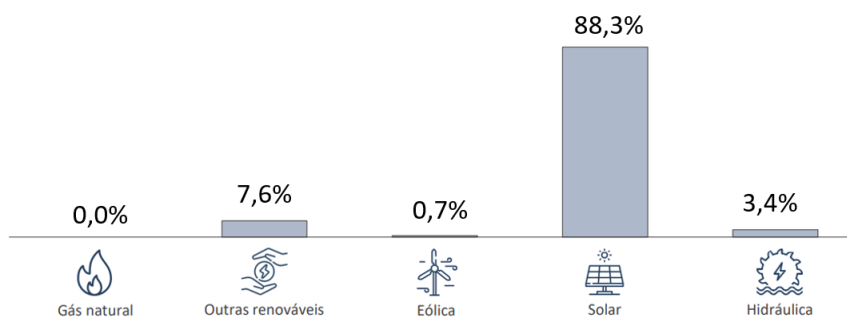
¹⁰ ANEEL. Resolução Normativa nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.pdf>. Acesso em: [14 de junho de 2023].

¹¹ Microgeração Distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada, em corrente alternada, menor ou igual a 75 kW e que utilize fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidade consumidora;

¹² Minigeração Distribuída: central geradora de energia elétrica, conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidade consumidora, que possua potência instalada em corrente alternada maior que 75 kW e menor ou igual as alíneas do inciso XXIX-B da Resolução Normativa Nº 1059, em 7 de fevereiro de 2023.

6 para compreender como esse fato abriu o mercado para a Energia Solar Fotovoltaica, que domina dentro dessa modalidade de geração elétrica.

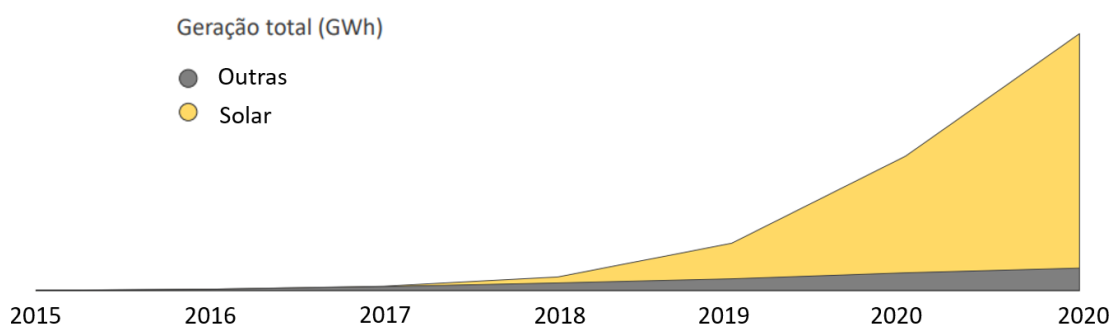
Figura 6 - Composição da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD) no Brasil em 2021. A energia solar se destaca nesta modalidade de geração, representando 88,3% do total.



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2022.

A Energia Solar Fotovoltaica tem conquistado um espaço crescente no mercado brasileiro. Diante das oportunidades proporcionadas pelo sistema de compensação de energia, diversas empresas privadas identificaram um negócio promissor. Este cenário resultou em um crescimento exponencial, conforme ilustrado na Figura 7. Com isso, espera-se que esta tendência continue se acentuando, sobretudo à medida que os custos associados a tais projetos diminuíam ao longo do tempo.

Figura 7 – Comparativo entre a geração solar fotovoltaica e outras fontes dentro da MMGD. A linha ascendente destaca sua trajetória frente a outras fontes.



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2022.

Tendo em vista o exposto, é inegável o papel fundamental do governo na promoção de fontes de energia alternativas, renováveis e sustentáveis na matriz energética brasileira. Com o crescimento do mercado da MMGD, e o avanço notável

da Energia Solar Fotovoltaica, é evidente que o país tem um grande potencial para diversificar e descentralizar sua matriz energética. Além disso, as condições climáticas e geográficas favoráveis do Brasil tornam a exploração do recurso solar particularmente promissora.

Antes de aprofundarmos na discussão acerca do potencial solar, a seção subsequente mostra as grandezas físicas pertinentes ao tema, que é indispensável para a continuidade da discussão.

2.1.3 Grandezas Físicas Envolvidas na Radiação Solar

A quantificação do recurso solar pode ser realizada de duas maneiras principais. Uma delas é por meio da medição da potência incidente por unidade de área, um termo conhecido como irradiância (G). A outra é pela avaliação da energia incidente, conhecida como irradiação. O Quadro 4 a seguir mostra a simbologia que é utilizada ao longo deste trabalho. Entretanto, vale ressaltar que as nomenclaturas e simbologias podem apresentar variações na literatura e nas normas técnicas.

Quadro 4 - Principais grandezas solarimétricas empregadas na quantificação do recurso solar.

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE (SI)	CONCEITO
Irradiância	G	W/m ²	Fluxo incidente de energia ou potência radiante por unidade de área.
Irradiação	H ou I	J/m ²	Integração da irradiância ao longo do intervalo de tempo (H usado para valores diários e I para valores horários).

Fonte: Martins e Pereira, 2019.

Estas grandezas são fundamentais para a medição, avaliação e, conseqüentemente, o aproveitamento da Energia Solar. Com esse conhecimento, podemos agora avançar para discussão do potencial solar no Brasil.

2.1.4 Potencial Solar no Brasil

Para avaliar o recurso solar, o Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do seu laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de energia (LABREN), publicou em 2017 a segunda edição do Atlas Brasileiro de Energia Solar. Esse documento é importante, pois apresenta 17 anos de dados de satélites e produziu avanços nas parametrizações do modelo de transferência radiativa BRASIL-SR¹³. A partir desta publicação, torna-se viável avaliar o potencial solar do território brasileiro como um todo.

Segundo Pereira *et al.* (2017), o Atlas Solar faz uma avaliação de dois tipos de potenciais para a aplicação da Energia Solar. O primeiro deles é o Potencial Solar Térmico, que pode ser aplicado em variados contextos, tais como aquecimento solar para uso residencial, geração de energia elétrica por meio da tecnologia heliotérmica, entre outros. Essas aplicações são detalhadas no Quadro 5. A segunda avaliação refere-se ao Potencial Fotovoltaico, que tem aplicações na geração solar fotovoltaica, seja de forma isolada, centralizada ou distribuída.

Quadro 5 – Potenciais de aplicações da Energia Solar.

POTENCIAL	APLIÇÃO	DESCRIÇÃO
Solar Térmico	Aquecimento solar para uso doméstico	Uso da energia solar para aquecimento de água a temperaturas abaixo de 100°C é, atualmente, a aplicação mais difundida no Brasil, principalmente em substituição a sistemas de aquecimento elétrico (chuveiros) ou a gás.
	Geração de energia elétrica heliotérmica	É um método que usa espelhos ou lentes para concentrar a luz solar em uma pequena área, gerando calor. Este calor é utilizado para aquecer um fluido que, quando transformado em vapor, impulsiona uma turbina ligada a um gerador de eletricidade.
	Outras aplicações da energia solar térmica	Entre as aplicações que requerem temperaturas mais baixas, destacam-se as atividades agropecuárias, a cocção de alimentos, a dessalinização de água, a produção de calor de processo no setor industrial e a produção de frio, também conhecida como refrigeração solar.

¹³ BRASIL-SR é um modelo de transferência radiativa desenvolvido pelo INPE, destinado a estimar a irradiação solar na superfície do Brasil. Ele utiliza dados de satélites para fornecer informações sobre a distribuição e quantidade de irradiação solar, sendo uma ferramenta essencial para estudos de potencial de energia solar.

Continuação

POTENCIAL	APLIÇÃO	DESCRIÇÃO
Fotovoltaico	Geração Elétrica Centralizada	As usinas de grande porte, tipicamente instaladas em solo sobre estruturas metálicas inclinadas fixas, ou com seguimento da trajetória aparente do Sol em um eixo, têm sido locadas principalmente nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e também no Sudeste do Brasil.
	Geração Elétrica Distribuída ou <i>On-Grid</i>	Integrados às edificações e conectados à rede elétrica pública vêm crescendo em importância e aplicação em todo o mundo.
	Geração Elétrica isolada ou <i>Off-Grid</i>	Produção de energia desconectada da rede de distribuição, geralmente usada em locais remotos. Ela depende de sistemas de armazenamento para fornecer energia durante períodos sem produção.

Fonte: Adaptado de Pereira et al, 2017.

Além do Atlas Brasileiro de Energia Solar, existem outras ferramentas para consultar dados de irradiação solar, inclusive para outras regiões do mundo. Um exemplo é o site SolarGis¹⁴, que disponibiliza mapas temáticos de alta qualidade e detalhados. Por meio desse recurso, torna-se possível comparar o potencial solar de diversas localidades pelo mundo.

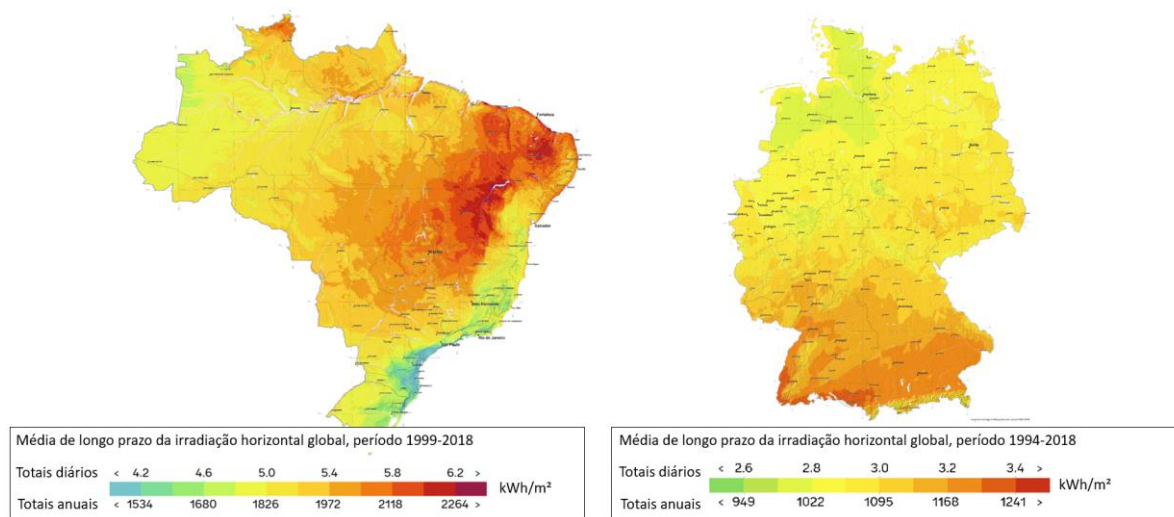
O Brasil se destaca pelo seu amplo potencial em Energia Solar, apresentando abundância desse recurso durante grande parte do ano e em todo o território. Contudo, a apenas disponibilidade de energia solar não é suficiente. Para que essa rica fonte energética seja efetivamente aproveitada, é imprescindível a implementação de políticas de incentivo que promovam a adoção e o desenvolvimento de tecnologias.

Conforme apontado por Moreira Júnior e Souza (2020), o potencial energético solar do Brasil apresenta uma média anual consideravelmente alta em comparação com a Alemanha, que recebe 40% menos radiação do que a região menos ensolarada do Brasil, essa diferença é demonstrada na Figura 8. Contudo, mesmo com condições climáticas menos favoráveis que as brasileiras, a Alemanha tem demonstrado um aproveitamento superior, graças a tecnologias e mecanismos de incentivo eficazes

¹⁴ SolarGis é uma plataforma online que oferece mapas de alta qualidade sobre a irradiação solar e o clima para suporte a projetos de Energia Solar. Disponível em: <<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download>>. Acesso em: 17 de junho de 2023.

para a expansão da Energia Solar. Atualmente, é um país bem-sucedido no desenvolvimento desta fonte de energia.

Figura 8 – Mapa de Recursos Solares – Irradiação Normal Global (ING)¹⁵. Comparação entre os mapas do Brasil (esquerda) e da Alemanha (Direita). A escala de cores indica a intensidade da irradiação em cada região.



Fonte: Adaptado do SolarGis, 2019.

Assim, é perceptível que, mesmo em regiões do Brasil onde as médias de irradiação são mais baixas, como é o caso da região Sul, o aproveitamento da energia solar ainda é significativamente promissor. Este fato ressalta o potencial do Brasil para explorar esta fonte de energia renovável e inesgotável. Portanto, o desafio que se coloca é o de criar e implementar políticas de incentivo e desenvolvimento tecnológico capazes de otimizar esses aproveitamentos, de maneira a contribuir para um futuro energético mais sustentável.

Diante do exposto nesta seção, torna-se importante introduzir essas discussões em sala de aula. Porque a conscientização dos jovens estudantes acerca do potencial solar brasileiro pode motivá-los a aprofundar seus conhecimentos no tema, mas também incitar uma visão crítica e proativa frente aos desafios energéticos e ambientais contemporâneos.

¹⁵ ING é a quantidade total de radiação solar, direta e difusa, que atinge uma superfície perpendicular (ou normal) à direção do sol. Medida, usualmente, em watt-hora por metro quadrado (Wh/m²), a ING é essencial para a análise do potencial solar de uma região.

2.2 O SOL

A apreciação cotidiana do nascer e ocaso¹⁶ do Sol, proporciona uma percepção de constância em seu brilho e calor. Contudo, no século XIX, essa aparente perpetuidade do sol apresentava um grande desafio para os astrofísicos. Conforme Comins e Kaufmann III (2010), a questão fundamental era entender como o Sol poderia continuar irradiando vastas quantidades de energia ao longo do tempo, parecendo um fornecimento inesgotável de luz e calor.

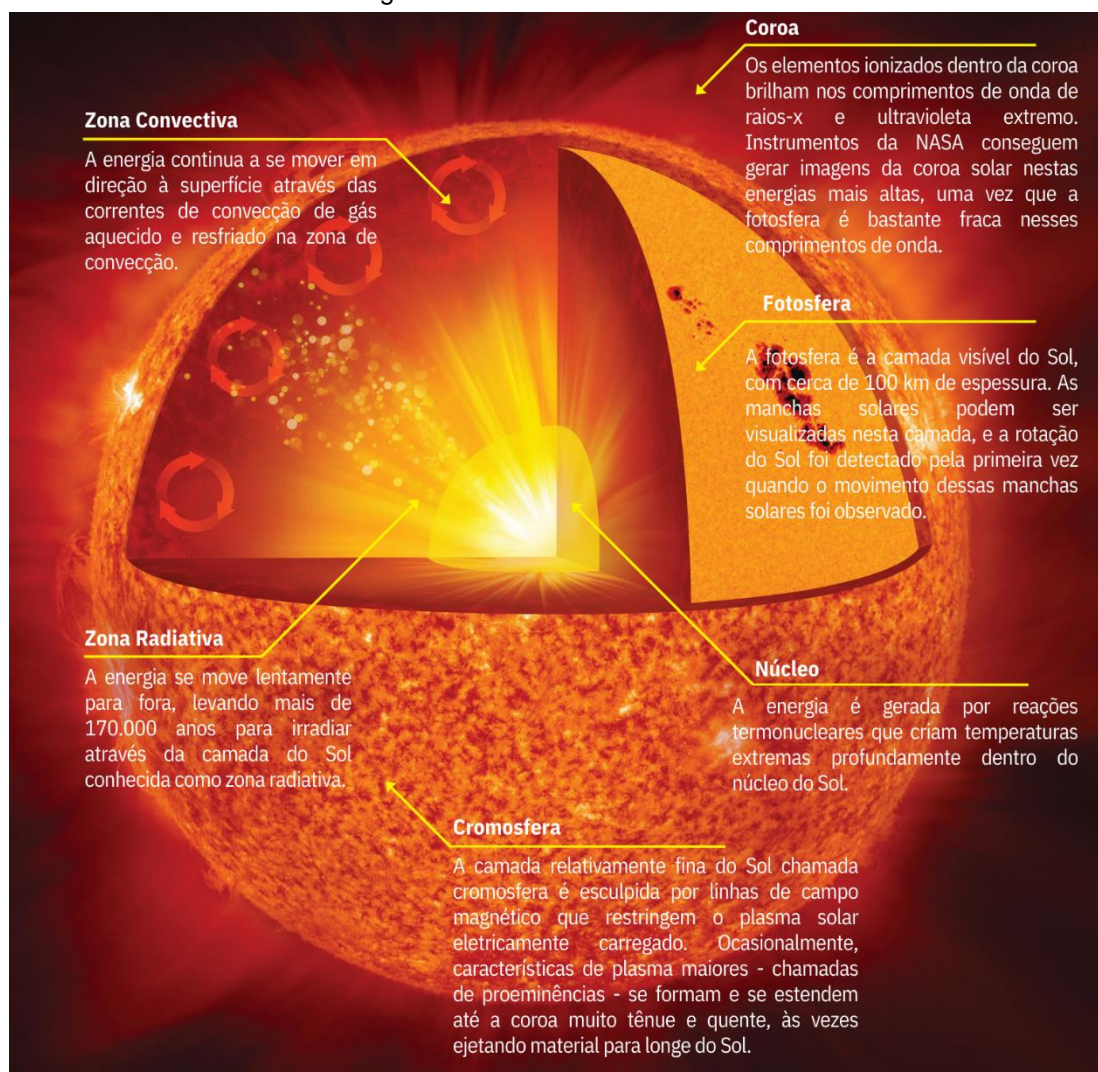
Atualmente, temos um entendimento da dinâmica do Sol, bem como da composição química de sua superfície e atmosfera. No entanto, a origem da radiação eletromagnética do Sol não pode ser justificada apenas por essas regiões exteriores, pois a sua verdadeira fonte está no seu interior. Nesta seção, apresento a estrutura interna do Sol, detalhando como a energia é produzida em seu núcleo e viaja até alcançar o nosso planeta.

2.2.1 O interior do Sol

O Sol possui uma estrutura interna composta por diversas camadas, com temperaturas, pressões e formas de propagação de energia diferentes. De acordo com Gómez, J.M. Rodríguez *et al.* (2018), essas camadas incluem o núcleo, a zona radiativa, a zona convectiva, a fotosfera, a cromosfera, a região de transição e a coroa. Cada uma destas regiões possui propriedades e comportamentos específicos que contribuem para o mecanismo geral do Sol. Na Figura 9, é apresentado um esquema que ilustra a estrutura do Sol, delineando suas principais regiões.

¹⁶ Ocaso é um termo de origem latina, que se refere ao momento em que um astro, em especial o Sol, desaparece no horizonte devido à rotação da Terra.

Figura 9 - Anatomia do Sol.



Fonte: Adaptado da NASA/Jenny Mottar¹⁷, 2013.

Conforme discutido pela NASA (2012), o Sol é uma massa incandescente de hidrogênio, hélio e outros elementos mais pesados. Embora pareça constante e inalterado do nosso ponto de vista na Terra, na verdade possui um sistema dinâmico e variável de campos magnéticos que se retorcem e causam eventos solares de poder quase inimaginável.

Além disso, ele não gira uniformemente. Na superfície, as regiões equatoriais do Sol giram mais rápido do que as regiões polares. No entanto, no interior do Sol, a parte da zona convectiva mais próxima à superfície gira mais rápido no equador e mais devagar nos polos. A parte da zona convectiva que fica logo acima da zona radiativa gira mais lentamente no equador e mais rápido próximo aos polos.

¹⁷ Disponível em: <https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/science/solar-anatomy.html>. Acesso em: 18 de junho de 2023.

Segundo NASA (2012), a taxa diferencial de rotação entre as zonas radiativa e convectiva é considerada a responsável pela formação dos campos magnéticos solares e pela origem do Dínamo Solar¹⁸. A variação nas velocidades de rotação dentro da zona convectiva torce os campos magnéticos, fazendo com que eles se deformem e se cisalhem à medida que se entrelaçam para fora em direção à superfície do Sol.

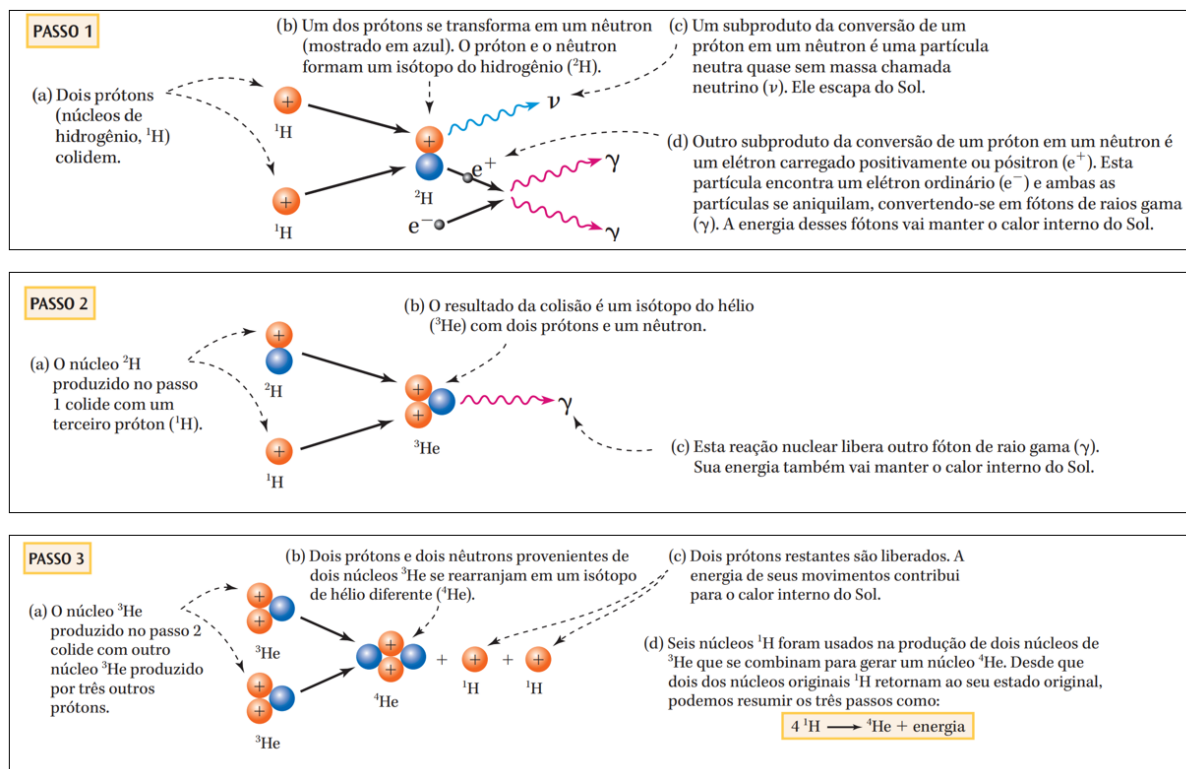
2.2.2 A origem da energia do Sol

Conforme descrito por Comins e Kaufmann III (2010), a chave para a radiante energia do Sol está em sua massa. Esta gera uma força gravitacional suficientemente poderosa para comprimir o gás em seu núcleo, aumentando sua temperatura para cerca de 15,5 milhões de Kelvin. Além disso, a pressão em seu interior alcança aproximadamente $3,4 \times 10^{11}$ atm, enquanto sua densidade é cerca de 160 vezes maior do que a da água. Este cenário, aliado à disponibilidade de prótons de hidrogênio, propicia a ocorrência da fusão termonuclear, resultando na liberação de energia.

A fusão de hidrogênio no Sol normalmente ocorre através de uma sequência de etapas conhecida como cadeia próton-próton, veja a Figura 10. Cada uma dessas etapas libera energia que contribui para o aquecimento do Sol e confere a ele sua característica luminosidade.

¹⁸ Dínamo Solar é um processo teórico que descreve como o campo magnético do Sol é gerado e mantido. Envolve a conversão de energia cinética do movimento de convecção do plasma solar em energia magnética. Este processo é responsável por criar o ciclo de atividade magnética solar de 11 anos, que é evidenciado por fenômenos como manchas solares e ejeções de massa coronal.

Figura 10 – Caminho mais comum para a fusão do hidrogênio no Sol. Esta sequência é chamada de cadeia próton-próton, ou cadeia PP.



Fonte: Adaptado de Comins e Kaufmann III, 2010.

Conforme descrito por Comins e Kaufmann III (2010), a reação nuclear que ocorre no Sol demanda quatro prótons de hidrogênio para formar um isótopo de hélio-4. Quando se calcula a energia liberada durante esse processo, percebe-se que uma pequena fração (0,7%) da massa do hidrogênio não integra a massa do isótopo do hélio. Essa massa é transformada em energia, conforme expresso na Equação 2.1, proposta por Albert Einstein. Embora essa fração de massa seja pequena, a quantidade de energia liberada por todas as reações é imensa, e essa produção de energia deve continuar por pelo menos mais 5 bilhões de anos.

$$E = m \cdot c^2 \quad (\text{Equação 2.1})$$

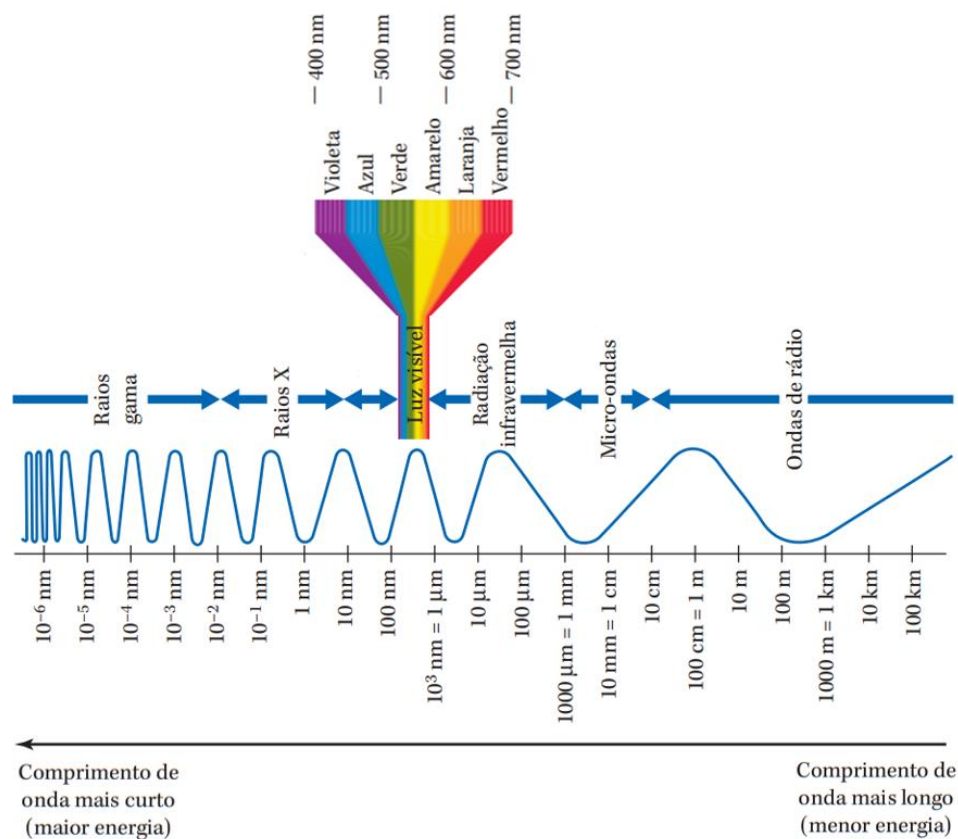
Os fótons de raios gama produzidos pela fusão nuclear contrabalançam a força da gravidade exercida pela massa do Sol. No entanto, devido ao longo percurso até a superfície solar (fotosfera), que é repleto de obstáculos, essa radiação perde energia, o que resulta em um alongamento do seu comprimento de onda. Por essa razão, a

radiação que o Sol emite está predominantemente na faixa do infravermelho, visível e ultravioleta do espectro eletromagnético.

2.2.3 A Radiação Solar

A radiação eletromagnética está relacionada com as cargas elétricas aceleradas que irradiam energia conforme o espectro eletromagnético (consulte a Figura 11). O Sol, como um corpo aquecido, emite radiação em todas as frequências de onda, mas com intensidades que variam. Compreender este aspecto é fundamental para decifrar a Energia Solar, uma vez que nos permite determinar suas propriedades, como temperatura e composição química, e projetar sistemas que possam converter essa energia em formas que sejam úteis para nós.

Figura 11 - Espectro eletromagnético, das ondas de rádio aos raios gama. A luz visível, uma fração mínima do espectro, está destacada. Lembre-se: $1 \mu\text{m} = 10^{-6}$ metros e $1 \text{nm} = 10^{-9}$ metros.



Fonte: Adaptado de Gómez et al, 2018.

Quando um corpo qualquer possui temperatura diferente do zero absoluto¹⁹, emitirá radiação. Portanto, todos os objetos ao nosso redor emitem, no mínimo, radiação térmica. Embora essa propriedade dos materiais dependa de sua composição, é possível idealizar um corpo cuja radiação térmica ocorra de maneira universal - isto é, independentemente de sua composição, mas apenas de sua temperatura, conhecido como "Corpo Negro".

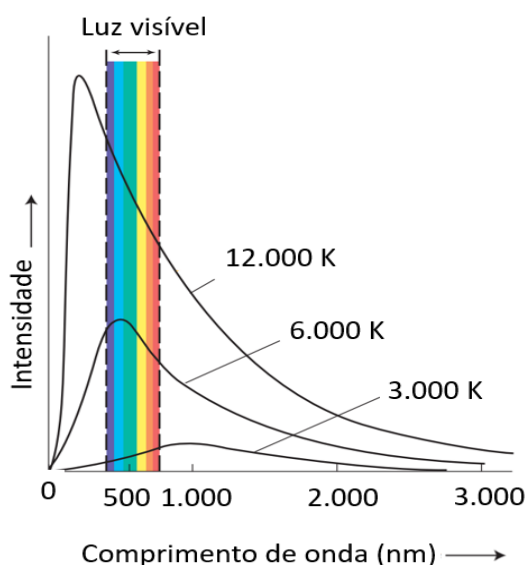
Conforme descrito por Gómez *et al.* (2018), imagine um objeto de metal (alta condutividade térmica) sendo aquecido. Inicialmente, você notará o aumento de calor, mas não a emissão de luz, indicando que está emitindo mais radiação infravermelha do que luz visível, por exemplo. Se o aquecimento persistir, o objeto começará a brilhar com uma cor vermelha incandescente visível. Se o material for resistente e o aquecimento continuar, a cor mudará para um amarelo brilhante e depois para branco. Caso o material não entre em fusão, a cor evoluirá para um azul cada vez mais brilhante. Se direcionarmos a luz emitida por esse objeto aquecido através de um prisma ou de uma rede de difração, veremos que todos os comprimentos de onda estão presentes, mas um deles se destaca pela sua intensidade. Este comprimento de onda predominante determina a cor de emissão que percebemos no objeto.

Ao aproximar o comportamento desses objetos aquecidos como um corpo que é capaz de absorver toda a radiação eletromagnética que incide e aquece o corpo, que, por sua vez, reemite a energia absorvida. Então, a intensidade dessa reemissão varia em todos os comprimentos de onda que o corpo recebeu, esse é o Corpo Negro idealizado.

Ao medir a intensidade da radiação emitida por um corpo negro em diversos comprimentos de onda, podemos traçar em um gráfico a curva representativa de sua emissão em todos esses comprimentos de onda (consulte a Figura 12). Esse perfil nos permite analisar e compreender o comportamento térmico e radiativo do corpo, fornecendo informações sobre suas propriedades físicas e condições de temperatura.

¹⁹ Zero absoluto é a menor temperatura possível que pode ser atingida no universo, equivalente a -273,15 graus Celsius ou -459,67 graus Fahrenheit. Nesse ponto, teoricamente, as partículas atômicas cessam todo movimento cinético.

Figura 12 - Emissão de radiação de um corpo negro em variadas temperaturas. A temperatura elevada encurta o comprimento de onda de pico e intensifica a emissão luminosa em todos os comprimentos de onda.



Fonte: Adaptado de Comins e Kaufmann III (2010).

O comprimento de onda de máxima emissão ($\lambda_{m\acute{a}x}$), isto é, o pico de emissão, pode ser calculado pela Equação 2.2, onde T é a temperatura medida em Kelvins. Isso é conhecido como a Lei de Wien.

$$\lambda_{m\acute{a}x}(m) = \frac{2,93 \times 10^{-3}}{T} \quad \text{Equação 2.2}$$

A Lei de Stefan-Boltzmann, mostrada na Equação 2.3, determina a energia total emitida por cada unidade de área da superfície do corpo aquecido em cada segundo, onde P é a potência total emitida, em Watts, T a temperatura, em Kelvin, σ é a constante de Stefan-Boltzmann, $5,6697 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$, e A é a área da superfície do corpo.

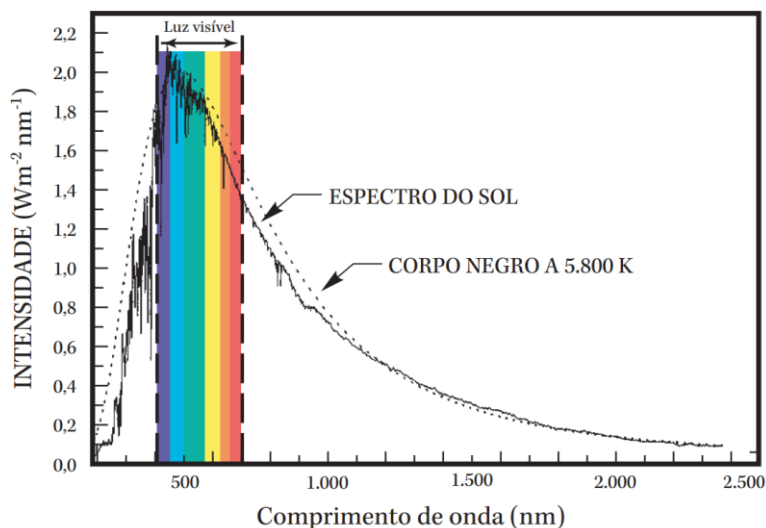
$$P = \sigma T^4 A \quad \text{Equação 2.3}$$

Por meio dessa equação, é possível determinar a Irradiância Solar Total (TSI), também conhecida como constante solar (S_0), que é aproximadamente $1361 W/m^2$, valor, também, obtido a partir de medições extraterrestres. A exatidão dessa medida é bastante controversa e diversos estudos adotam valores diferentes, principalmente

devido a erros de medição e a variações, ainda que pequenas, da irradiância solar causadas pela atividade solar. No entanto, este valor é crucial para entender como a atmosfera terrestre influencia a atenuação da radiação solar que atinge a superfície terrestre.

Conforme discutido, o Sol é um corpo que irradia devido ao aquecimento. Portanto, podemos entender seu espectro de radiação utilizando a curva de corpo negro (consulte a Figura 13). Assim, é possível determinar a curva que mais se ajusta ao espectro solar, permitindo a determinação da temperatura da superfície solar e sua cor.

Figura 13 - Comparação da luz solar com a radiação de um corpo negro a 5.800 K. O espectro solar, obtido no topo da atmosfera, apresenta semelhanças com essa radiação.



Fonte: Comins e Kaufmann III, 2010.

De acordo com Comins e Kaufmann III (2010), a curva de corpo negro a 5800 K sugere que a superfície do Sol deve ter, em média, essa temperatura. No entanto, é notável que o verdadeiro espectro de radiação do Sol não coincide exatamente, nem é tão suave quanto essa curva teórica. Essa discrepância pode ser explicada por diversos fatores, como a química estelar e entre outros aspectos.

2.3 A IRRADIÂNCIA SOLAR NA SUPERFÍCIE DA TERRA

Segundo Gómez *et al.* (2018), vários processos químicos, físicos e biológicos na Terra tem a Radiação Solar como principal fonte de energia. Portanto, as variações dessa energia devem ser estudadas para entender o impacto que elas podem ter na vida em nosso planeta. Fatores como a atividade solar, a distância entre o Sol e a Terra, os movimentos relativos e a atmosfera terrestre são relevantes nesse contexto e são discutidos nas próximas subseções.

2.3.1 Atividade Solar

Segundo Echer *et al.* (2003), as manchas solares²⁰ constituem um dos fenômenos mais interessantes para o estudo da atividade solar. Elas surgem devido ao intenso campo magnético do Sol e apesar de várias teorias buscarem explicar a origem dessas manchas, o modelo mais aceito atualmente propõe a existência de um dínamo solar²¹.

Entender a variação das manchas solares ao longo do tempo mostra como a atividade solar se comporta ao longo de um ciclo solar²². A Figura 14 mostra uma série histórica, entre 1978 e 1980, da variação da irradiância solar total no topo da atmosfera terrestre. Essa variação ao longo do tempo é objeto de estudo de vários cientistas no mundo, porque afeta o clima e a atmosfera terrestre.

Estudos como o de Echer *et al.* (2003) indicam uma possível ligação entre o clima terrestre e as atividades solares. No entanto, essa relação ainda não é

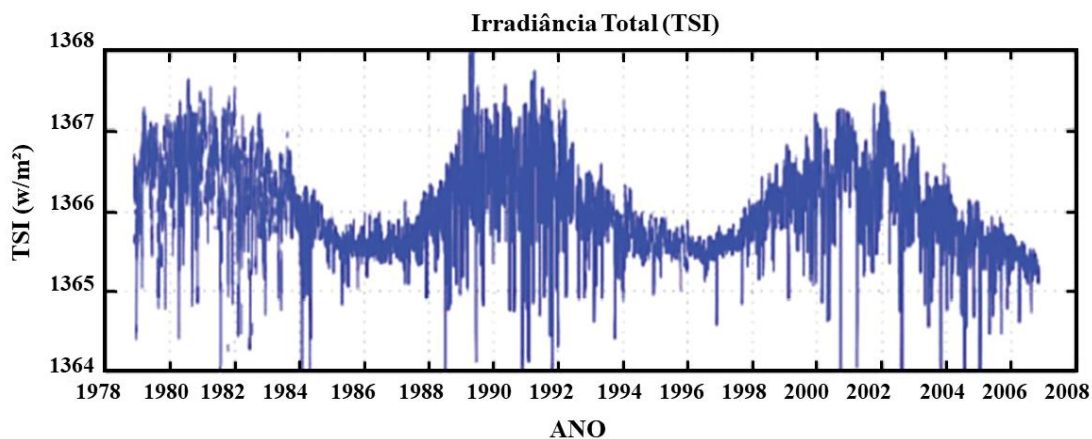
²⁰ Manchas solares são áreas na superfície do Sol que possuem fortes campos magnéticos emergentes. Esses campos fazem com que a área esfrie ligeiramente, resultando em uma região mais escura em contraste com a fotosfera intensamente brilhante.

²¹ Dínamo Solar é o processo teórico pelo qual o campo magnético do Sol é gerado. De acordo com essa teoria, o movimento do plasma, carregado eletricamente, no interior do Sol cria e mantém o seu campo magnético.

²² O Ciclo Solar é a atividade observada de manchas solares altas e baixas que se repete a cada 11 anos.

totalmente compreendida, e a complexidade em identificar todas as variáveis que afetam o clima torna esse estudo ainda mais desafiador.

Figura 14 - Série histórica da Irradiância Solar Total de 1978 a 2008. Esta representação ilustra a periodicidade observada entre os picos máximos e mínimos ao longo de um ciclo de aproximadamente 11 anos, característico da atividade solar.



Fonte: ECHER et al, 2003.

A variação da Irradiância Solar Total (TSI) ²³ decorrente do ciclo de atividade solar é minimamente relevante quando consideramos a construção de sistemas que convertem a energia solar em outras formas de energia úteis para nós. De fato, essa variação é tão pequena que pode ser praticamente desprezada. A relação percentual entre o pico máximo e mínimo da série histórica gira em torno de apenas 0,3%.

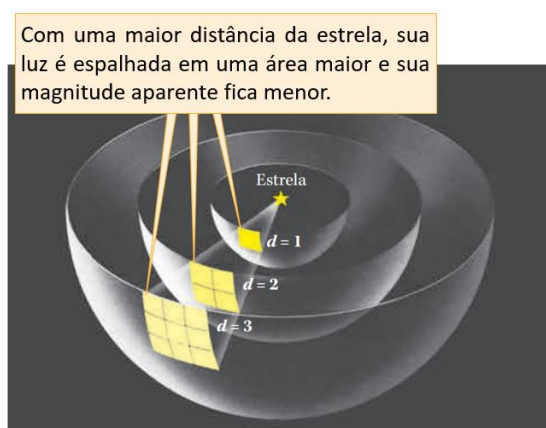
²³ Irradiância Solar Total (TSI, do inglês "Total Solar Irradiance") é a quantidade total de energia solar que chega à Terra por unidade de área e tempo.

2.3.2 A distância entre o Sol e a Terra

O Sol emite luz de forma isotrópica²⁴ no espaço. Assim, a intensidade luminosa em um determinado ponto é inversamente proporcional ao quadrado da distância desse ponto ao Sol. A radiação solar é definida pela área da esfera que abrange esse ponto, conforme representado na Figura 15. A relação é dada por: Luminosidade \propto

$$\frac{1}{\text{distância}^2}$$

Figura 15 - Lei do inverso do quadrado da distância: à medida que a distância da fonte luminosa aumenta, a mesma radiação ilumina uma área maior, diminuindo o brilho. Dessa forma, triplicar a distância reduz o brilho em um fator de 9.



Com uma maior distância da estrela, sua luz é espalhada em uma área maior e sua magnitude aparente fica menor.

Fonte: Comins e Kaufmann III, 2010.

O Sol encontra-se a aproximadamente 1 Unidade Astronômica (UA)²⁵ da Terra, o que implica que apenas uma fração da sua radiação nos alcança. Cálculos indicam que a radiação solar nessa distância corresponde à constante solar S_0 , cujo valor é cerca de 1361 W/m², conforme mencionado anteriormente.

Este valor é válido para qualquer ponto em uma esfera cujo raio seja a média da distância entre o Sol e a Terra. Contudo, é importante levar em consideração os movimentos relativos da Terra, que afetam esse valor em pontos específicos de sua superfície.

²⁴ Propagação isotrópica significa que irradia uniformemente em todas as direções através do espaço.

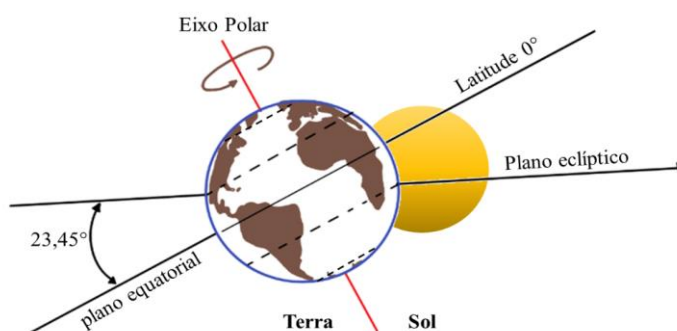
²⁵ Unidade Astronômica (UA) é a unidade de medida usada principalmente na astronomia para quantificar distâncias dentro do sistema solar. Definida como a distância média entre a Terra e o Sol, que é aproximadamente 149.6 milhões de quilômetros.

2.3.3 Movimentos relativos entre a terra e o sol

Compreender os movimentos do sistema Terra-Sol é fundamental para avaliar o impacto da energia solar em diferentes locais do mundo. O fluxo de radiação que incide sobre a superfície terrestre é modulado por uma variedade de fatores, que provocam alterações tanto na dimensão temporal quanto na espacial. Portanto, essas variações desempenham um papel fundamental na determinação da eficiência dos sistemas de Energia Solar.

A Terra segue uma órbita elíptica ao redor do Sol, um ciclo completo do qual é definido como Ano Solar²⁶. Além deste movimento, a Terra também gira em torno de seu próprio eixo polar, resultando na variação diária da Energia Solar. Adicionalmente, a inclinação do eixo terrestre em relação ao plano de sua órbita, ilustrada na Figura 16, associada ao seu Movimento de Revolução, provoca as mudanças das estações do ano, influenciando a variabilidade anual do recurso solar.

Figura 16 – Ilustração, fora de escala, da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano da órbita terrestre (Plano Eclíptico).

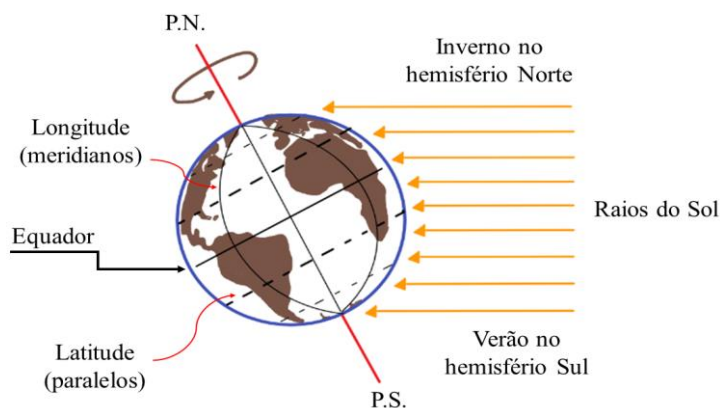


Fonte: O Autor, 2023.

Devido a esses fatores, a posição geográfica irá influenciar a incidência de radiação solar em qualquer local na Terra. Para entender isso, considere que os raios solares atingem o planeta de forma paralela, como ilustrado na Figura 17. No entanto, devido à inclinação do eixo de rotação da Terra, cada hemisfério receberá diferentes insolações ao longo do ano. Este fenômeno resulta nas diferentes estações do ano.

²⁶ Ano Solar é o período que a Terra leva para uma revolução completa em torno do Sol.

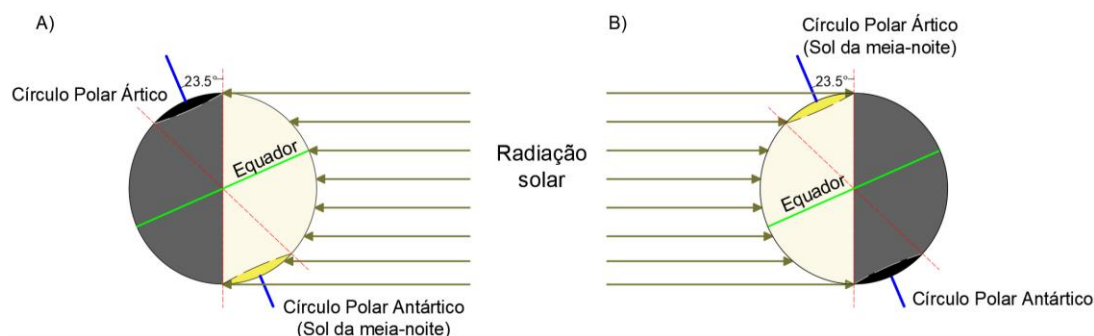
Figura 17 - Ilustração da incidência dos raios, considerados paralelos, sobre o globo terrestre. A inclinação do eixo de rotação da Terra resulta em diferentes níveis de insolação nos hemisférios ao longo do ano.



Fonte: O Autor, 2023.

Casos particulares ocorrem dentro dos círculos polares²⁷. Em certos períodos do ano, essas regiões não recebem luz solar por longos períodos. Em contrapartida, em outros momentos, o Sol permanece acima do horizonte por vários meses, um fenômeno conhecido como Sol da meia-noite (conforme ilustrado na Figura 18).

Figura 18 – Insolação diferenciada dos hemisférios quando ocorrem os solstícios²⁸. Além disso, o fenômeno do Sol da meia-noite ocorre durante o verão nos Círculos Polares, onde o Sol permanece visível no céu por até 24 horas.



Fonte: O Autor, 2023.

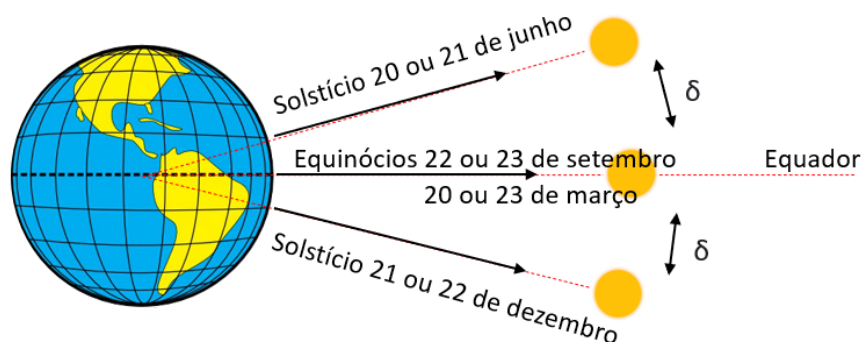
²⁷ Círculos Polares são paralelos de latitude situados a $66^{\circ} 33' 44''$ ao norte e ao sul do equador. No hemisfério norte, este círculo é chamado de Círculo Polar Ártico, enquanto no hemisfério sul, é conhecido como Círculo Polar Antártico.

²⁸ Solstícios são eventos astronômicos que marcam o início do verão e do inverno. Eles ocorrem quando o Sol atinge sua maior ou menor declinação em relação ao equador, proporcionando, respectivamente, o dia mais longo (solstício de verão) e o dia mais curto (solstício de inverno) do ano.

A declinação do Sol (δ)²⁹, que varia em relação ao equador (conforme demonstrado na Figura 19), influencia a posição do Sol em relação ao horizonte em diferentes locais na Terra. A partir do início do solstício de verão, o Sol alcança sua maior altura em relação ao horizonte. Nos dias de equinócio, a radiação solar é distribuída igualmente entre os dois hemisférios do planeta. No entanto, esse equilíbrio desaparece conforme nos aproximamos das datas dos solstícios.

O movimento aparente do Sol é limitado pelos ângulos de declinação máximos e mínimos, de modo que o percurso solar é observado de maneira diferente em diversas latitudes do globo terrestre. Portanto, para maximizar a utilização da Energia Solar, é crucial compreender este ciclo anual do Sol. Porque o conhecimento dessas trajetórias permite um melhor planejamento e projeto de sistemas de captação do recurso solar, aumentando assim sua eficiência e produtividade.

Figura 19 – Representação não proporcional da Terra evidenciando a variação de δ anualmente. A linha conectando o centro da Terra ao Sol cruza diferentes paralelos, variando de $+23^{\circ}26'$ a $-23^{\circ}26'$ em relação ao equador.



Fonte: O Autor, 2023.

Considerando que cada latitude na Terra apresenta uma trajetória solar com diferentes declinações e, conseqüentemente, alturas solares³⁰ variáveis ao meio-dia

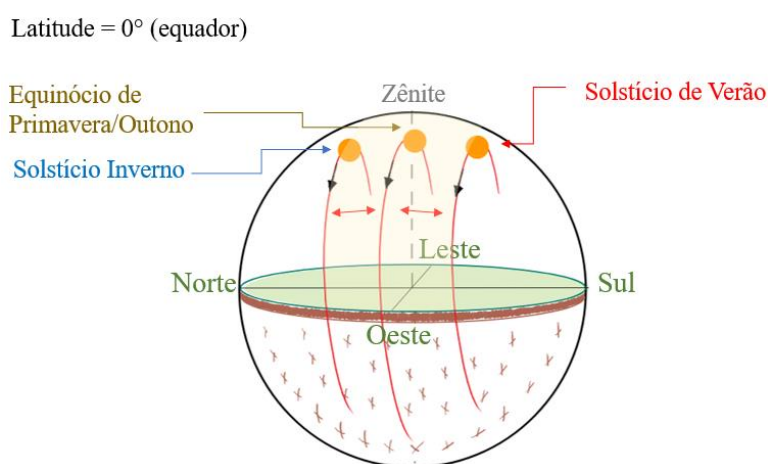
²⁹ Declinação do Sol (δ) é a distância angular, medida a partir da linha do equador terrestre, até o paralelo interceptado pela linha que une o centro da Terra ao Sol. Ela varia ao longo do ano entre $+23^{\circ} 26'$ e $-23^{\circ} 26'$. Essa medida é fundamental para o cálculo da posição do Sol em relação a qualquer ponto na Terra em um determinado momento.

³⁰ Altura solar refere-se ao ângulo entre a linha do horizonte do observador local e a linha que aponta diretamente para o Sol. Este ângulo varia ao longo do dia e do ano, dependendo da localização geográfica e da época do ano. Além disso, influencia na quantidade de energia solar que uma determinada localização recebe.

solar³¹, torna-se importante avaliar o impacto dessas diferenças na eficiência energética dos sistemas solares.

A Figura 20 ilustra a trajetória do Sol para uma latitude de zero graus (0°), situação na qual a trajetória solar diária apresentará um ângulo zenital³² igual a zero duas vezes ao ano, nos equinócios de março e setembro. Devido à proximidade do equador, as variações diárias na duração do dia e da noite são menos acentuadas em comparação com latitudes mais altas. Isso proporciona uma distribuição de luz solar bastante uniforme ao longo do ano.

Figura 20 - Ilustração do percurso solar na latitude zero (0°). Esse movimento aparente do Sol é observado do equador. A representação está fora de escala para melhor visualização.



Fonte: O Autor, 2023.

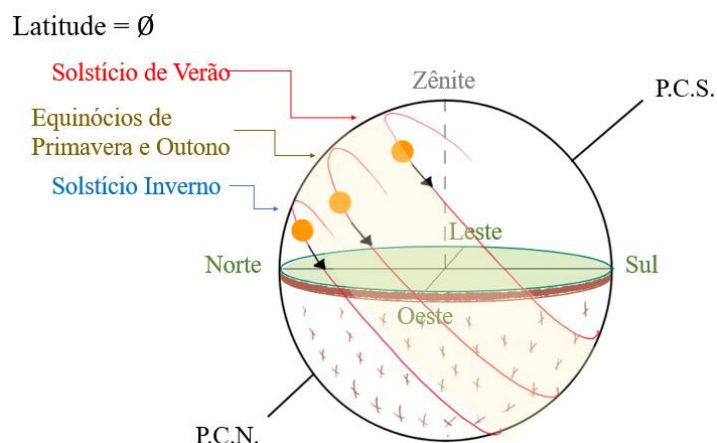
À medida que nos deslocamos do equador em direção ao sul, o percurso aparente do Sol se inclina progressivamente para o norte, como mostrado na Figura 21. Essa mudança faz com que, durante o inverno, o Sol permaneça visível por menos tempo, resultando em dias mais curtos e noites mais longas. Durante o verão, por outro lado, a trajetória do Sol se eleva, mas ainda assim, dependendo da latitude, pode nunca alcançar o zênite do observador. Como resultado dessas características,

³¹ Meio-dia Solar refere-se ao momento em que o Sol atinge o ponto mais alto no céu em um determinado dia, estando diretamente acima da linha meridiana do observador. Vale destacar que esse momento não, necessariamente, coincide com o horário civil.

³² Ângulo Zenital é o ângulo entre a vertical que passa por um ponto na superfície da Terra e a linha que une esse ponto a outro ponto de interesse, como o Sol. O ângulo zenital é 0° quando o ponto de interesse está diretamente acima (na vertical) e 90° quando está no horizonte. Portanto, quanto maior o ângulo zenital, mais próximo do horizonte o Sol está.

as regiões mais distantes do equador geralmente recebem menos irradiação solar em uma média anual.

Figura 21 - Ilustração da trajetória solar ao longo do ano em uma latitude específica (φ) do Hemisfério Sul. PCN indica o Polo Celeste Norte. A representação está fora de escala para melhor visualização.

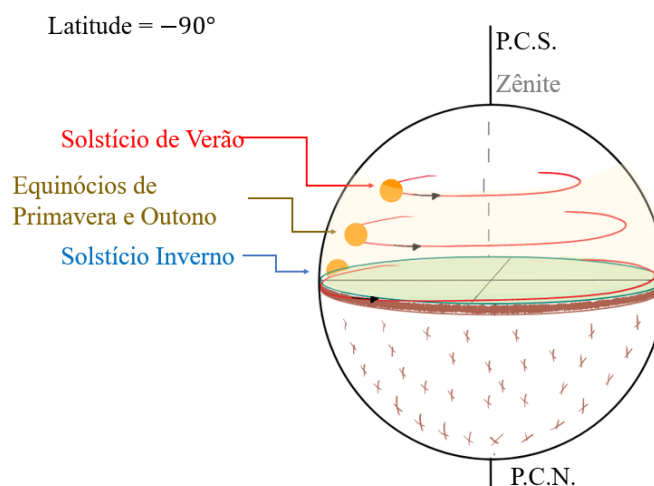


Fonte: O Autor, 2023.

O caso mais intrigante da trajetória aparente do Sol ocorre nos polos Norte e Sul. Nessas regiões, o eixo de rotação encontra-se no zênite do observador; portanto, a esfera celeste gira em torno desse eixo, como pode ser observado na Figura 22. Fora destes pontos, mas ainda dentro dos círculos polares, a trajetória se inclina, mas ainda assim pode gerar períodos prolongados de fotoperíodos³³.

Figura 22 - Representação da trajetória solar ao longo do ano, em uma latitude ($\emptyset = -90^\circ$) no Hemisfério Sul. Note-se que a representação está fora de escala para melhor visualização.

³³ Fotoperíodo diz respeito à duração da exposição à luz solar ao longo de um ciclo de 24 horas. Durante o verão, a quantidade de horas de iluminação é maior em comparação ao inverno. A variação anual do fotoperíodo se torna mais acentuada à medida que nos afastamos do equador.



Fonte: O Autor, 2023.

Segundo Martins e Pereira (2019, p.25) “A quantidade de energia solar que incide na superfície da Terra apresenta uma distribuição espacial e sazonal intrinsecamente associadas aos movimentos relativos entre o nosso planeta e o Sol”. Portanto, para maximizar a utilização da energia emitida pelo Sol, é necessário considerar todos esses fatores.

2.3.4 Atmosfera Terrestre

A Atmosfera Terrestre desempenha um papel crucial na quantidade de irradiação solar que alcança a superfície do nosso planeta. A Massa de Ar³⁴ influencia diretamente a quantidade de energia recebida. O espectro solar é atenuado pelos constituintes atmosféricos, como gases, partículas e nuvens, que atuam como absorventes e dispersantes de radiação. Tais fenômenos são de suma importância para a manutenção da vida, o equilíbrio climático global e a eficiência dos sistemas de aproveitamento da Energia Solar.

³⁴ Massa de Ar é a trajetória que a luz solar percorre através da atmosfera da Terra. Quando a altura do Sol diminui, a Massa de Ar aumenta, indicando que a trajetória é mais longa e a atenuação da radiação solar é mais intensa.

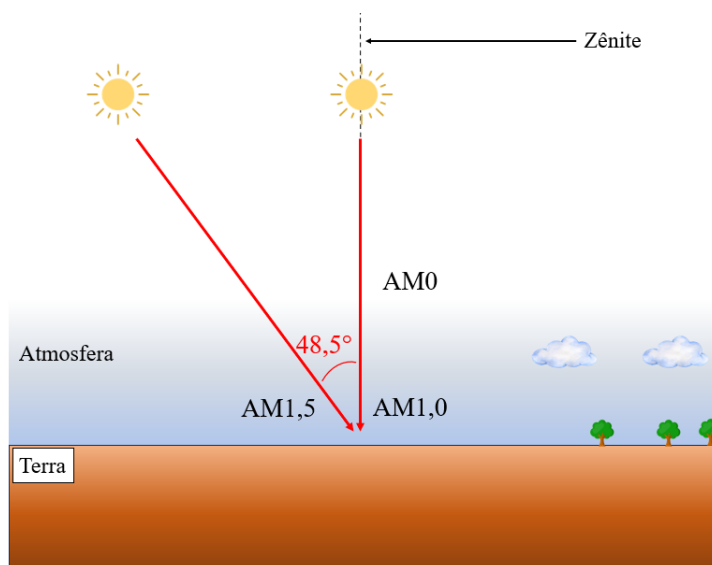
2.3.4.1 Massa de Ar

Conforme Villalva (2015), quando a radiação solar atinge o topo da atmosfera, ela interage com gases e partículas, como poeira e vapor d'água, entre outros. Devido ao movimento diurno aparente do Sol, os raios solares podem percorrer diferentes distâncias dentro da camada atmosférica. Portanto, da aurora ao crepúsculo, podemos experimentar diferentes intensidades de radiação solar.

A Massa de Ar é definida pela sigla AM (Air Mass), representada na Figura 23, e a sua quantificação pode ser determinada pela Equação 2.4, onde θ_z é o ângulo zenital do Sol.

$$AM = \frac{1}{\cos \theta_z} \quad \text{Equação 2.4}$$

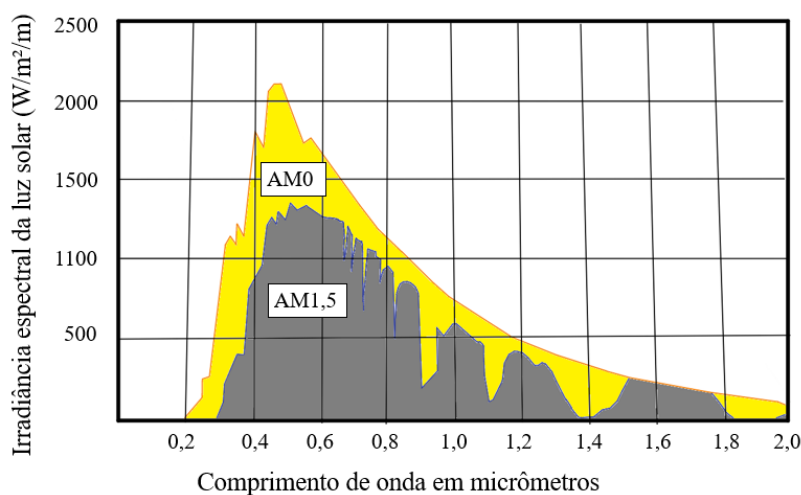
Figura 23 - Ilustração fora de escala da incidência solar. AM0 refere-se à radiação no espaço, AM1,0 ao Sol no zênite. Com ângulo de $48,5^\circ$, a atenuação dos raios aumenta devido à Massa de Ar de 1,5.



Fonte: O Autor, 2023.

Com base no que foi apresentado, o perfil da radiação solar é influenciado pela Massa de Ar. Além disso, a atenuação da radiação pode ocorrer em diferentes comprimentos de onda. Consulte a Figura 24 para compreender melhor isso.

Figura 24 - Características da Radiação Solar para as massas de ar AM0 e AM1,5. Quando os raios solares penetram na atmosfera acabam sofrendo interferências devido aos fenômenos relacionados a interação luz-atmosfera.



Fonte: Villalva, 2015.

A Massa de ar é importante, inclusive, para compreender o clima da Terra. Existem regiões do planeta que o percurso solar ao longo do ano está tão inclinado em relação a vertical do local que a incidência solar resulta em uma maior AM o que contribui para a menor intensidade de luz e calor recebidos nessas regiões, especialmente nas zonas polares e temperadas. Assim:

Nos países dentro da zona tropical do planeta, situada entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, os raios solares incidem com ângulos zenitais menores e por isso ficam sujeitos a massas de ar reduzidas. Por essa razão as zonas tropicais são mais iluminadas e quentes do que as temperadas. (VILLALVA, 2015, p. 41).

Para calcular a eficiência dos projetos de aproveitamento da Energia Solar, adota-se um espectro solar padrão, que é discutido na subseção seguinte.

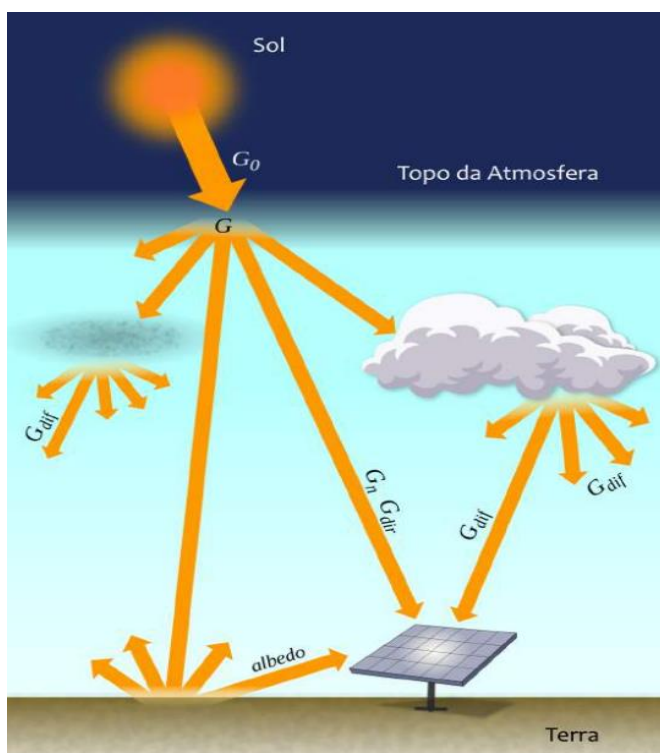
2.3.4.2 Espectro Solar Padrão

Quando os raios solares atingem a atmosfera, eles são divididos em algumas componentes. Segundo Martins e Pereira (2019, pag. 55), são:

- Irradiância extraterrestre (G_0): incidente em um plano imaginário situado no topo da atmosfera;
- Irradiância difusa (G_{dif}): incidente sobre uma superfície horizontal, decorrente do espalhamento do feixe solar direto pelos constituintes atmosféricos (moléculas, partículas, nuvens etc.);
- Irradiância direta normal (G_n): incidência direta do Sol, na direção normal à superfície, sem sofrer nenhum espalhamento durante o percurso na atmosfera;
- Irradiância direta (G_{dir}): é a parcela de G_n e determinada pelo produto dessa com o cosseno do ângulo zenital (θ_z);
- Irradiância no plano inclinado (θ_i): incidência solar sobre um plano inclinado em relação à superfície terrestre.

Esses componentes podem ser mais bem compreendidos por meio da Figura 25 . É importante entendermos esses fenômenos, pois eles mostram como as nuvens, poluição, e a própria composição atmosférica, podem dificultar o caminho livre da radiação solar.

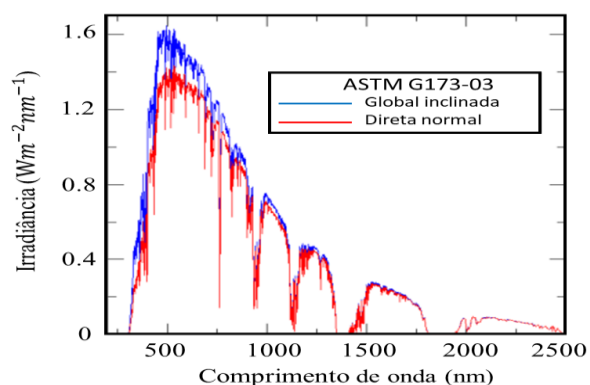
Figura 25 - Componentes da irradiância solar.



Fonte: Pereira *et al.* (2017).

De acordo com Martins e Pereira (2019), o estudo da eficiência dos módulos fotovoltaicos é baseado em um espectro de referência da Radiação Solar, descrito pela Norma ASTM G173-03/2003 da *American Society for Testing and Materials*. Consulte-o na Figura 26. Este espectro é obtido por meio de um modelo matemático para a transferência radiativa na atmosfera terrestre, conhecido como SMARTS2 - *Simple Model of the Atmospheric Radiative Transfer of Sunshine*.

Figura 26 - Modelo ASTM G173-03 mostrando irradiâncias global inclinada e direta normal para superfície a 37° do zênite. A global inclinada abrange a radiação direta e difusa na superfície inclinada.



Fonte: Haag e Krenzinger, 2010.

Embora o espectro padrão seja reconhecido mundialmente, ele não representa adequadamente a realidade, principalmente em outros lugares do mundo, como por exemplo o Brasil. Isso se deve ao fato de ter sido desenvolvido nos Estados Unidos, levando em conta a sua latitude média e considerando uma baixa concentração de aerossóis. Portanto, o desempenho efetivo dos sistemas de captação e conversão da energia solar pode apresentar diferenças significativas em relação ao padrão de referência.

Em algumas regiões do Brasil, a composição atmosférica apresenta variações sazonais, atribuídas não apenas ao clima, mas também aos períodos de queimadas que intensificam a presença de partículas, acarretando assim uma maior atenuação da radiação solar. Conforme apontado por Haag (2012, p. 3), "É evidente o impacto dos aerossóis na diminuição da irradiância solar direta e global na cidade de Cuiabá. Contudo, a componente difusa experimenta um aumento."

2.3.4.3 *Constituintes Atmosféricos*

Como discutido, a atmosfera terrestre, composta por gases e partículas sólidas e líquidas, influencia significativamente o espectro da radiação solar que atinge a superfície. Conforme Neves (2016), mesmo que alguns desses elementos estejam presentes em proporções de massa ou volume reduzidas, o impacto deles na radiação solar é considerável.

Os gases podem ser classificados em dois tipos: permanentes e variáveis. Os gases permanentes constituem 99% do volume da nossa atmosfera, conforme mostrado na Tabela 1. A maior parte dessa concentração é composta de Nitrogênio e, em segundo lugar, Oxigênio. Os demais gases possuem volume relativo muito menor, como o Monóxido de Carbono, que compõe apenas 0,00008% do volume total.

Tabela 1 - Constituintes permanentes da atmosfera. O Dióxido de Carbono, Metano e Óxido Nitroso, mesmo sendo considerados permanentes, também são gerados pelas atividades humanas e suas concentrações podem crescer com o tempo.

GÁS	SÍMBOLO QUÍMICO	PROPORÇÃO DO VOLUME
Nitrogênio	N_2	78,084
Oxigênio	O_2	20,948

Continuação

GÁS	SÍMBOLO QUÍMICO	PROPORÇÃO DO VOLUME
Argônio	Ar	0,934
Dióxido de Carbono	CO_2	0,032
Neônio	Ne	$18,18 \times 10^{-4}$
Hélio	He	$5,24 \times 10^{-4}$
Criptônio	Kr	$1,14 \times 10^{-4}$
Xenônio	Xe	$0,089 \times 10^{-4}$
Hidrogênio	H_2	$0,5 \times 10^{-4}$
Metano	CH_4	$1,7 \times 10^{-4}$
Óxido Nitroso	N_2O	$0,3 \times 10^{-4}$
Monóxido de Carbono	CO	$0,08 \times 10^{-4}$

Fonte: Liou, 2002.

A concentração dos gases variáveis depende de fatores como localização geográfica, altitude, época do ano e até mesmo hora do dia. Embora seus volumes relativos sejam baixos, muitos desses gases têm a capacidade de atenuar significativamente o espectro solar. A Tabela 2 apresenta os constituintes variáveis da atmosfera terrestre.

Tabela 2 - Constituintes variáveis da atmosfera.

GÁS	SÍMBOLO QUÍMICO	PROPORÇÃO DO VOLUME (%)
Ozônio	O_3	$0 - 12 \times 10^{-4}$
Vapor de água	H_2O	$0 - 0,04$
Ácido Nítrico	HNO_3	traços
Amônia	NH_3	$0,004 \times 10^{-4}$
Sulfato de Hidrogênio	H_2S	$0,00005 \times 10^{-4}$
Dióxido de Enxofre	SO_2	$0,001 \times 10^{-4}$
Dióxido de Nitrogênio	NO_2	$0,001 \times 10^{-4}$
Óxido Nítrico	NO	$0,0005 \times 10^{-4}$
Clorofluorcarbonos	$CFCL_3$, CF_2CL_2 , CH_3CCL_3 , CCL_4 etc.	traços

Fonte: Liou, 2002.

Diante do exposto, é fundamental compreender que a composição da atmosfera e as condições climáticas influenciam na atenuação da radiação solar.

Portanto, ao projetar e avaliar a eficiência dos sistemas de aproveitamento da Energia Solar, é imprescindível levar em conta esses fatores.

2.3.4.4 Atenuação da radiação solar pela atmosfera

Conforme Martins e Pereira (2019), a absorção e o espalhamento ocorrem simultaneamente. Portanto, a atenuação da radiação pode ser expressa pela seção de choque de extinção (σ_{ext}), definida pela Equação 2.5, na qual σ_a é a seção de choque de absorção e σ_s é a de espalhamento.

$$\sigma_{ext}(\lambda) = \sigma_a(\lambda) + \sigma_s(\lambda) \quad \text{Equação 2.5}$$

A seção de choque de extinção é um fator de ponderação que demonstra a eficiência com que uma molécula absorve ou espalha a radiação em cada comprimento de onda. Adicionalmente, pode ser interpretada em termos da probabilidade de uma molécula absorver ou dispersar a radiação eletromagnética em um comprimento de onda específico.

Conforme Martins e Pereira (2019), podemos definir a espessura óptica (τ_{at}) para quantificar a atenuação de radiação em um meio que contém um material opticamente ativo³⁵. É expressa pela Equação 2.6, onde $\sigma_{ext}(\lambda)$ é a seção de choque de extinção para cada comprimento de onda ao longo do trajeto, ds é a distância de integração e N_s (*partículas · cm⁻²*) a densidade numérica de átomos ou moléculas opticamente ativas.

$$\tau_{at} = \int \sigma_{ext}(\lambda) N_s ds \quad \text{Equação 2.6}$$

³⁵ Material Opticamente ativo, no contexto da radiação solar, refere-se à capacidade de moléculas, partículas ou gases da atmosfera em interagir com a luz solar, alterando sua direção ou absorvendo-a.

A radiação solar no topo da atmosfera (I_0), após atravessar uma espessura infinitesimal ds da atmosfera e sofrer uma redução infinitesimal dI , pode ser calculada pela Equação 2.7.

$$dI = -(\sigma_{ext}N_s) \cdot I \cdot ds \quad \text{Equação 2.7}$$

Ao integrar a Equação 2.7 ao longo do caminho percorrido pela radiação, obtemos a Equação 2.8.

$$I = I_0 \cdot e^{-\int(\sigma_{ext}N_s) \cdot ds} \quad \text{Equação 2.8}$$

Podemos definir $ds = \frac{dx}{\cos(\theta_z)}$, onde θ_z é o ângulo zenital, e denominar $\frac{1}{\cos(\theta_z)}$ como m , que é justamente a Massa de Ar (também chamada de AM). Ao fazer essa substituição, obtemos a Equação 2.9.

$$I = I_0 \cdot e^{-\int(\sigma_{ext}N_s) \cdot m \cdot dx} \quad \text{Equação 2.9}$$

A seção de choque de extinção total pode ser determinada pela soma das seções de choque associadas a cada um dos processos radiativos na atmosfera. Dessa forma, podemos reescrever a Equação 2.9 como a Equação 2.10.

$$I = I_0 \cdot e^{-m \cdot \tau_{total}} \quad \text{Equação 2.10}$$

Onde:

$$\tau_{total} = \tau_{aero} + \tau_g + \tau_w + \tau_{O_3} + \tau_{CO_2} + \tau_r + \dots etc$$

Onde $\tau_{aero}, \tau_g, \tau_w, \tau_{O_3}, \tau_{CO_2}, \tau_r$ representam as espessuras ópticas para a interação com aerossóis, com gases como CO_2 e O_2 , vapor d'água, ozônio, dióxido de nitrogênio, e outros gases minoritários. Portanto, podemos definir a Lei de Beer-Lambert, utilizada para descrever a atenuação da radiação solar na atmosfera, conforme a Equação 2.11.

$$I = I_0 \cdot \exp [-(\tau_a + \tau_g + \tau_w + \tau_{O_3} + \tau_{CO_2} + \tau_r + \dots) \times m] \quad \text{Equação 2.11}$$

Compreender a atenuação do espectro eletromagnético é fundamental para avaliar a importância de cada componente na interação com a luz solar. Além disso, permite-nos entender como regiões com alta poluição apresentam uma atenuação ainda mais intensa, uma vez que os efeitos antropogênicos se somam às condições naturais.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

3.1 Caráter da pesquisa

Existem diversas abordagens de pesquisa que podem ser empregados para investigar diferentes aspectos de um problema. As duas mais amplamente utilizadas são a abordagem qualitativa e a abordagem quantitativa. Cada uma delas possui características e técnicas específicas, que podem ser selecionadas de acordo com os objetivos e a natureza dos dados a serem coletados.

Conforme Richardson (1999), a abordagem qualitativa é frequentemente escolhida quando se busca um método apropriado para compreender a natureza de um fenômeno social. Ao explorar percepções e experiências dos indivíduos envolvidos, valorizando aspectos subjetivos e interpretativos. É comum utilizar técnicas como entrevistas, observações dos participantes e análise de dados textuais. Com isso, permitem capturar nuances e complexidades que podem passar despercebidas em abordagens puramente quantitativas. Esse tipo de abordagem oferece uma compreensão mais rica e holística do fenômeno estudado em contraste com os métodos quantitativos.

Para Richardson (1999), o método quantitativo é caracterizado pelo uso de técnicas de quantificação tanto na coleta quanto no tratamento das informações. Essa abordagem emprega técnicas estatísticas que variam desde as mais simples, como cálculo de percentual, média e desvio-padrão, até as mais complexas, como coeficiente de correlação e análise de regressão. Além disso, busca a mensuração e a quantificação dos fenômenos estudados, permitindo uma análise objetiva e sistemática dos dados coletados. Essa abordagem é especialmente útil quando se pretende obter resultados precisos, comparar grupos e estabelecer relações de causa e efeito de forma quantitativa.

Neste estudo, foi adotada uma abordagem mista, que combina elementos de pesquisa qualitativa e quantitativa. Essa escolha foi feita com o objetivo de obter uma compreensão abrangente do impacto do produto gerado no ensino de temas relacionados à Energia Solar.

3.2 Metodologia Pesquisa-Intervenção

A pesquisa-intervenção é uma metodologia de pesquisa amplamente utilizada para promover mudanças e melhorias em contextos sociais. Ela é especialmente aplicável em áreas como educação, assistência social, saúde e outros campos do conhecimento que envolvem interação humana. Essa abordagem se destaca por seu engajamento direto com os sujeitos da pesquisa, que são ativamente envolvidos no processo de identificação e solução de problemas. Neste estudo, a escolha dessa metodologia se deu pelo objetivo de promover uma intervenção pedagógica voltada para o ensino de temas relacionados à energia solar e o uso consciente dos nossos recursos naturais.

Segundo Damiani (2013), a intervenção pedagógica se caracteriza por pesquisas que incluem o planejamento e implementação de mudanças e inovações, com o intuito de fomentar aprendizagem. Além disso, para determinar o impacto dessas intervenções, é fundamental realizar uma avaliação subsequente.

Para alcançar os objetivos propostos e responder à questão norteadora desta pesquisa, conduziu-se uma intervenção em três fases sequenciais: Pré-teste, destinada a avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes; a Intervenção Pedagógica, na qual o tema e os kits didáticos foram apresentados; e Pós-teste, que serviu para avaliar o impacto das intervenções pedagógicas nas turmas envolvidas no estudo.

3.3 Turmas de aplicações

Esta pesquisa foi realizada no Instituto Federal da Bahia (IFBA), situado na BR 116, Km 220, no município de Euclides da Cunha, Bahia, conforme apresentado na Figura 27. A escolha deste local levou em conta sua localização em uma região semiárida, que apresenta altos índices de irradiação solar e um potencial significativo no campo da Energia Solar. O IFBA, por sua vez, é um renomado centro de educação, ciência e tecnologia. A instituição se destaca por promover um ambiente inclusivo e

colaborativo para a formação e desenvolvimento de soluções sustentáveis nos ecossistemas de educação, ciência, tecnologia, inovação e empreendedorismo.

Outro motivo para a escolha deste local, onde desempenho minhas funções como docente efetivo, é que o campus é parcialmente alimentado por um sistema fotovoltaico conectado à rede, como pode ser visto na Figura 28. Com isso, os estudantes dos cursos Técnicos de Nível Médio em Edificações demonstram curiosidade sobre o funcionamento desse sistema, o que me motivou ainda mais em trabalhar esse tema.

Figura 27 - Vista da entrada do campus do IFBA em Euclides da Cunha (imagem à esquerda) e sua localização geográfica (imagem à direita).



Fonte: O Autor, 2023.

Figura 28 - Fotografia aérea do campus demonstrando a instalação das placas fotovoltaicas.



Fonte: O Autor, 2023.

As intervenções foram executadas em turmas do curso Técnico em Edificações, nas modalidades integrada e subsequente ao Ensino Médio, conforme descrito no Quadro 6.

Quadro 6 - Qualificação das turmas de aplicação.

Intervenção	Turma	Descrição	Data	Quant.
1	Técnico Edificações Subsequente	Turma do módulo II	26/09/2022	13
* 2	Técnico Edificações Subsequente	Turma do módulo II	03/10/2022	12
3	Técnico Edificações Subsequente	Palestra	16/11/2022	25
4	Técnico Edificações Subsequente	Turma do módulo II	25/05/2023	10
5	Técnico Edificações Subsequente	Turma do módulo IV	25/05/2023	12
6	Básico Edificações integrado ao EM *	Minicurso para o 1º ano	27/05/2023	10
Total				82

*Nesta turma não houve pré-teste e nem pós-teste.

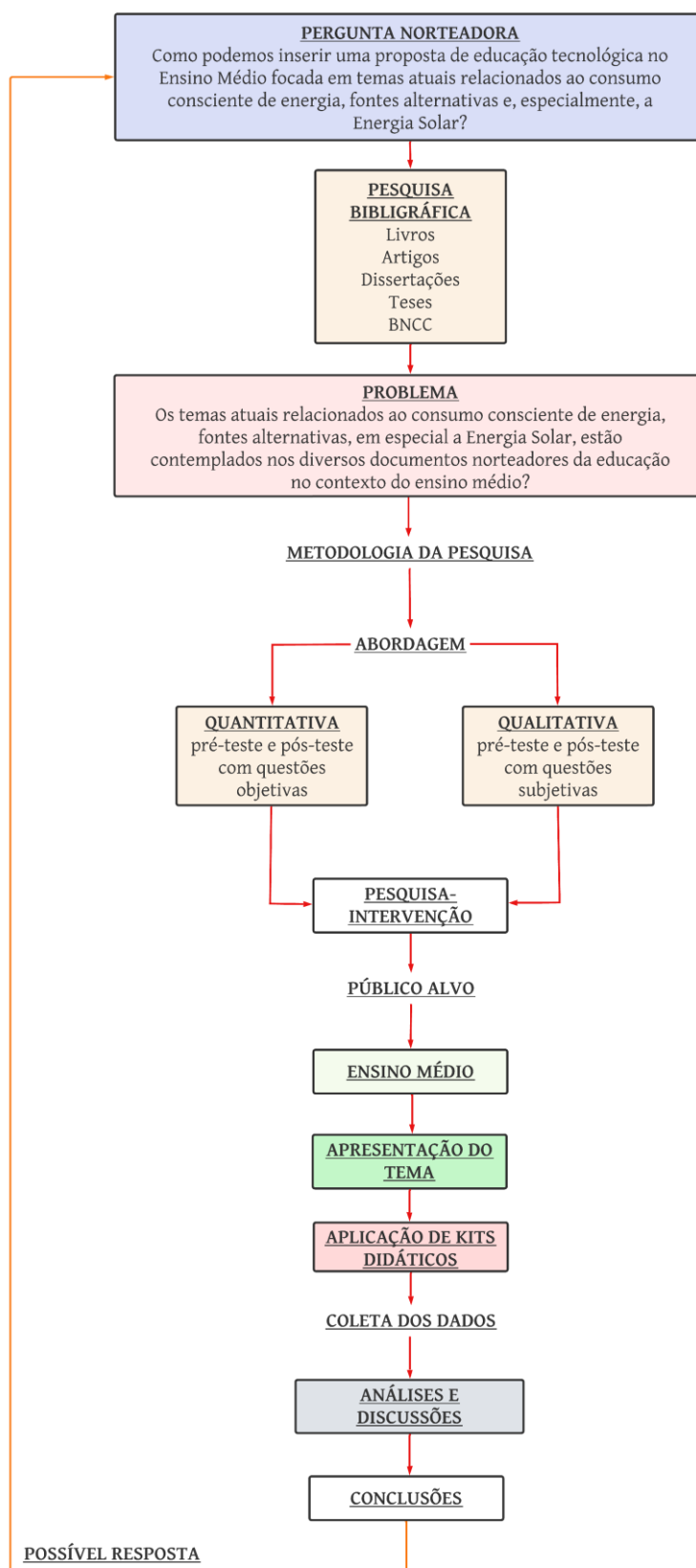
**EM = Ensino Médio.

3.4 Mapa conceitual da metodologia

Todas as etapas e ambientes de aplicação da metodologia estão contempladas no fluxograma da Figura 29. Este diagrama mostra, de forma visual, o percurso seguido para obter os resultados e chegar às conclusões deste estudo.

Figura 29 - Fluxograma representando as etapas da pesquisa.

CONCEITOS E APLICAÇÕES DA ENERGIA SOLAR PARA O ENSINO MÉDIO



3.5 Ética da pesquisa

Nesta pesquisa, foi priorizada a ética no trato dos dados coletados e do relacionamento com os estudantes participantes. Antes do início das intervenções, entreguei a todos os estudantes o documento "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido", que o modelo pode ser visto no Apêndice 1. Este documento informa aos alunos que os resultados desta pesquisa, incluindo suas imagens, podem ser publicados e/ou apresentados em encontros e congressos sobre Ensino e Astronomia. Ressaltei que todas as informações obtidas são tratadas de forma confidencial, assegurando-se o sigilo sobre a identidade dos alunos. Além disso, garanti aos alunos a liberdade de retirar o consentimento a qualquer momento e de participar nas atividades propostas.

3.6 Aplicação do Pré-teste – 1ª Fase

Conforme já apresentado, este trabalho utilizou a metodologia de Pesquisa-Intervenção no contexto educacional. Para verificar o nível de conhecimento antes da intervenção, foram realizados pré-testes. Essa etapa permitiu avaliar o ponto de partida dos estudantes e proporcionou subsídios para avaliar os resultados da intervenção no processo de aprendizagem.

Cada turma de aplicação recebeu um pré-teste que seu formato dependeu do tempo disponível para trabalhar os conteúdos, o Quadro 7 detalha a metodologia utilizada e a quantidade de participantes em cada uma dessas turmas.

Quadro 7 - Aplicações dos Pré-testes.

Turma	Técnico de Nível Médio	Data de aplicação	Participantes	Pré-teste	Apêndice para consultar
1	Subsequente	26/09/2022	13	Questionário Subjetivo	3
3	Subsequente	16/11/2022	25	Não houve / Palestra	-
4	Subsequente	25/05/2023	10	Questionário Subjetivo	3
5	Subsequente	25/05/2023	12	Questionário Subjetivo	3

Continuação

Turma	Técnico de Nível Médio	Data de aplicação	Participantes	Pré-teste	Apêndice para consultar
6	Integrado	25/05/2023	10	<i>Kahoot</i> ³⁶	4


Fonte: O Autor, 2023.

3.7 Aplicação da intervenção pedagógica com os kits didáticos – 2ª Fase

A intervenção pedagógica iniciou-se com a introdução do tema, realizada com o auxílio de um notebook, um projetor de tela e slides, disponíveis no Apêndice 2. Durante esse momento, foram apresentados o conceito de energia, a demanda energética no Brasil, a eficiência energética, o potencial solar do país, bem como a explicação dos fenômenos fotovoltaico e fototérmico. Após essa exposição, foram introduzidos os conceitos referentes à aplicação em sistemas fotovoltaicos e sistemas térmicos.



Na fase de aplicação dos kits didáticos, o objetivo principal foi de oferecer aos estudantes uma experiência prática e lúdica da aprendizagem dos conceitos abordados. O Quadro 8 mostra os *kits* construídos e o Quadro 9 detalha os recursos didáticos comercialmente disponíveis que também foram empregados nas intervenções.

Quadro 8 - Apresentação dos *kits* didáticos desenvolvidos.

Item	Nome	Objetivo
	Mini concentrador parabólico didático	Compreender os princípios de funcionamento dos concentradores solares do tipo disco parabólico, ou seja, com um único ponto focal.





³⁶ Kahoot! é uma plataforma de aprendizado baseada em jogos que permite aos educadores criar quizzes divertidos. Saiba mais em <https://kahoot.com/>. Acesso em 10 de julho de 2023.

Continuação

Item	Nome	Objetivo
	Sistema fotovoltaico - Painel didático	Apresentar os principais componentes de um sistema fotovoltaico, suas características e funcionamento.
	Minissistema de bombeamento Solar	Apresentar aos estudantes, de forma prática, como a energia solar pode ser utilizada para bombear água.

Fonte: O Autor, 2023.

Quadro 9 - Apresentação dos kits didáticos comerciais.

Item	Nome	Objetivo
	Espectroscópio Portátil	Compreender a composição da luz do Sol e de outras fontes luminosas, dentro da faixa do visível.
	Kit de lâmpada de vapor de Sódio (Lâmpada, reator, capacitor e ignitor)	Permitir que os alunos explorem o espectro de emissão de elementos químicos. Com auxílio do espectroscópio portátil, os estudantes podem observar diretamente as linhas de emissão características do sódio. Isso contribui para uma compreensão dos princípios da espectroscopia.
	Radiômetro de Crookes	Entender a maneira como a intensidade da radiação diminui com o aumento da distância em relação a fontes que emitem radiação térmica. Além disso, buscou-se compreender o processo de conversão da energia solar em calor e movimento.
	Minicarro solar	Compreender como ocorre a conversão da energia solar em energia elétrica e cinética.

Fonte: O Autor, 2023.

3.8 Aplicação do Pós-teste – 3ª Fase

Cada turma de aplicação recebeu um pós-teste que seu formato dependeu do tempo disponível para trabalhar os conteúdos, o Quadro 10 detalha a abordagem utilizada e a quantidade de participantes em cada uma dessas turmas.

Quadro 10 - Aplicações dos Pós-testes.

Turma	Técnico de Nível Médio	Data de aplicação	Participantes	Pós-teste	Apêndice para consultar
1	Subsequente	26/09/2022	13	Questionário Subjetivo	3
2	Subsequente	16/11/2022	25	Formulário <i>Online</i>	6
3	Subsequente	25/05/2023	10	Questionário Subjetivo	3
4	Integrado	25/05/2023	12	<i>Kahoot</i>	5
5	Subsequente	27/05/2023	10	Questionário Subjetivo	3

Fonte: O Autor, 2023.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, apresento os resultados obtidos nos pré-testes e pós-testes, categorizados por tipo - questões subjetivas, quizzes *online* ou formulários *online*. Além disso, inclui uma discussão detalhada sobre cada um desses resultados. Por fim, apresento o *feedback* recebido dos estudantes.

4.1 Resultados do pré-teste e pós-teste - Questões subjetivas

Os estudantes dispuseram de um tempo para responder aos questionários de pré-teste e, após a intervenção pedagógica, de um intervalo de tempo adicional para realizar o pós-teste. Cada questão possui suas peculiaridades no tratamento das respostas, portanto, elas são apresentadas e discutidas individualmente. O Quadro 11 apresenta uma comparação das respostas da primeira questão. Além disso, a Figura 30 ilustra graficamente essa comparação.

Quadro 11 – Comparação das respostas da primeira questão em pré-testes e pós-testes. As respostas foram agrupadas por similaridade e a quantidade de respostas semelhantes é indicada entre parênteses. Respostas em branco ou não relacionadas ao tema foram agrupadas em uma única categoria.

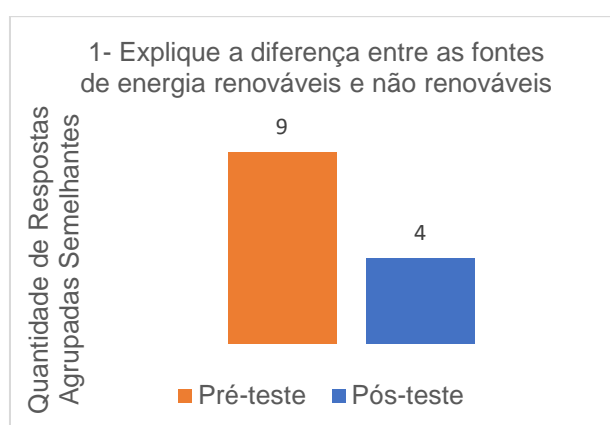
1- Explique a diferença entre as fontes de energia renováveis e não renováveis. (32 respostas)	
Pré-teste (9 conjuntos de respostas)	Pós-teste (4 conjuntos de respostas)
Não responderam ou fugiram do tema. (10)	Não responderam ou fugiram do tema. (3)
As fontes renováveis são limpas e não renováveis poluem. (6)	As fontes renováveis são limpas e não renováveis poluem. (1)
As fontes renováveis são naturais e não renováveis artificiais. (3)	As fontes renováveis são inesgotáveis, enquanto as fontes não renováveis são finitas e podem se esgotar com o tempo. (26)
As fontes renováveis são inesgotáveis, enquanto as fontes não renováveis são finitas e podem se esgotar com o tempo. (7)	As fontes renováveis podem ser usadas mais de uma vez enquanto as fontes não renováveis não podem. (2)

Continuação

1- Explique a diferença entre as fontes de energia renováveis e não renováveis. (32 respostas)	
Pré-teste (9 conjuntos de respostas)	Pós-teste (4 conjuntos de respostas)
<p>As fontes renováveis podem ser reaproveitadas e as não renováveis não podem, como a energia de atrito. (1)</p> <p>As fontes renováveis são obtidas através das placas solares e energia eólica e não renováveis vem da hidrelétrica. (1)</p> <p>As fontes renováveis são aquelas que podemos reproduzir e as não renováveis são aquelas que após o consumo não conseguimos mais produzir. (1)</p> <p>As fontes renováveis são aquelas em abundância na natureza já as renováveis não. (1)</p> <p>As fontes renováveis podem ser usadas mais de uma vez enquanto as não renováveis não podem. (2)</p>	

Fonte: O Autor, 2023.

Figura 30 - Comparação do agrupamento de respostas no pré-teste e pós-teste para a primeira pergunta. Observe que houve uma convergência de respostas fornecidas pelos estudantes.

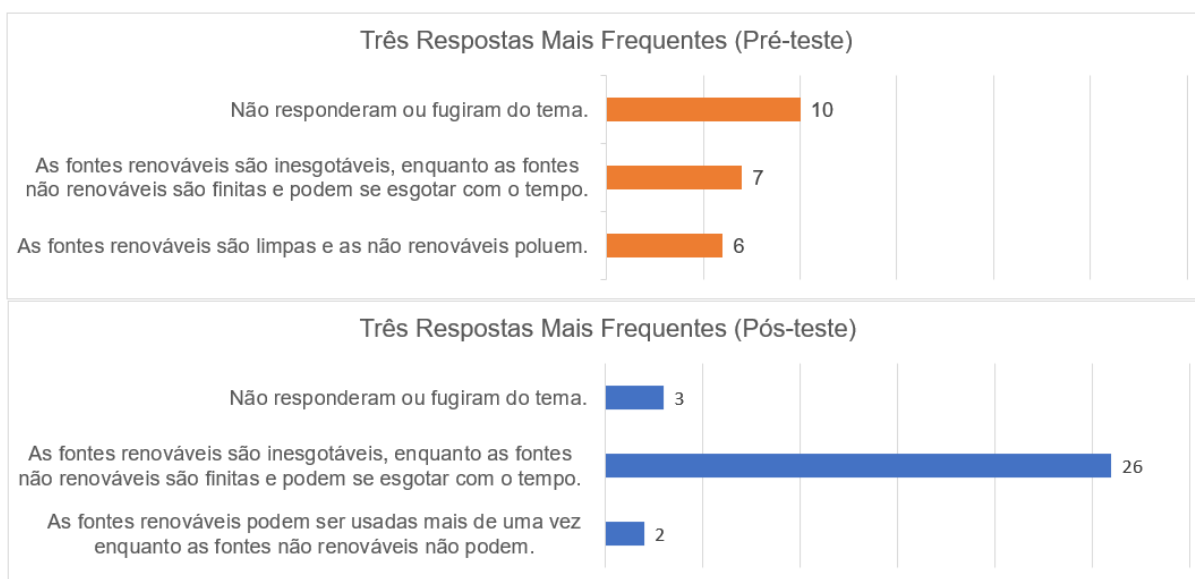


Fonte: O Autor, 2023.

Essa convergência de respostas indica uma uniformização do conhecimento, mas isso não necessariamente sugere que as respostas sejam totalmente corretas. Para avaliar se os estudantes passaram de uma perspectiva mais individual, baseada

em seus conhecimentos anteriores ou crenças, para um pensamento mais científico, a Figura 31 apresenta as três respostas mais frequentes tanto no pré-teste quanto no pós-teste.

Figura 31 – Comparativo das principais respostas no pré e pós-teste. Nota-se redução nas respostas evasivas ou desviadas e um crescimento na percepção de que fontes renováveis são inesgotáveis no pós-teste.



Fonte: O Autor, 2023.

Com base no que foi exposto, a resposta mais comum após a intervenção pedagógica está cientificamente correta. Isso sugere um indício de sucesso na abordagem utilizada.

O Quadro 12 apresenta as respostas da segunda questão. Este caso foi analisado de maneira diferente da primeira questão, pois a intenção era avaliar a amplitude dos exemplos fornecidos pelos estudantes. Para avaliar isso, a Figura 32 exhibe o gráfico resumindo as respostas a partir dos exemplos de fontes de energia renováveis. Por outro lado, a Figura 33 apresenta as respostas referentes às fontes de energia não renováveis.

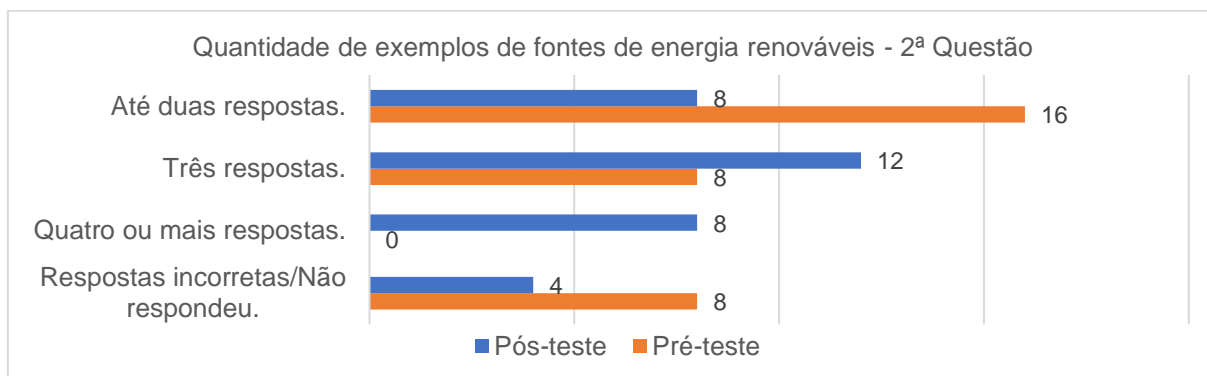
Quadro 12 - Comparação das respostas da segunda questão nos pré-testes e pós-testes, agrupadas por similaridade. As quantidades de respostas semelhantes são indicadas entre parênteses. Respostas omissas ou não pertinentes ao tema foram classificadas em uma única categoria.

2- Dê exemplos de fontes de energia renovável e não renovável. (32 respostas)	
Pré-teste (32 respostas coletadas)	Pós-teste (32 respostas coletadas)
<p><u>RENOVÁVEL (9 conjuntos de respostas):</u></p> <p>Não responderam ou fugiram do tema. (6)</p> <p>Solar e eólica apenas. (12)</p> <p>Solar, eólica, barragem e mecânica. (1)</p> <p>Solar, eólica e Hídrica. (3)</p> <p>Bateria de carro. (1)</p> <p>Solar e elétrica. (1)</p> <p>Solar, eólica e marítima. (1)</p> <p>Solar, eólica e hidrelétrica. (4)</p> <p>fotovoltaica e eólica. (3)</p> <hr/> <p><u>NÃO RENOVÁVEL (17 conjuntos de respostas):</u></p> <p>Não responderam ou fugiram do tema. (9)</p> <p>Queima do carvão. (1)</p> <p>Baterias e pilhas (2)</p> <p>Petróleo, carvão e gás natural. (1)</p> <p>Luz do Sol. (1)</p> <p>Carvão e petróleo. (1)</p> <p>Carvão. (2)</p> <p>Nuclear e térmica. (1)</p> <p>Petróleo. (3)</p> <p>Petróleo e gás natural. (2)</p> <p>Termoelétricas. (2)</p> <p>Não Renovável - Nuclear. (1)</p>	<p><u>RENOVÁVEL (16 conjuntos de respostas):</u></p> <p>Não responderam ou fugiram do tema. (3)</p> <p>Solar e eólica. (4)</p> <p>Solar, eólica, hídrica e carvão vegetal. (2)</p> <p>Solar, eólica, biogás. (1)</p> <p>Solar, eólica, biomassa. (4)</p> <p>Geotérmica e carvão vegetal. (1)</p> <p>Carvão vegetal. (2)</p> <p>Solar e energia elétrica. (1)</p> <p>Eólica, hídrica e carvão vegetal. (1)</p> <p>Eólica e hídrica. (1)</p> <p>Hídrica, biomassa e carvão vegetal. (1)</p> <p>Solar, eólica, hídrica e biomassa. (4)</p> <p>Solar, eólica, hídrica e geotérmica. (1)</p> <p>Solar e hídrica. (1)</p> <p>Solar, eólica, hídrica. (4)</p> <p>Solar, eólica, hídrica, biomassa e geotérmica. (1)</p> <hr/> <p><u>NÃO RENOVÁVEL (17 conjuntos de respostas):</u></p> <p>Não responderam ou fugiram do tema. (3)</p> <p>Urânio, carvão mineral. (1)</p> <p>Carvão e gás natural. (1)</p> <p>Gás natural, petróleo e nuclear. (1)</p> <p>Carvão mineral. (4)</p>

Nuclear, energia fóssil etc. (1)	Carvão mineral, gás natural e petróleo. (3)
Hidrelétrica e nuclear. (1)	Gás natural e petróleo. (3)
Combustíveis fósseis e a vapor. (1)	Petróleo. (1)
energia da concessionária. (1)	Carvão mineral e petróleo. (3)
hidrelétrica. (2)	Carvão mineral, nuclear e petróleo. (2)
	Combustíveis fósseis e nuclear. (1)
	Carvão mineral e nuclear. (3)
	Carvão mineral, gás natural e nuclear. (1)
	Carvão mineral, gás natural, nuclear e petróleo. (2)
	Combustíveis fósseis e carvão mineral. (2)
	Carvão mineral e nuclear. (1)

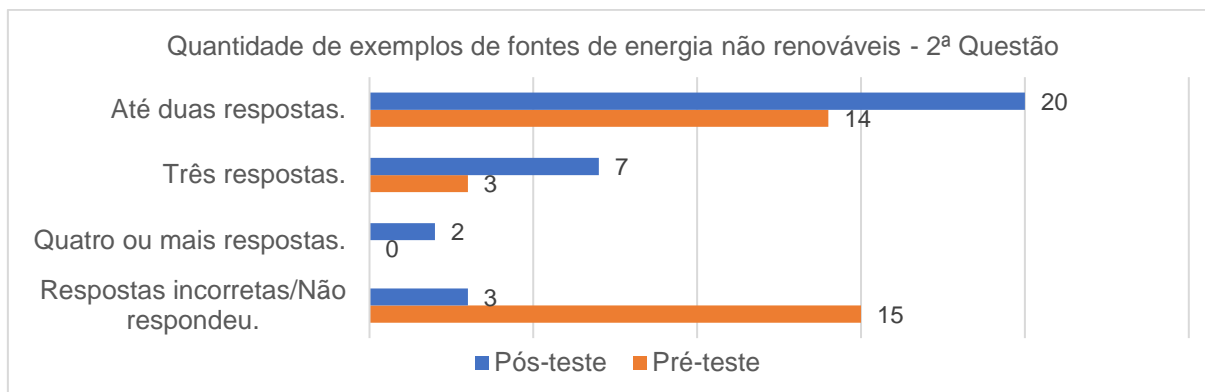
Fonte: O Autor, 2023.

Figura 32 – Comparação de exemplos sobre fontes renováveis antes e após intervenção. No pré-teste, nenhum estudante forneceu 4 ou mais exemplos, mas no pós-teste houve 8 respostas desse tipo. Respostas incorretas caíram de 8 para 4.



Fonte: O Autor, 2023.

Figura 33 - Comparação de exemplos sobre fontes não renováveis antes e após intervenção. No pré-teste, nenhum aluno deu 4 ou mais exemplos. Respostas incorretas ou em branco reduziram de 15 para 3.



Fonte: O Autor, 2023.

Com base nos resultados apresentados, é notável que a aplicação da segunda questão antes e após a intervenção constatou o enriquecimento do vocabulário dos estudantes em relação às fontes de energia. Observou-se também uma redução significativa nas respostas incorretas ou não respondidas, indicando uma evolução bem-sucedida na concepção dos estudantes sobre o tema.

A terceira questão, apresentada no Quadro 13, visou explorar o entendimento dos estudantes sobre a origem da eletricidade que alimenta nossas residências. Usando a mesma questão no pós-teste, foi possível comparar a tendência de uniformização das respostas fornecidas e avaliar as respostas mais comuns, em uma abordagem similar à aplicada na análise da primeira questão já discutida. Adicionalmente, a Figura 34 representa de maneira gráfica essa comparação, enquanto a Figura 35 destaca as três respostas que ocorreram com maior frequência.

Quadro 13 - Análise das respostas da terceira questão em pré-testes e pós-testes, organizadas por similaridade. Os números entre parênteses denotam o total de respostas parecidas fornecidas pelos estudantes. Respostas que estavam em branco ou que se desviaram do assunto principal foram classificadas em uma única categoria.

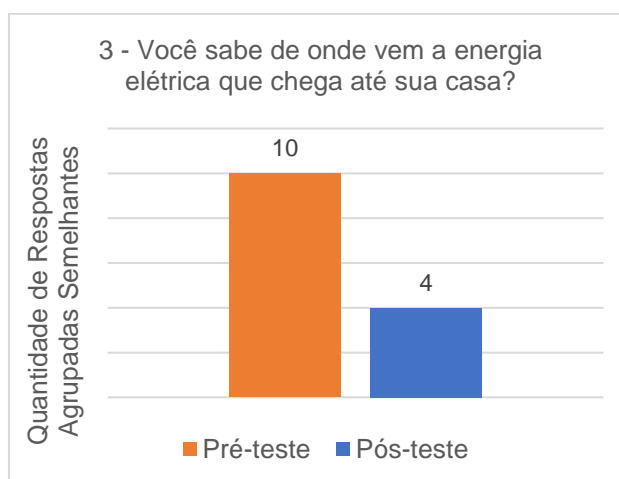
3- Você sabe de onde vem a energia elétrica que chega até sua casa? (32 respostas)	
Pré-teste (10 conjuntos de respostas)	Pós-teste (4 conjuntos de respostas)
Não responderam ou fugiram do tema. (2)	Não responderam ou fugiram do tema. (3)
Produzida na hidrelétrica de Paulo Afonso. (7)	Produzida na hidrelétrica de Paulo Afonso. (3)
Nas Hidrelétricas (14)	Nas Hidrelétricas (3)
Casas. (1)	Diversas fontes (Matriz elétrica). (23)

Continuação

3- Você sabe de onde vem a energia elétrica que chega até sua casa? (32 respostas)	
Pré-teste (10 conjuntos de respostas)	Pós-teste (4 conjuntos de respostas)
Pelas placas solares. (1) Termoelétricas e hidrelétricas. (1) Na subestação do polo da concessionária. (1) Da COELBA. (3) Vem das usinas produzidas por reatores através de indução mecânica da água. (1) Diversas fontes. (1)	

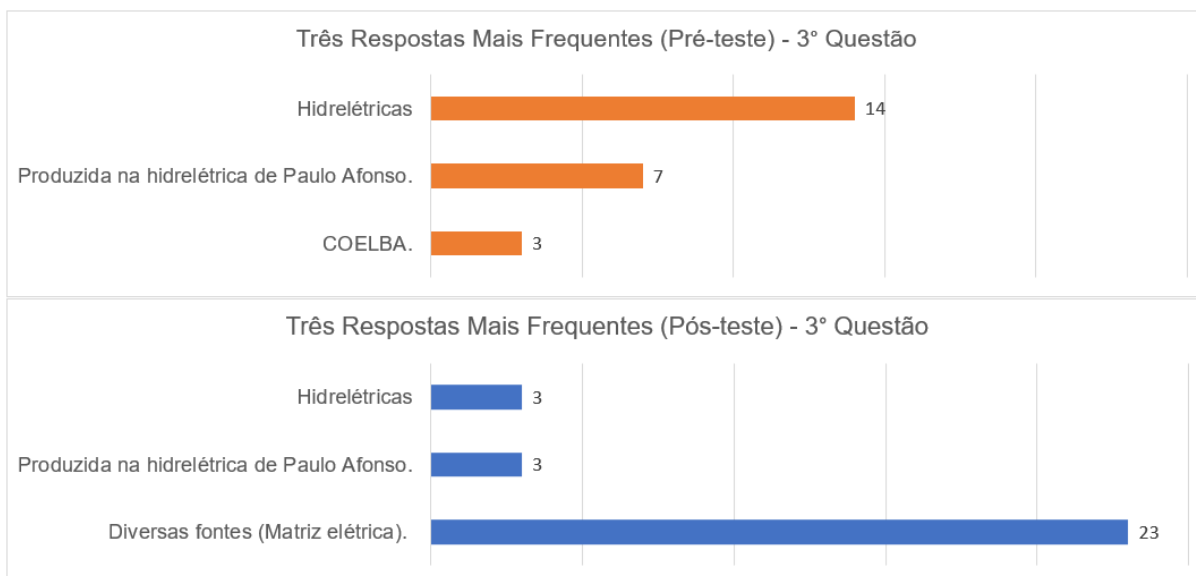
Fonte: O Autor, 2023.

Figura 34 - Comparação do agrupamento de respostas no pré-teste e pós-teste para a terceira pergunta. Observe que houve uma convergência de respostas fornecidas pelos estudantes.



Fonte: O Autor, 2023.

Figura 35 - As três respostas mais frequentes nos pré-testes e pós-testes. Note que o número de estudantes que mencionaram apenas 'hidrelétricas' diminuiu, enquanto a 'Matriz Elétrica' emergiu com números expressivos.



Fonte: O Autor, 2023.

Com base nos resultados observados, a segunda questão revelou um avanço significativo no entendimento dos estudantes sobre a origem da energia elétrica que chega até nós. No pós-teste, a resposta mais frequente referiu-se à matriz elétrica, indicando uma compreensão mais ampla de que as usinas centralizadas estão interconectadas formando a rede elétrica do país. Além disso, houve uma correção de conceitos errôneos anteriormente presentes, sugerindo um progresso na aprendizagem.

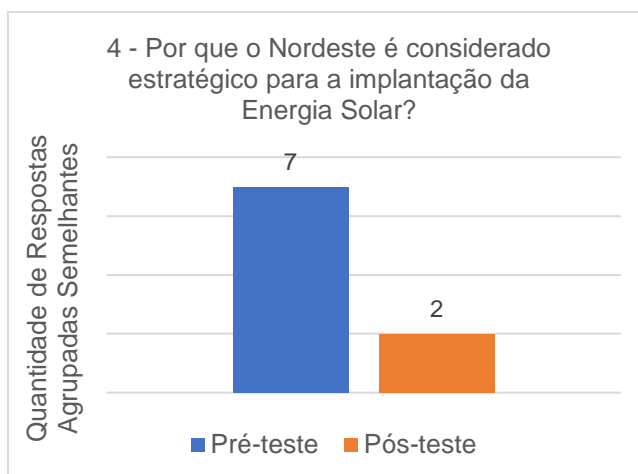
A quarta questão, apresentada no Quadro 14, foi analisada sob a perspectiva de avaliar, também, a convergência das respostas dos estudantes. Vale ressaltar que essa questão foi aplicada apenas na primeira intervenção, porque foi substituída posteriormente. Adicionalmente, a Figura 36 representa de maneira gráfica essa comparação, enquanto a Figura 37 destaca as três respostas que ocorreram com maior frequência.

Quadro 14 - Comparação das respostas da quarta questão entre pré-testes e pós-testes, categorizadas por similaridade. As quantidades de respostas semelhantes são assinaladas entre parênteses.

4 - Por que o Nordeste é considerado estratégico para a implantação da energia solar? (12 respostas)	
Pré-teste (7 conjuntos de respostas)	Pós-teste (2 conjuntos de respostas)
<p>Por ser uma região muito quente. (4)</p> <p>Possuir a maior fonte de energia solar na maior parte do ano. (1)</p> <p>Por ser uma região com uma temperatura quente. (2)</p> <p>Porque a incidência solar é muito alta. (2)</p> <p>por causa do clima. (1)</p> <p>Devido ser uma região de grande calor, ou seja, a temperatura do Sol pode ultrapassar os 40°C, com isso contribui para o armazenamento da energia gerada através dos raios solares. (1)</p> <p>Por causa da falta de energia elétrica. (1)</p>	<p>Radiação solar intensa praticamente o ano todo. (10)</p> <p>Localização geográfica. (2)</p>

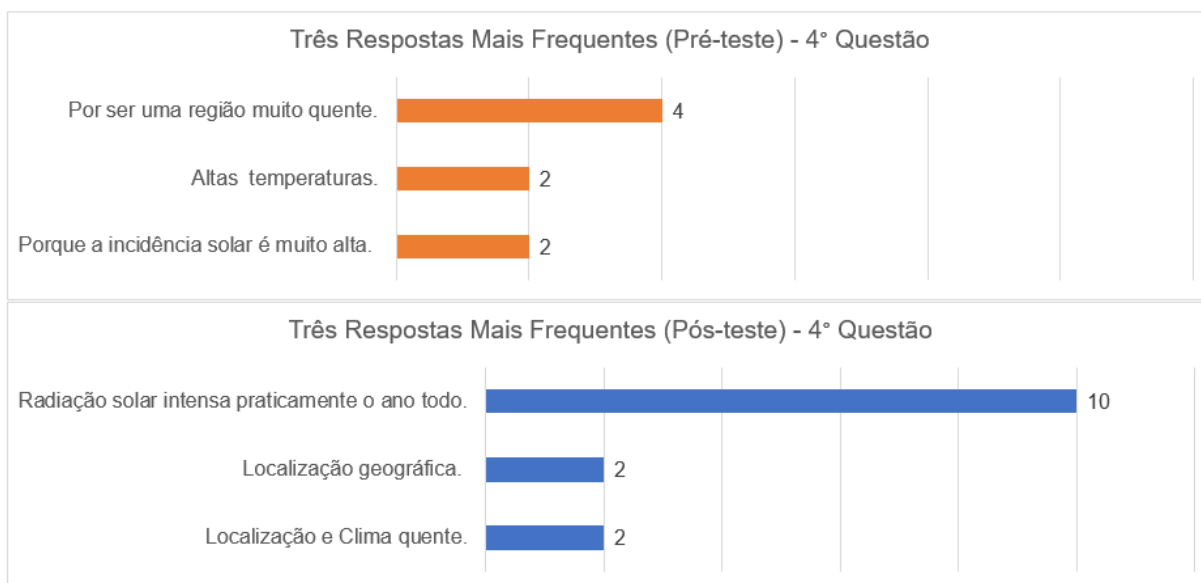
Fonte: O Autor, 2023.

Figura 36 - Comparação do agrupamento de respostas no pré-teste e pós-teste para a quarta questão. Observe que houve uma convergência de respostas fornecidas pelos estudantes.



Fonte: O Autor, 2023.

Figura 37 - As três respostas mais frequentes no pré e pós-teste. Destaca-se a evolução no vocabulário dos estudantes, passando do senso comum para a incorporação de novos conceitos após a intervenção.



Fonte: O Autor, 2023.

Com base nesses resultados, a aplicação da quarta questão permitiu identificar uma transição nas respostas dos estudantes. Inicialmente simplistas e baseadas em percepções de senso comum, após a intervenção, as respostas tornaram-se mais fundamentadas, demonstrando um maior aprofundamento no tema.

A quinta questão, veja o Quadro 15, foi analisada com o objetivo de avaliar a qualidade das respostas. Para isso, o Quadro 16 apresenta as palavras-chave usadas nos pré-testes e pós-testes.

Quadro 15 - Comparação das respostas da quinta questão coletadas em pré-testes e pós-testes, organizadas conforme a similaridade. Os números entre parênteses indicam o número de respostas parecidas fornecidas pelos estudantes. Respostas que estavam em branco ou que se desviaram do assunto principal foram consolidadas em uma única categoria.

5 - Quais as aplicações da Energia Solar? (20 respostas)	
Pré-teste (15 conjuntos de respostas)	Pós-teste (15 conjuntos de respostas)
Não responderam ou fugiram do tema. (2)	Não responderam ou fugiram do tema. (3)
Uso doméstico. (1)	Equipamentos elétricos. (1)
Uso doméstico e outros lugares (3)	Irrigação. (1)
Elerodomésticos. (2)	

Continuação

5 - Quais as aplicações da Energia Solar? (20 respostas)	
Pré-teste (15 conjuntos de respostas)	Pós-teste (15 conjuntos de respostas)
Casas, comércios, zona rurais. (1)	Residência, agropecuária, matriz elétrica, transporte etc. (1)
Placas solares, casas e televisores. (1)	Residências e portáteis. (1)
Casas, comércios, poços artesianos. (1)	Residências, fábricas, automóveis. (1)
Uso doméstico, comercial (mercado, escolas, hospitais, postos de combustível, lojas etc.) (1)	Residências conectadas à rede. (1)
No IFBA, escolas, hospitais, boates, motéis. (1)	Residências. (1)
Iluminação. Casas e comércios (1)	Aquecimento de água, geração de eletricidade, equipamentos autônomos. (1)
Casas, escolas, fazendas, empresas, estádios. (1)	Agricultura e pecuária. (1)
Zona rural, fazendas, fábricas. (2)	Residências, comércios, automobilismo, agropecuária e diversos outros usos. (1)
Aquecimento de água, carregadores portáteis. (1)	Automobilismo, indústrias, residências, agropecuária. (2)
Casas. Fábricas, comércios. (1)	residências, comércios, escolas e hospitais. (2)
Casas e escolas. (1)	Indústrias, residências, transportes, agropecuária. (2)
	Casas e comércios. (1)

Fonte: O Autor, 2023.

Quadro 16 - Listas das palavras-chave encontradas nas respostas dos estudantes à quinta questão, nos pré-testes e pós-testes. Observe que no pós-teste surgem termos como "Matriz elétrica", "geração de eletricidade", bem como aplicações em "irrigação" e no "setor de transporte".

5 - Quais as aplicações da Energia Solar? (20 respostas)	
Pré-teste (10 palavras-chaves)	Pós-teste (14 palavras-chaves)
Residências	Residências
Eletrodomésticos	Equipamentos elétricos
Comércios	Comércios
Fábricas	Fábricas
Carregadores portáteis.	Portáteis
Aquecimento de água	Aquecimento de água
Zona rural	Agropecuária
Placas solares	Transporte
Poços artesianos	Agricultura
Iluminação	Equipamentos autônomos
	Irrigação
	Matriz elétrica
	Automobilismo
	Geração de eletricidade

Fonte: O Autor, 2023.

Diante do exposto, a partir desta questão, pode-se concluir que a intervenção pedagógica teve um impacto significativo no ampliado do conhecimento dos estudantes, de maneira geral. Foi observado uma mudança no leque das respostas dadas no pós-teste, com um aumento perceptível na utilização de vocabulário técnico.

A sexta questão, apresentada no Quadro 17, foi avaliada da mesma forma que a quarta questão, isto é, com o objetivo de analisar a qualidade das respostas dos estudantes. Com essa finalidade, as palavras-chave utilizadas nos pré-testes e pós-testes são expostas no Quadro 18.

Quadro 17 - Comparação das respostas da quinta questão, coletadas tanto em pré-testes quanto em pós-testes, e as agrupa por similaridade. Os valores entre parênteses destacam o total de respostas semelhantes oferecidas pelos estudantes. Respostas que não foram dadas ou que desviaram do tópico principal foram agrupadas em uma única categoria.

6 - Quais fatores podem influenciar a incidência de radiação solar em um determinado lugar? (20 respostas)	
Pré-teste (13 conjuntos de respostas)	Pós-teste (16 conjuntos de respostas)
Não responderam ou fugiram do tema. (6)	Não responderam ou fugiram do tema. (4)
O tempo. (1)	Posição geográfica. (1)
A proximidade com a linha do equador. (1)	A rotação da Terra, o alcance do Sol, a distância do Sol a Terra. (1)
O desmatamento, baixas chuvas, camada de ozônio e o calor. (1)	Posição geográfica, atmosfera, rotação da Terra. (1)
O movimento da Terra. (2)	Posição geográfica, rotação da Terra, distância (Sol e a Terra). (1)
A radiação solar pode influenciar na queima de lavouras. (1)	Distância, rotação da Terra, posição geográfica, revolução e a atmosfera terrestre. (2)
Localização. (2)	Posição geográfica e a rotação da Terra. (2)
Condições climáticas, nebulosidade e a umidade do ar. (1)	Distância do Sol, translação (revolução) e a atmosfera. (1)
A incidência solar e o Efeito estufa. (1)	A claridade e o calor. (1)
por causa do clima. (1)	A disponibilidade da radiação solar e a posição. (1)
De acordo com as rosas dos ventos e a rotação da Terra em torno do Sol e as estações do ano. (1)	Clima, estação do ano e a rotação da Terra (1)
Relevo da região e clima e má conservação do ambiente assim também como a poluição. (1)	A estação do ano e a inclinação das placas. (1)
Temperatura, estação do ano e a inclinação da placa solar e a sombra do lugar. (1)	A proximidade com a linha do equador. (1)
	Clima e condições climáticas. (1)
	Clima. (1)
	Inclinação da Terra, rotação, estações do ano e a localização. (1)

Fonte: O Autor, 2023.

Quadro 18 - Lista das palavras-chave encontradas nas respostas dos estudantes à sexta questão, tanto nos pré-testes como nos pós-testes. Nota-se que no pós-teste houve a incorporação de diversos conceitos científicos relevantes, como rotação da Terra, distância entre o Sol e a Terra, inclinação e atmosfera terrestre.

6 - Quais fatores podem influenciar a incidência de radiação solar em um determinado lugar? (20 respostas)	
Pré-teste (23 palavras-chaves)	Pós-teste (16 palavras-chaves)
Movimento da Terra	Rotação da Terra
Incidência solar	Distância (Sol e a Terra)
Localização	Inclinação da Terra
Proximidade com a linha do equador	Atmosfera
Condições climáticas	Revolução (Translação)
Radiação solar	Posição geográfica
Estações do ano	Condições climáticas
Queima de lavouras	Estação do ano
Poluição	Inclinação das placas
Clima	Clima
Sombra do lugar	Disponibilidade da radiação solar
Inclinação da placa solar	Proximidade com a linha do equador
Tempo	Calor
Umidade do ar	Alcance do Sol
Camada de ozônio	Clareza
Nebulosidade	
Efeito estufa	
Temperatura	
Baixas chuvas	
Calor	
Relevo da região	
Desmatamento	
Rosas dos ventos	
Má conservação do ambiente	

Fonte: O Autor, 2023.

A sexta questão permitiu avaliar o impacto da intervenção no entendimento dos estudantes em relação aos fatores que influenciam a incidência da Radiação Solar na superfície da Terra. No pré-teste, alguns estudantes mencionaram genericamente o "movimento da Terra". No entanto, no pós-teste, se observou um enriquecimento significativo desse entendimento, detalhando esse movimento, como a rotação da Terra, a revolução em torno do Sol, e a inclinação do eixo terrestre. Vale ressaltar também que outros fatores importantes foram citados, tais como a atmosfera terrestre e a inclinação das placas.

Algumas respostas fornecidas no pós-teste, como "calor", "alcance do Sol" e "claridade", apresentaram um nível de subjetividade que requer uma análise mais aprofundada para interpretar o entendimento do estudante. A resposta "calor" não é, em si, um fator que influencia a incidência da Radiação Solar, mas sim uma consequência da própria que atinge a Terra. "claridade" poderia estar associada ao conceito de fotoperíodo. Finalmente, a resposta "alcance do Sol" foi deixada vaga, tornando difícil encontrar uma possível interpretação mais provável.

4.2 Resultados do quiz *on-line*

A Figura 38 apresenta os resultados gerais obtidos a partir do quiz no *Kahoot*. Embora a figura não detalhe o desempenho em questões individuais, esses detalhes podem ser consultados nos Apêndices 4 e 5.

Figura 38 - Resultados gerais obtidos a partir do quiz no *Kahoot* para a turma do Ensino Médio Integrado. Observe o aumento percentual geral de acertos no pós-teste.

Pré-teste – *Kahoot* 12 Participantes



Pós-teste – *Kahoot* 12 Participantes



Fonte: O Autor, 2023.

A Figura 39 mostra o momento de intervenção realizada no Ensino Médio Integrado, durante o minicurso de Introdução à Energia Solar. Nessa ocasião, foi aplicado o questionário no formato de quiz por meio da plataforma *Kahoot*.

Figura 39 – Momento da intervenção no ensino médio integrado, à esquerda, e o vencedor do Quiz do pós-teste exibindo sua premiação, à direita. O professor de Física do campus intermediou o momento.



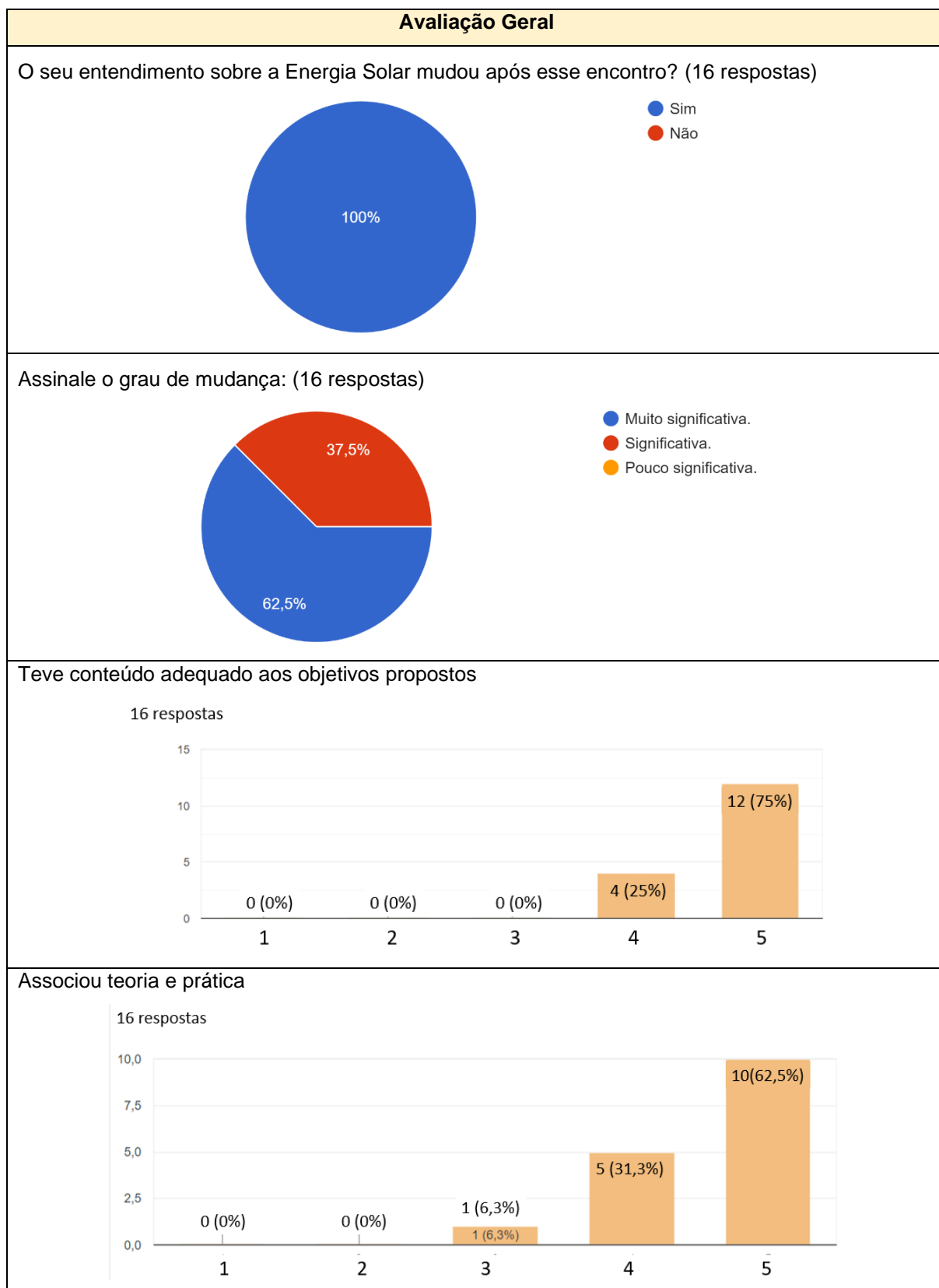
Fonte: O Autor, 2023.

4.3 Resultados do formulário *on-line* – Palestra

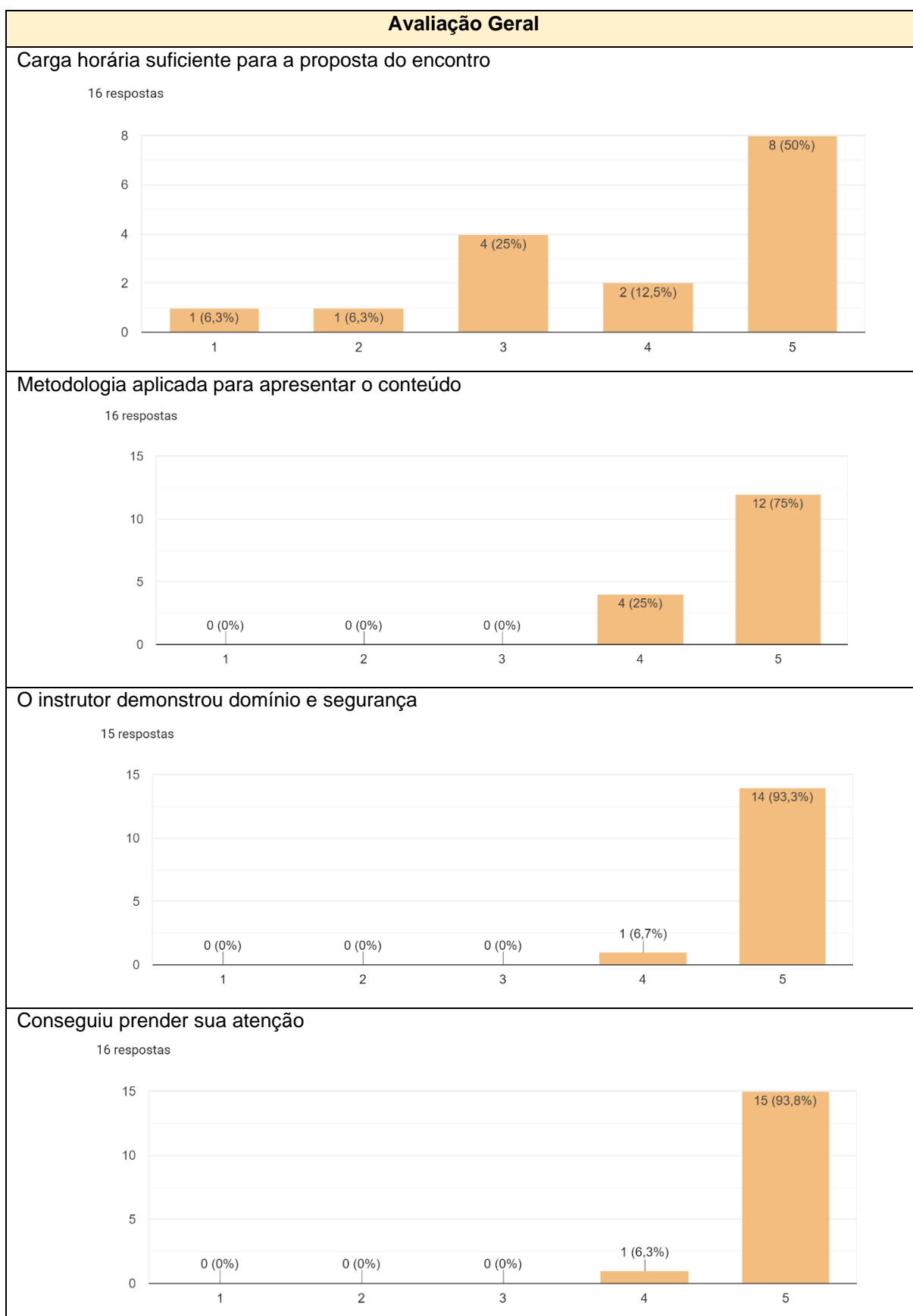
O *Google Forms*³⁷ foi empregado como ferramenta de coleta de dados após a palestra "Introdução à Energia Solar", que ocorreu no âmbito do I Workshop de Edificações. Os resultados são apresentados no Quadro 19. Nesta situação específica, o objetivo principal foi avaliar a metodologia utilizada, em vez de mensurar necessariamente a mudança provocada pela intervenção, tendo em vista que se tratava de um momento expositivo e de curto tempo de apresentação.

³⁷ Google Forms é uma ferramenta gratuita do Google que permite a criação de pesquisas e questionários online. Disponível em: <https://www.google.com/forms/about/>

Quadro 19 - Resultados obtido pelo formulário Google referente a palestra sobre Introdução à Energia Solar.



Continuação



Fonte: O Autor, 2023. Gerado pelo Google Forms.

Além da avaliação geral sobre a palestra e sua metodologia, os estudantes tiveram espaço para expressar o que acharam mais relevante durante o momento e se tinham alguma sugestão para futuros momentos como aquele. Eles puderam escrever livremente suas opiniões e sugestões. Os resultados obtidos a partir disso estão apresentados no Quadro 20.

Quadro 20 - Resultados obtidos pelo formulário Google referente à palestra sobre Introdução à Energia Solar. As respostas semelhantes foram agrupadas e identificadas entre parênteses ao lado da resposta correspondente.

O que você aprendeu de mais relevante nesse minicurso? (14 respostas)
Que energia solar é de várias forma.
O quão é importante a energia solar para a sociedade.
Que a energia solar hoje, é umas das melhores alternativas para um consumo sustentável.
Qual a importância de usar energias renováveis.
A relevância de posição de instalação. As propriedades do sol. Custos e benefícios. Econômico e benefícios. E o bem que faremos para a natureza ao não utilização dos métodos existentes.
sobre a instalação e manutenção das placas solares.
Que energia solar é cara e importante ao mesmo tempo.
O passo a passo de como colocar a placa de energia solar, e o quanto é necessário o uso da energia solar.
Aprendi muito sobre as placas solares. (3)
Pra longo prazo é um bom negócio.
Tive uma noção da energia solar.
Que os painéis fotovoltaicos têm inclinações pré-definidas de acordo com a localização.
Alguma sugestão para melhorá-lo? (12 respostas)
Não. (2)
Satisfeita com o conteúdo passado.
Mais equipamentos e mais estruturas com conhecimento nos canteiros de obras.
Curso com mais carga horário e com mais prática. (3)
Sim, talvez uma aula mais dinâmica. (2)
Mais carga horária. (2)
Demonstração prática.

Fonte: O Autor, 2023.

As respostas do formulário indicaram que, em geral, os estudantes reagiram positivamente à forma que foi dada a palestra e à metodologia empregada. A Figura 40 mostra o momento durante a palestra.

Figura 40 - A palestra sobre Introdução à Energia Solar, realizada durante o I Workshop de Edificações do IFBA campus Euclides da Cunha.



Fonte: O Autor, 2023.

4.4 *Feedback* dos participantes

Durante as intervenções, observei que os estudantes estavam bastante envolvidos e interessados no conteúdo e nas atividades propostas, participaram e demonstraram curiosidade pelo tema. Ao finalizar, recebi comentários e sugestões em relação às atividades e à metodologia adotada, de modo informal. Dentre os comentários recebidos, alguns estudantes demonstraram interesse em ter mais encontros como aquele. Outros, ressaltaram a importância da abordagem prática para a compreensão dos conceitos apresentados. A Figura 41 apresenta um mosaico de fotos dos encontros.

Figura 41 - Registro de alguns momentos práticos ocorridos durante os encontros.



Fonte: O Autor, 2023.

5 O PRODUTO DIDÁTICO

Como produto didático resultante desta dissertação, foi elaborado um manual para a montagem de kits didáticos voltados para o ensino de temas relacionados à Energia Solar. Adicionalmente, disponibilizo uma apresentação de slides, a qual pode servir de auxílio aos professores para abordar os conceitos fundamentais em sala de aula. Este material é adaptável e pode ser aplicado em intervenções pedagógicas em qualquer série do ensino médio, ou durante as aulas da disciplina de física ou correlacionadas. A Figura 42 mostra o *QR code* que redireciona para um site especialmente desenvolvido para disponibilizar estes materiais para *download*.

Figura 42 - *QR Code* direcionando ao site com o produto didático desta dissertação. Acesso também disponível pelo link direto.



Livro



QR code – Aponte a
câmera do celular



Apresentação de slides

Ou acesse o Link direto: <https://santiagomaia.wixsite.com/energiasolar>

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vivemos no século XXI, um período marcado por diversos desafios que nos exortam a abandonar nossa zona de conforto em busca de soluções para o desenvolvimento sustentável. Afinal, a inércia pode levar a um futuro problemático, marcado pela escassez de recursos naturais. Nesse contexto, o consumo consciente de energia, aliado à busca por fontes renováveis, torna-se uma prioridade para a humanidade. A energia solar é promissora nesse aspecto, e está se tornando cada vez mais parte de nosso cotidiano. Observar placas fotovoltaicas em edifícios ou sistemas de aquecimento solar em hotéis, pousadas e residências, é cada vez mais comum. Introduzir este tema na sala de aula, particularmente no ensino médio, é fundamental para preparar a nova geração para enfrentar tais dilemas.

Os principais documentos que orientam a Educação no Brasil abordam diversas questões importantes, desde o uso racional dos recursos naturais e a eficiência energética, até a geração de energia e as problemáticas socioambientais, econômicas e políticas relativas à dependência em relação aos combustíveis fósseis. Eles também destacam a necessidade de introduzir alternativas e novas tecnologias energéticas, bem como inovações no campo dos materiais. Estes temas se consolidam nas habilidades que se espera que os estudantes possuam ao concluírem o ensino médio, pela BNCC.

Com isso em mente, como inserir uma proposta de educação tecnológica dentro da educação de nível médio focada em temas atuais relacionados ao consumo consciente de energia, fontes alternativas e, em especial, a Energia Solar? Foi essa a questão que esta pesquisa se propôs a responder.

Não há uma resposta definitiva, mas foi realizada uma busca por uma metodologia que pudesse atingir esse objetivo. Com isso, foi concebido um material didático, destinado aos professores do ensino médio, para servir como apoio conceitual e metodológico, além de fornecer um guia de construção de *kits* didáticos que permitam trabalhar o conteúdo de maneira teórica e prática. Para avaliar a eficácia do material produzido, foram realizadas diversas intervenções pedagógicas. Essas oportunidades permitiram estabelecer a sequência de conteúdos, aplicar os *kits* e observar como os estudantes reagiriam a essas intervenções.

A avaliação da metodologia foi realizada com base em pré-testes e pós-testes, conforme a metodologia Pesquisa-Intervenção. Dada a variedade de momentos, como minicursos, palestras ou durante as aulas, foi necessário diversificar as formas de avaliações. Utilizei formulários *online*, ferramentas tecnológicas de ensino como o *Kahoot*, e questionários escritos. Os pré-testes revelaram que os estudantes tinham apenas conhecimentos superficiais sobre a temática, ou estavam ancorados em muitos conceitos equivocados disseminados pelo senso comum. No entanto, após as intervenções, observamos um aprofundamento nas respostas dos alunos, indicando que houve um avanço em seu aprendizado.

Os kits didáticos também se revelaram uma excelente ferramenta de ensino. Com uma abordagem lúdica, os estudantes demonstraram curiosidade em relação ao material apresentado. A reação positiva dos estudantes frente a este método de aprendizado reforça a importância de inovações pedagógicas no ensino médio.

No entanto, este estudo representa apenas um passo inicial. Embora os resultados tenham sido positivos, ainda há muito a ser explorado. Pesquisas futuras poderiam se concentrar na adaptação e aprimoramento desses *kits*, inclusive na criação de outros com baixo custo. Além disso, seria interessante investigar o impacto a longo prazo deste tipo de intervenção no desenvolvimento dos estudantes, para avaliar se houve uma significativa contribuição à aprendizagem.

7 REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

ANAEEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/atren2012482.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de dezembro de 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 17 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em: 18 jun. 2022.

CASTRO FILHO, C. M. de. **Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável: uma leitura de política pública na clave da biblioteca escolar**. RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, SP, v. 16, n. 3, p. 355–372, 2018. DOI:10.20396/rdbci.v16i3.8650931. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rdbci/article/view/8650931>. Acesso em: 13 jun. 2023.

COMINS, N. F.; KAUFMANN III, W. J. **Descobrimo o Universo**. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

DAMIANI, Magda Floriana *et al.* **Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica.** Cadernos de educação, n. 45, p. 57-67, 2013.

DURÃES, Marina Nunes. **Educação Técnica e Educação Tecnológica: Múltiplos significados no contexto da educação profissional.** Educação e Realidade, [s. l.], v. 34, ed. 3, p. 159-175, 2009. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/educacaoerealidade/article/view/9365>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

ECHER, Ezequiel *et al.* **O número de manchas solares, índice da atividade do sol.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 2, p. 157-163, 2003.

EIRE DE MELLO, Diene *et al.* **Educação Tecnológica e suas diferentes concepções um estudo exploratório.** 1997. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/revedutec-ct/article/view/1022>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Balanco Energético Nacional (BEN) 2022: Ano base 2021.** Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt>>. Acesso em julho/2022.

GRUPO DE TRABALHO DA SOCIEDADE CIVIL PARA AGENDA 2030. **VI Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável Brasil.** 2022. Disponível em: <https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2022/06/rl_2022-completoweb-30_06_01.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2023.

Gómez, J.M. Rodríguez *et al.* **A irradiância solar: conceitos básicos.** Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2018, v. 40, n. 3 [Acessado 6 Abril 2022] , e3312. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0342>>. Epub 26 Mar 2018. ISSN 1806-9126. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0342>.

HAAG, R. **Estimativa da distribuição espectral da radiação solar sobre o território brasileiro através de análise multiinstrumental.** 2012. 133 p. Tese

(Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

HAAG, Rafael; KRENZINGER, Arno. **Estimativa da distribuição espectral da irradiância solar para distintas regiões da América do Sul**. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, v. 14, 2010.

LIOU, K. N. **An introduction to atmospheric radiation**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2002. 583 p.

MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno. **Energia Solar: estimativa e previsão de potencial solar**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2019. 139 p. ISBN 978-85-473-2708-8.

MOREIRA JÚNIOR, Orlando; SOUZA, Celso Correia de. **Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha**. Interações (Campo Grande), v. 21, p. 379-387, 2020.

NASA. **Mysteries of the Sun**. Estados Unidos, 2012. Disponível em: https://www.nasa.gov/sites/default/files/637244main_MysteriesOfTheSun_Book.pdf. Acesso em: 18 de junho de 2023.

NEVES, Guilherme Marques. **Influência do espectro da radiação solar em módulos fotovoltaicos**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE, 2016.

PEDROSA JUNIOR, Oswaldo Antunes; CORRÊA, Antônio Cláudio de França. **A crise do petróleo e os desafios do pré-sal**. 2016.

Pérez R. and M. Pérez. Revista Energías Renovables, **Reportaje**: una mirada fundamental a las reservas de energía del planeta. Disponível em: <<http://research.asrc.albany.edu/people/faculty/perez/2011a/una-mirada.pdf>>. Acesso em: 19 de jun. 2022.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. Editora Atlas. São Paulo. 1999.

TESSMER, Hélio. **Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem**. Revista Liberato, v. 3, n. 3, 2002.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2. ed. Bela Vista: Érica, 2015. ISBN 978-85-365-1489-5.

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PARA O(A) ALUNO(A):

Você aluno(a) está sendo convidado(a) a participar, **como voluntário(a)**, de uma atividade de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Astronomia, Mestrado Profissional, da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

O título da Pesquisa é “Conceitos e Aplicações da Energia Solar para o Ensino Médio” e tem como objetivo produzir o trabalho de conclusão de curso do mestrando/pesquisador **Santiago Maia Gil**.

Os resultados desta pesquisa e imagem do(a) aluno(a), poderão ser publicados e/ou apresentados em encontros e congressos sobre Ensino e Astronomia. As informações obtidas por meio dos relatos (anotações, questionários ou entrevistas) serão confidenciais e asseguramos sigilo sobre sua identidade. Os dados serão publicados de forma que não seja possível a sua identificação.

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento, bem como a participação nas atividades da pesquisa. Em caso de dúvida sobre a pesquisa você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável.

PARA OS PAIS OU RESPONSÁVEIS:

Após ler com atenção este documento e ser esclarecido(a) de quaisquer dúvidas, caso aceite a participação da criança ou adolescente na pesquisa, preencha o parágrafo abaixo e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

Eu, _____, responsável pelo(a) aluno(a) _____, nascido(a) em ___/___/____, autorizo a participação do(a) aluno(a) na pesquisa, e permito gratuitamente, **Santiago Maia Gil**, responsável pela pesquisa, o uso da imagem do(a) referido(a) aluno(a), em trabalhos acadêmicos e científicos, bem como autorizo o uso ético da publicação dos relatos provenientes deste trabalho. Declaro que recebi uma cópia do presente Termo de Consentimento. Por ser verdade, dato e assino em duas vias de igual teor.

_____ de _____ de 2023

Assinatura do responsável pelo(a) aluno(a)

Contatos: Orientador(a) Responsável: **Prof Dr Germano Pinto Guedes**.

E-mails: <germano@uefs.br e santiago.gil.eng@gmail.com **Telefone:** (75) 31618289.

Endereço: Av. Transnordestina, S/N. Bairro Novo Horizonte. CEP: 44036-900. Feira de Santana Bahia.

Assinaturas: _____ (Orientador(a): **Prof Dr Germano Pinto Guedes**)

_____ (Coorientador(a): **Prof Dr Marildo Geraldête Pereira**)

_____ (Discente: **Prof. Santiago Maia Gil**)

APÊNDICE 2 – APRESENTAÇÃO DE SLIDES

ENERGIA SOLAR
Conceitos e Aplicações

Crédito da imagem: NASA/SDO/Goddard Space Flight Center
Apresentação criada por Itarajá, Maria da
20/11/2022

REFERÊNCIAS
APLICAÇÕES
CONCEITOS BÁSICOS
INTRODUÇÃO

Apresentação

O Sol é uma fonte de energia abundante e sustentável, com inúmeras aplicações práticas em diversos setores. Esta apresentação aborda os conceitos fundamentais relacionados à Energia Solar e destaca suas aplicações em diferentes áreas. O material foi desenvolvido como parte de uma pesquisa realizada no programa de mestrado em ensino da Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e está disponível para uso, de acordo com a licença apresentada ao final desta apresentação.

Para o Professor E-book

Este material é destinado a estudantes do ensino médio e de cursos técnicos em edificações.

REFERÊNCIAS
APLICAÇÕES
CONCEITOS BÁSICOS
INTRODUÇÃO

Conteúdos

- ❖ Introdução
- ❖ Conceitos básicos da Energia Solar
- ❖ Aplicações

REFERÊNCIAS
APLICAÇÕES
CONCEITOS BÁSICOS
INTRODUÇÃO

SHOW DO DIA

O QUE É ENERGIA?

- 1 É O QUE EU NÃO TENHO
- 2 PARTÍCULA FUNDAMENTAL
- 3 CAPACIDADE DE REALIZAR TRABALHO
- 4 GRANDEZA VETORIAL

1 MIL ACERTAR

REFERÊNCIAS
APLICAÇÕES
CONCEITOS BÁSICOS
INTRODUÇÃO

O que é energia ?

Propriedade física que se manifesta em diversas formas, como:

- ❖ Nuclear
- ❖ Cinética
- ❖ Potencial
- ❖ Térmica
- ❖ Elétrica
- ❖ Química

*Pode ser transformada de uma forma para outra!
É fundamental para todos os processos naturais e atividades humanas!*

REFERÊNCIAS
APLICAÇÕES
CONCEITOS BÁSICOS
INTRODUÇÃO

Fontes de energia

Renováveis

- Biomassa da Cana
- Hidráulica
- Lenha e Carvão Vegetal
- Outras renováveis

Não Renováveis

- Carvão Mineral
- Urânio
- Petróleo e derivados
- Gás Natural
- Outras não renováveis

REFERÊNCIAS
APLICAÇÕES
CONCEITOS BÁSICOS
INTRODUÇÃO

Setores que demandam energia

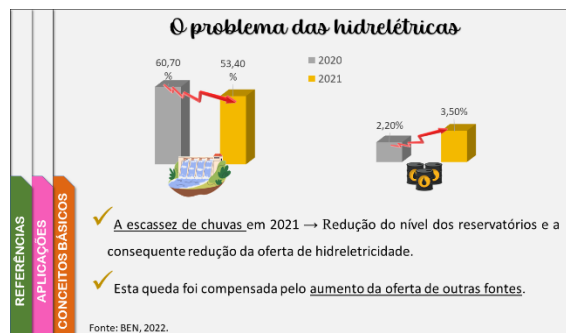
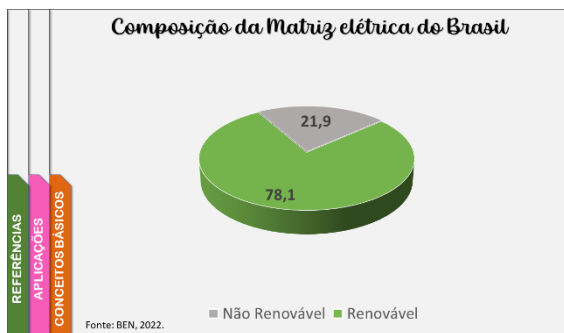
REFERÊNCIAS
APLICAÇÕES
CONCEITOS BÁSICOS
INTRODUÇÃO

Matriz elétrica – Geração centralizada

Fonte	Porcentagem (%)
Carvão e Derivados	~10
Hídrica	~50
Biomassa	~5
Eólica	~10
Solar	~1
Gás natural	~15
Derivados de petróleo	~1
Nuclear	~1
Eleticidade importada	~1

Fonte: BEN, 2022.

REFERÊNCIAS
APLICAÇÕES
CONCEITOS BÁSICOS
INTRODUÇÃO



Solução 1 - Criação das bandeiras tarifárias

Bandeira	Condições	Custo
Verde	Condições favoráveis de geração	Sem custo adicional
Amarela	Condições menos favoráveis	R\$ 2,989 a cada 100 quilowatts-hora (kWh) consumidos
Vermelha 1	Condições desfavoráveis	R\$ 6,500 a cada 100 kWh consumidos
Vermelha 2	Condições muito desfavoráveis	R\$ 9,795 a cada 100 kWh consumidos

OBS: Custos aprovados para julho de 2022 a junho de 2023.
Fonte: ANEEL, 2022.

Como consultar na conta de luz?

Escassez Hídrica (Nova)
R\$14,20 por 100kWh consumido

INFORMAÇÕES IMPORTANTES: Na data da leitura a bandeira em vigor é a Escassez Hídrica de R\$ 14,20/MWh, conforme Res. CREG 03/2021. O cliente é compensado quando há violação da continuidade individual ou do nível de tensão de fornecimento. Pagto. em atraso gera multa 2% (Res.44/ANEEL, Junho 1º de 2016) 10-438/02 e atualização monetária no mês. O Cliente é compensado quando há descumprimento do prazo definido para os padrões de atendimento comercial. Regras para cobrança da contribuição para o custeio do serviço de iluminação pública (CCOSP) estão à disposição no site www.neenergiaoab.com.br/Power Publico/Contribuição de Iluminação Pública. Informações Suplementares disponíveis no site www.neenergiaoab.com.br, Agência Virtual ou Lojas de Atendimento. A Iluminação Pública é de responsabilidade da Prefeitura.

Como consultar na conta de luz?

Bandeira Verde
R\$0,00 por kWh consumido

INFORMAÇÕES IMPORTANTES: Na data da leitura a bandeira em vigor é a Verde. Mais informações em www.aneel.gov.br. O cliente é compensado quando há violação na continuidade individual ou do nível de tensão de fornecimento. A partir de agosto o IGCIE realizará o censo demográfico 2022. Seja gentil ao receber o Recensador. A Iluminação Pública é de responsabilidade da Prefeitura.

Solução 2 - Integração dos ODS no setor elétrico

Fonte: ©ONU.

7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL

Garantir acesso à energia:

- ✓ Barata
- ✓ Confiável
- ✓ Sustentável
- ✓ Renovável

Sustentabilidade

Prós e contras das renováveis

Hidrelétrica	Solar	Eólica	Biomassa
Baixa emissão de poluentes	Baixo custo de manutenção	Não gera resíduos	Baixo custo de aquisição
Alagamentos têm impactos ambientais	Dias nublados afetam a geração	Poliuição sonora	Necessário amplos espaços de estocagem

Política

Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica - ProGD

- ✓ Descentralizar a geração elétrica
- ✓ Incentivos fiscais, financiamentos e linhas de crédito
- ✓ Desenvolvimento da micro e minigeração distribuída

7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL

- ✓ Regulamenta a Micro e Minigeração distribuída (MMGD)
- ✓ Institui o *net metering* (Sistema de compensação de energia)

Geração	135 kWh no mês
Consumo	80 kWh no mês
Créditos na conta	55 kWh

7 ENERGIA LIMPA E SUSTENTÁVEL

Crédito Pessoal CAIXA Energia Renovável

Fonte: CAIXA, 2023.

PRECISA DE FINANCIAMENTO DE ENERGIA SOLAR PARA O SEU PROJETO?

O BV Finanças tem o Desenvolvimento Financeiro e um sistema digital exclusivo para você financiar o seu sistema de energia solar e economizar até 90% no custo de luz.

Fonte: BV FINANCEIRA, 2023.

7 ENERGIA LIMPA E SUSTENTÁVEL

Matriz elétrica da Micro e Minigeração conectada à rede em 2021:

Fonte: BEN, 2022.

7 ENERGIA LIMPA E SUSTENTÁVEL

Crescimento da energia solar na Micro e Minigeração conectada à rede

Fonte: BEN, 2022.

7 ENERGIA LIMPA E SUSTENTÁVEL

Potencial Solar

Fonte: Adaptado do SolarGis, 2019.

7 ENERGIA LIMPA E SUSTENTÁVEL

Geração elétrica por fontes renováveis

Consumo de energia elétrica

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

7 ENERGIA LIMPA E SUSTENTÁVEL

Lâmpadas com 960 Lúmens

Lúmen é o fluxo luminoso. Quanto maior o número de lúmens, maior é a emissão de luz de uma lâmpada.

7 ENERGIA LIMPA E SUSTENTÁVEL

PROCEL

- Equipamentos e eletrodomésticos
- Edificações
- Iluminação pública (Reluz)
- Indústria e comércio

7 ENERGIA LIMPA E SUSTENTÁVEL

Gasto mensal R\$

Considerando o custo de R\$ 0,96 por kWh cobrado pela concessionária de energia em uma residência (valor que pode variar de acordo com a edificação) e um uso diário de 4 horas.

7 ENERGIA LIMPA E SUSTENTÁVEL

Energia

Geladeira Consul Frost Free Duplex 386 litros

Geladeira Brastemp Frost Free Duplex 375 litros

7 ENERGIA LIMPA E SUSTENTÁVEL

Gelo -> Automóveis

Movimento aparente do Sol - Euclides da Cunha/BA

12:00

Oeste Norte

Sul Leste

23 de setembro

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Movimento aparente do Sol - Euclides da Cunha/BA

12:00

Oeste Norte

Sul Leste

22 de dezembro

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Movimento aparente do Sol - Euclides da Cunha/BA

Movimento diário

Movimento anual

S L

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Movimento aparente do Sol - Porto Alegre/SC

Movimento diário

Movimento anual

S L

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Movimento aparente do Sol

Macapá/AP Equador (lat.: 0°)

Porto Alegre/RS Equador (lat.: -30°)

Estação Antártica Comandante Ferraz/Antártica Equador (lat.: -62°)

Energia Solar

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Radiação Solar e a atmosfera

Atenuação da Radiação Solar pelos componentes da atmosfera

Raios-X

UV extremo

UV Distante

UV Médio

UV Próximo

Visível/Infravermelho

Termosfera

Mesosfera

Estratosfera

Troposfera

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Efeito Fotovoltaico

Luz do Sol

Eletricidade

Célula Solar

Painel Solar

Matriz Solar

Módulo Solar

Fonte: Reis (2015)

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Efeito Fotovoltaico

Silício monocristalino

Silício policristalino

Silício amorfo

Molitura de Alumínio

Vidro Especial

Encapsulante - EVA

Células Fotovoltaicas

Encapsulante - EVA

Backsheet

Caixa de Junção

Crédito da imagem: <https://www.portalsolar.com.br/passos-a-passos-da-fabricacao-do-painel-solar.html>

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Efeito Fotovoltaico

Silício puro

Silício dopado com Fósforo (P)

Silício dopado com Boro (B)

Silício dopado com Fósforo (e^-)

Silício dopado com Boro (e^+)

Eletrodo

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Efeito Fotovoltaico

Tipo-n

Zona de depleção

Tipo-p

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Efeito Fotovoltaico

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Efeito Fotovoltaico

intelbras

EMSS 550 FINAME

Módulo Fotovoltaico Monocristalino Monofacial Half Cell 144 células 550 W

O que pode provocar essa queda?

Fonte: INTELBRAS. Especificações Técnicas do painel solar EMSS 550 Finame, 2023. Disponível em: <https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2023-05/datasheet-emss-550-finame-pt.pdf>. Acesso em: 22 maio 2023.

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Aplicações - Sistemas fotovoltaicos Autônomos

Créditos das imagens: Canva Educação (www.canva.com).

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Aplicações - Sistemas fotovoltaicos Autônomos

Pode Ser composto:

- ✓ Módulos Solares
- ✓ Controlador de Carga
- ✓ Inversor
- ✓ Baterias
- ✓ Cabos de Conexão
- ✓ Sistema de Proteção

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Componentes - sistemas fotovoltaicos Autônomos

Controlador de Carga:

- ✓ Regulação da tensão
- ✓ Proteção da bateria
- ✓ Impede a corrente inversa
- ✓ Monitoramento do sistema

Inversor Off Grid deve ser conectado na bateria do sistema, e não na saída de carga do controlador

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Componentes - sistemas fotovoltaicos Autônomos

Inversor Off Grid:

- ✓ Conversor CC – CA
- ✓ Potência de saída confiável
- ✓ Protege o sistema

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Sistemas fotovoltaicos Conectados à rede (On Grid)

Unidade consumidora e geradora

Excesso da geração injetada à rede (Créditos)

Consumo quando não há geração suficiente

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Componentes - Sistemas fotovoltaicos Conectados à rede (On Grid)

Diferença básica entre Inversor Off e On Grid:

- ✓ Conversão CC - CA sincronizado com a rede
- ✓ Proteção anti-ilhamento

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Efeito Fototérmico

Luz do Sol

Corpo-negro idealizado

Objeto de cor vermelha

Objeto de cor clara

OBS: Outros comprimentos de onda contribuem para o aquecimento dos corpos: luz infravermelha e ultravioleta.

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Aplicações - Sistemas Térmicos

Créditos das imagens: Canva Educação (www.canva.com).

REFERÊNCIAS

APLICAÇÕES

CONCEITOS BÁSICOS

INTRODUÇÃO

Aplicações - Sistemas Térmicos



Forno solar:

- ✓ Não usa gás ou energia elétrica
- ✓ Alta mobilidade (levar para áreas remotas)





Fonte: <https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/forno-solar.pdf>

REFERÊNCIAS
APLICAÇÕES
CONCEITOS BÁSICOS
INTRODUÇÃO

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Valores das bandeiras tarifárias são atualizados para o período 2022-2023**. Disponível em <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/valores-das-bandeiras-tarifarias-sao-atualizados-para-o-periodo-2022-2023>>. Acesso em Abril/2023.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Balanco Energético Nacional (BEN) 2022: Ano base 2021**. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt>>. Acesso em Abril/2023.

JUNGES, Alexandre Luis; SANTOS, Vinicius Yuri; MASSONI, Neusa Teresinha; SANTOS, Francineide Amorim Costa. **Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica**. Experiências em Ensino de Ciências, v.13, n.5, 2018.


 Este obra está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição- NãoComercial-Compartilhável 4.0 Internacional.
© 2023 Santiago Maia Gil. Todos os direitos reservados.

REFERÊNCIAS
APLICAÇÕES
CONCEITOS BÁSICOS
INTRODUÇÃO

REIS, Pedro. **Como funcionam as células solares fotovoltaicas**. Portal Energia, [S.l.], 17 nov. 2015. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/como-funcionam-celulas-solares-componentes-operacoes/>. Acesso em: 22 maio 2023.

SOLARGIS. **Maps and GIS data**. Disponível em: <https://solargis.com/maps-and-gis-data>. Acesso em: 17 jun. 2023.

PVGIS Photovoltaic Geographical Information System. <https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en>

 Este obra está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição- NãoComercial-Compartilhável 4.0 Internacional.
© 2023 Santiago Maia Gil. Todos os direitos reservados.

REFERÊNCIAS
APLICAÇÕES
CONCEITOS BÁSICOS
INTRODUÇÃO

APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO SUBJETIVO – PRÉ E PÓS-TESTE

Pré-teste – Parte Subjetiva		
Questão	Motivação/Fenômeno Relacionado	Conexão com a BNCC
1. Explique a diferença entre energias renováveis e não renováveis.	Nessa questão, tive a intenção de verificar se os estudantes conseguiriam distinguir as fontes de energia que são renováveis das que são não renováveis.	EM13CNT101
2. Dê exemplos de fontes de energia renovável e não renovável.	Busquei verificar a familiaridade dos estudantes com exemplos reais de cada tipo de energia	EM13CNT101
3. Sobre a energia elétrica que chega até sua casa, você sabe dizer qual é a principal fonte de geração?	Este questionamento tem o objetivo de avaliar o conhecimento do estudante sobre as diferentes fontes de energia presentes na matriz energética.	EM13CNT106
4. O Nordeste é considerado uma região estratégica para a implantação de Energia Solar fotovoltaica. Explique, de acordo com o seu conhecimento, os motivos que tornam essa região tão atrativa para investimentos nesse tipo de energia renovável.	Identificar se o estudante compreende a nossa geolocalização e o nosso potencial solar.	EM13CNT309
Até a questão 4, foram aplicadas em algumas turmas. No entanto, ao longo da pesquisa, foram adicionadas mais questões para aprimorar o pré-teste. A seguir, estão as outras, aplicadas nas últimas intervenções.		
Quais as aplicações da Energia Solar?	Verificar o conhecimento do estudante sobre as diferentes maneiras em que a energia	EM13CNT106

	solar pode ser utilizada em diversas áreas e setores, como	
	residências, indústrias, agricultura, transporte, entre outros.	
Quais fatores podem influenciar a incidência de radiação solar em um determinado lugar?	Busquei avaliar o conhecimento dos estudantes sobre os principais fatores que afetam a incidência de radiação solar em um local específico.	EM13CNT204

Fonte: O Autor, 2023.

APÊNDICE 4 – QUIZ ONLINE – PRÉ-TESTE

São as FONTES DE ENERGIA que têm a capacidade de se regenerar e não se esgotam com o passar do tempo			
Renovável (50%)		Não renovável	
É considerada uma energia NÃO RENOVÁVEL			
Hídrica	Lenha e Carvão Vegetal	Solar	Petróleo e derivados (50%)
É considerada uma energia NÃO RENOVÁVEL			
Solar	Biodiesel	Carvão mineral (50%)	Eólica
É considerada uma energia RENOVÁVEL			
Biomassa (33%)	Carvão Mineral	Urânio	Petróleo e Derivados
De onde vem a Energia Elétrica que chega até Euclides da Cunha e nas regiões próximas			
Hidrelétrica de Paulo Afonso	De várias fontes (8%)	Usina Nuclear	Todas as Hidrelétricas
Qual Material que a maioria das placas fotovoltaicas são fabricadas?			
Ferro	Vidro	Silício (50%)	Quartzo
Teoria que explica a transformação da luz do sol em energia elétrica			
Efeito Compton	Efeito luminoso	Efeito fotovoltaico (50%)	Efeito Doppler
É um tipo de onda eletromagnética de alta energia?			
Raios Gama (33%)	Raios Ultravioleta	Micro-ondas	Ondas Infravermelhas
Quando ocorre o Verão aqui no Brasil, também será Inverno nos EUA			
Verdadeiro (42%)		Falso	
As noites são mais curtas que os dias			
Outono	Primavera	Verão (33%)	Inverno
Qual é a principal consequência do Movimento de Rotação da Terra?			
Dias e Noites (67%)	Estações do Ano	Precessão	Apogeu
Qual é a principal consequência do Movimento de Revolução da Terra?			

Dias e Noites	Estações do Ano (50%)	Precessão	Apogeu
Quando é Primavera no hemisfério Norte, qual a estação do ano no hemisfério sul?			
Verão	Outono (25%)	Inverno	Primavera
Qual é a sequência de estações do ano a partir de janeiro? Sem repetição			
Nesta questão, o estudante deve organizar a lista aleatória das estações do ano que aparece na tela do seu celular. Ao lado, é apresentada a sequência correta.		Verão Outono Inverno Primavera (8%)	

Resultado Geral Pré-teste – 12 participantes do Ensino Médio - Minicurso



APÊNDICE 5 – QUIZ ONLINE – PÓS-TESTE

São as FONTES DE ENERGIA que têm a capacidade de se regenerar e não se esgotam com o passar do tempo			
Renovável (100%)		Não renovável	
É considerada uma energia NÃO RENOVÁVEL			
Hídrica	Lenha e Carvão Vegetal	Solar	Gás Natural (33%)
É considerada uma energia NÃO RENOVÁVEL			
Solar	Biodiesel	Urânio (33%)	Eólica
É considerada uma energia RENOVÁVEL			
Hídrica (67%)	Carvão Mineral	Urânio	Petróleo e Derivados
De onde vem a Energia Elétrica que chega até Euclides da Cunha e nas regiões próximas			
Hidrelétrica de Paulo Afonso	Matriz elétrica (17%)	Usina Nuclear	Todas as Hidrelétricas
Qual Material que a maioria das placas fotovoltaicas são fabricadas?			
Ferro	Vidro	Silício (50%)	Quartzo
Teoria que explica a transformação da luz do sol em energia elétrica			
Efeito Compton	Efeito luminoso	Efeito fotovoltaico (67%)	Efeito Doppler
Em qual faixa de comprimento de onda ocorre o pico de emissão por corpos quentes, como o corpo humano?			
Raios Gama	Raios Ultravioleta	Micro-ondas	Ondas Infravermelhas (83%)
Quando ocorre o Verão aqui no Brasil, também será Verão nos EUA?			
Verdadeiro		Falso (100%)	
As noites são mais longas que os dias			
Outono	Primavera	Verão	Inverno (67%)
Qual é a principal consequência do Movimento de Rotação da Terra?			
Dias e Noites (67%)	Estações do Ano	Precessão	Apogeu
Qual é a principal consequência do Movimento de Revolução da Terra?			

Dias e Noites	Estações do Ano (100%)	Precessão	Apogeu
Quando é Outono no hemisfério Norte, qual a estação do ano no hemisfério sul?			
Verão	Outono	Inverno	Primavera (83%)
Qual é a sequência de estações do ano a partir de janeiro? Sem repetição			
Nesta questão, o estudante deve organizar a lista aleatória das estações do ano que aparece na tela do seu celular. Ao lado, é apresentada a sequência correta.		Verão Outono Inverno Primavera (17%)	

Nota: As porcentagens de acertos encontram-se indicadas entre parênteses.

Resultado Geral Pós-teste – 12 participantes do Ensino Médio - Minicurso



Metodologia aplicada para apresentar o conteúdo						
	1	2	3	4	5	
Ruim	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente
O instrutor demonstrou domínio e segurança						
	1	2	3	4	5	
Ruim	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente
Conseguiu prender sua atenção						
	1	2	3	4	5	
Ruim	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente
O que você aprendeu de mais relevante nesse minicurso?						
Texto de resposta longa						
Alguma sugestão para melhorá-lo?						
Texto de resposta longa						