



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

ROBSON GONÇALVES RIBEIRO

**A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR EM PLACAS FOTOVOLTAICAS COMO
FERRAMENTA PARA O ENSINO DO EFEITO FOTOVOLTAICO**

**CAMPINA GRANDE - PB
2023**

ROBSON GONÇALVES RIBEIRO

**A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR EM PLACAS FOTOVOLTAICAS COMO
FERRAMENTA PARA O ENSINO DO EFEITO FOTOVOLTAICO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Barros.

**CAMPINA GRANDE - PB
2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

R484u Ribeiro, Robson Goncalves.

A utilização da energia solar em placas fotovoltaicas como ferramenta para o ensino do efeito fotovoltaico [manuscrito] / Robson Goncalves Ribeiro. - 2023.

13 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.

"Orientação: Prof. Dr. Marcos Antônio Barros, Coordenação do Curso de Licenciatura em Física - CCT. "

1. Energia fotovoltaica. 2. Ensino da física. 3. Geração de energia. I. Título

21. ed. CDD 530

ROBSON GONÇALVES RIBEIRO

A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR EM PLACAS FOTOVOLTAICAS
COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DO EFEITO FOTOVOLTAICO

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciatura em Física.

Aprovada em: 30/11/2023

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
MARCOS ANTONIO BARROS SANTOS
Data: 04/12/2023 13:20:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcos Antônio Barros (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dra. Morgana Lígia Farias Freire
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Profa. Dr. Alex da Silva
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha família, minha companheira Patrícia, meus amados filhos Sophia e Lucas, pela compreensão, companheirismo e amor, DEDICO.

SUMÁRIO

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 06 |
| 2 | METODOLOGIA | 06 |
| 3 | ENERGIA SOLAR | 07 |
| 4 | GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA | 07 |
| 4.1 | <i>A origem histórica do sistema fotovoltaico</i> | 08 |
| 4.2 | <i>Aspectos construtivos dos sistema fotovoltaico</i> | 08 |
| 5 | O EFEITO FOTOVOLTAICO | 10 |
| 5.1 | <i>O átomo de silício</i> | 10 |
| 5.2 | <i>semicondutor tipo n, tipo p e o campo elétrico</i> | 11 |
| 5.3 | <i>Faixa de condução</i> | 11 |
| 5 | CONCLUSÃO | 12 |
| | REFERÊNCIAS | 13 |

A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR EM PLACAS FOTOVOLTAICAS COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DO EFEITO FOTOVOLTAICO

Robson Gonçalves Ribeiro*

RESUMO

A utilização da energia fotovoltaica está presente em nosso cotidiano, e os painéis solares fotovoltaicos estão sendo largamente utilizados, sendo por isso adaptável ao ambiente escolar, onde se deve estabelecer uma ponte entre a realidade social e a compreensão dos inúmeros conceitos da física. Este artigo tem como objetivo estabelecer uma discussão sobre o efeito fotovoltaico utilizando como tema gerador um sistema de geração de energia solar fotovoltaica, através da metodologia de revisão bibliográfica. A proposta é debater os aspectos construtivos de um sistema de geração fotovoltaica e realizar sua correlação com os diversos conceitos que envolvem o efeito fotovoltaico.

Palavras-Chave: Energia Fotovoltaica; Ensino de Física; Geração de Energia.

ABSTRACT

The use of photovoltaic energy is present in our daily lives, and photovoltaic solar panels are being widely used, which is why they are adaptable to the school environment, where a bridge must be established between social reality and the understanding of numerous physics concepts. This article aims to establish a discussion about the photovoltaic effect using a photovoltaic solar energy generation system as a generating topic, through the methodology of bibliographical review. The proposal is to discuss the constructive aspects of a photovoltaic generation system and correlate it with the various concepts that involve the photovoltaic effect.

Keywords: Photovoltaics Energy; Teaching Physics; Power Generation.

* Aluno do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
robson.ribeiro@aluno.uepb.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A energia fotovoltaica utiliza o sol que é uma fonte renovável, dessa forma tem sido amplamente utilizada em diversos projetos por ser considerada umas das melhores e mais viáveis fontes alternativas da matriz energética. Reduzindo assim parcialmente a utilização e expansão de outras matrizes de geração como as termelétricas, hidrelétricas e nucleares que geram diversos impactos ambientais desde sua construção até o seu funcionamento e operação.

As placas fotovoltaicas convertem a energia solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico que ocorre com a absorção de fótons que liberam elétrons que fluem através das células fotovoltaicas, fazendo com que um elétron se desloque para uma órbita mais externa em decorrência da incidência solar sobre esta célula.

Com o ensino da energia solar fotovoltaica ocorre a promoção da conscientização ambiental e faz com que o aluno desenvolva um raciocínio criativo em relação ao nosso sistema energético. No ensino médio a transformação de energia deve ser abordada de forma científico tecnológico pelo Educador, como sugerido pelos Parâmetros Nacionais Curriculares.

Apesar das diversas e recentes produções científicas direcionadas para o ensino de Física Moderna e Contemporânea, tem-se poucas pesquisas fundamentadas em referenciais teóricos metodológico que visam entender como a inovação curricular acontece na sala de aula. Dessa forma os professores da educação básica não se sentem à vontade com a abordagem dos conceitos de Física Moderna e Contemporânea (OSTERMANN et al., 2014).

No processo de estruturação da aprendizagem, o professor é o responsável pelo envolvimento do aluno, promovendo experiências cognitivas, pessoais e sociais. Através da formulação de problemas e hipóteses, onde educador se torna mediador e busca instigar o aluno à pesquisa e desenvolvimento da visão crítica (BNCC. BRASIL, Ministério da Educação, 2018).

Com a utilização de tecnologias devidamente contextualizadas no cotidiano do aluno, as dificuldades no processo ensino-aprendizagem dos diversos conceitos Físicos que envolvem a temática abordada podem ser claramente superadas.

No presente artigo discute-se o efeito fotovoltaico, utilizando como temática geradora a utilização da energia solar através de placas fotovoltaicas, por meio da temática apresentada os professores de Física podem criar um debate em sala de aula, propondo que os alunos discutam e reflitam sobre as mais variadas formas de aplicação dessa fonte energia renovável.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é baseada em pesquisas bibliográficas, utilizando artigos, revistas científicas, livros e dissertações como suporte. De acordo com Marconi e Lakatos (2003) esse modelo de pesquisa envolve todo material bibliográfico disponível em relação ao tema em estudo.

A pesquisa foi iniciada buscando diversas referências de como trabalhar o ensino do efeito fotovoltaico através do sistema de geração de energia solar.

Dessa forma, o artigo apresenta um material destinado a auxiliar os professores de Física de como é possível trabalhar o conceito do efeito fotovoltaico nas escolas a partir da temática geradora.

O presente artigo propõe ainda, o devido entendimento para o aluno que em diversas oportunidades acaba não associando um sistema de geração de energia em placas solares com o efeito fotovoltaico e ainda não distinguindo o entendimento de energia solar e energia solar fotovoltaica.

3 ENERGIA SOLAR

Grande parte das fontes de energia existentes (biomassa, eólicas, combustíveis fósseis, hidráulica e afins) são consideradas fontes indiretas de energia solar, a radiação do sol pode ser usada de forma direta como fonte de energia térmica, para aquecimento de ambientes e fluidos diversos e ainda pode ser transformada em energia elétrica através de efeitos em materiais específicos, onde se destacam o fotovoltaico e o termoelétrico (SILVA et al., 2017).

No aquecimento solar passivo temos o aproveitamento térmico para aquecer os ambientes, utilizado em edificações com técnicas avançadas de engenharia através da absorção da radiação solar, racionalizando a necessidade de formas tradicionais de aquecimento e iluminação.

Para o aquecimento de fluidos a aplicação térmica é realizada com a utilização de coletores, e são mais usuais em projetos residenciais e comerciais, no aquecimento direto da água. Tem-se ainda os concentradores solares que são utilizados em aplicações que necessitam de temperaturas mais altas, como exemplo a secagem de grãos.

A conversão direta que transforma energia solar em elétrica acontece pelo efeito da radiação (Luz e calor), em materiais específicos, como os semicondutores. Entre eles podemos destacar o efeito termoelétrico e o fotovoltaico. No efeito termoelétrico ocorre o surgimento de uma força eletromotriz, ocasionada pela união de dois metais, em condições específicas, já no efeito fotovoltaico tem-se que os fótons presentes na luz solar são transformados em eletricidade, por meio das células solares.

4 GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A geração de energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da energia do sol em eletricidade por meio da tecnologia baseada no efeito fotovoltaico, e é considerado uma das principais aplicações de energia solar, junto com a térmica (aquecimento solar) e a heliotérmica (energia solar concentrada ou termossolar), e tem seu destaque justamente pelas suas aplicações diversificadas.

No Brasil, considerando as condições climáticas o aproveitamento da energia solar para aquecimento térmico é mais explorado nas regiões Sudeste e Sul e o sistema de geração de energia solar fotovoltaica no Nordeste e Norte do País.

Assumindo uma postura ambiental a energia solar fotovoltaica é um tipo de energia renovável, inesgotável e ainda não poluente, podendo ser gerada em instalações de pequeno porte como residências, comércios e afins que visam o autoconsumo ou ainda grandes usinas de geração fotovoltaicas, destinadas a distribuição de energia elétrica.

As usinas solares fotovoltaicas produzem em suas centrais, energia elétrica em alta escala de geração centralizada, e as aplicações da tecnologia fotovoltaica no local onde será utilizada são as de Geração Distribuída que podem ser com sistemas OnGrid ou ainda OffGrid que não tem ligação com a concessionária de energia locais e são indicadas para locais mais remotos e isolados.

A figura 1 ilustra os diversos tipos de geração de energia fotovoltaica.

Figura 1 - Tipos de Geração Fotovoltaica



Fonte: NeoSolar (2023)

O aluno deve compreender ainda que a energia solar faz referência para quaisquer processos que utilizem os raios solares na produção de energia, enquanto que a "energia solar fotovoltaica" é um modelo específico de energia solar, que envolve um processo de conversão da radiação solar em eletricidade através do efeito fotovoltaico.

4.1 A ORIGEM DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Durante a Revolução Industrial ocorrida em 1839, o francês físico Alexandre-Edmond Becquerel apresentou pela primeira vez a capacidade de uma célula solar em converter luz em eletricidade.

O fenômeno físico descoberto por Becquerel e denominado "fotovoltaico", tem origem do grego (phōs), que significa "luz" e da unidade de força eletromotriz, o Volt que foi criado em homenagem a outro físico, o Italiano Alessandro Volta.

No ano de 1883, cerca de quatro décadas após a demonstração do efeito fotovoltaico, em Nova York, foi criado pelo americano Charles Fritts o que foi considerado a primeira placa solar de telhado do mundo.

No século XXI, em 1905, o físico alemão Albert Einstein, apresentou o famoso artigo explicando o efeito fotoelétrico, que permitiu com que a energia solar fotovoltaica tivesse seu desenvolvimento devidamente estabelecido.

A célula fotovoltaica mais moderna foi apresentada em 1954 pela empresa americana Bell Labs, que foi ao longo das décadas melhoradas e se tornaram mais acessíveis do ponto de vista financeira, tornado possível a sua comercialização em grande escala em placas solares como é conhecido hoje.

4.2 ASPECTOS CONSTRUTIVOS DOS SISTEMA FOTOVOLTAICO

Nos sistemas supramencionados On Grid que são interligados a rede da concessionária, ocorre a transformação da energia solar em elétrica nas células das placas fotovoltaicas, após a geração, a energia é transportada através de condutores elétricos.

cos para o inversor que além de proteger o sistema elétrico realiza a conversão da corrente contínua (CC) gerada pelos painéis em corrente alternada (CA).

A ação de absorção dos fótons pelos elétrons gera uma corrente elétrica contínua, que é transportada por um material condutor, até um inversor que realiza a conversão dessa corrente em alternada e injeta no sistema elétrico (ver fig. 02) para ser utilizada por dispositivos elétricos diversos (SOUSA e FERNANDES, 2014).

A energia gerada pelas placas é transformada pelo inversor em CA e é injetada no quadro de distribuição geral da unidade, fornecendo energia elétrica para a rede como um todo, caso a potência de geração seja superior que a carga total instalada do local, esse excedente da geração de energia será de forma automática injetada na rede elétrica através do sistema de medição da distribuidora de energia que realizará o dimensionamento da energia elétrica injetada na rede de distribuição.

A figura 2 Ilustra um sistema de Geração Fotovoltaico On Grid.

Figura 2 - Sistema de Geração Fotovoltaico On Grid.



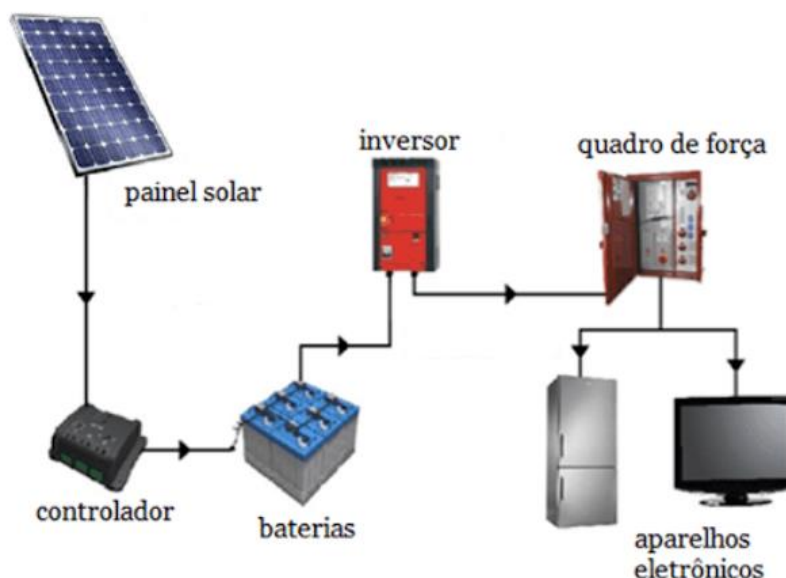
Fonte: Silva et al. (2017)

No sistema de geração Off Grid (ver fig.03), o processo é bem semelhante, mas é conjugado ao sistema baterias, que são utilizadas para o armazenamento da energia elétrica que poderá ser utilizada quando ocorre ausência do sol, por exemplo a noite.

Tem se ainda os controladores de carga, que são usados para o controle da tensão de entrada dos equipamentos prevenindo sobrecarga no sistema é fica instalado entre a bateria é as placas fotovoltaicas.

A figura 3 Ilustra um sistema de Geração Fotovoltaico Off Grid.

Figura 3 - Sistema de Geração Fotovoltaico Off Grid.



Fonte: Silva et al. (2017)

5 O EFEITO FOTOVOLTAICO

A radiação do sol pode ser usada de forma direta como fonte de energia térmica, para aquecimento de ambientes e fluidos diversos e ainda pode ser transformada em energia elétrica através de efeitos em materiais específicos, onde se destacam o fotovoltaico e o termoeletrico (SILVA et al., 2017).

O acontecimento do efeito fotovoltaico consiste no surgimento de uma diferença de potencial em um determinado material, que se dá quando ocorre a excitação dos elétrons de nesse material na presença de luz solar. Dentre os materiais mais usuais para converter a radiação solar em energia elétrica aos quais são normalmente denominadas células solares fotovoltaicas, destaca-se o silício.

Quando ocorre a incidência da luz solar na célula fotovoltaica, podem ocorrer três situações distintas, os fótons podem ser refletidos, absorvidos pelo material semicondutor ou ainda passar pelas células fotovoltaicas.

As células fotovoltaicas atuam através da absorção dos elementos de energia constantes na luz solar, denominado de fótons, gerando dessa forma energia elétrica através da liberação de elétrons que fluem pelas células.

A transformação de energia solar em elétrica ocorre nos módulos fotovoltaicos produzidos a partir de um material semicondutor dopado, que podem ser descritos essencialmente como diodos (junções PNs) de grande área, preparadas para que ocorra o efeito fotovoltaico (Pinho e Galdino - 2008, pág.114).

5.1 O ÁTOMO DE SILÍCIO

Considerando que toda a matéria é formada por átomos, e estes são compostos de prótons que são carregados positivamente, elétrons carregados negativamente e os nêutrons que são neutros. Um átomo é considerado eletricamente neutro quando possui um mesmo número de prótons e elétrons.

A energia constante no elétron vai depender de sua orbita, os mais próximos ao núcleo possuem menos energia do que aqueles que se encontram mais distantes.

Tem-se que o átomo de silício possui 14 elétrons, mas, só podem ser compartilhados os quatro últimos da camada de valência, e é justamente esses elétrons que representam um fundamental papel no efeito fotovoltaico.

Na construção da célula fotovoltaica de silício, para que ocorra a modificação da estrutura original o semicondutor é misturado a outros elementos químicos, formando um processo conhecido como dopagem.

5.2 SEMICONDUTOR TIPO N, TIPO P E O CAMPO ELÉTRICO

Para a formação de um campo elétrico em uma célula fotovoltaica é usado dois semicondutores diferentes, tipo N e tipo P, quando unidos formam uma junção tipo P-N e cria-se um campo elétrico, ainda que os materiais sejam eletricamente neutros, pois o silício tipo-N tem elétrons em excesso e o tipo-P tem lacunas ou “falhas” em excesso.

Em uma das camadas ocorre o tratamento com Fosforo para que tenha elétrons extras e a outra camada com Boro para que tenha carência de elétrons (dopagem), criando dessa forma dois tipos diferentes do mesmo material semicondutor, uma parte com átomos carregados negativamente (excesso de elétrons) tipo-N, e a outra parte com átomos carregados positivamente (Ausência de elétrons ou “Falhas”), denominado tipo-P. Dessa forma uma parte fica com uma carga negativa e a outra positiva, formando assim a junção P-N.

5.3 FAIXA DE CONDUÇÃO

Com um entendimento básico de teoria de banda de energia é possível entender claramente o funcionamento do efeito fotovoltaico, considerando que um determinado material contém três bandas de energia, banda de valência, condução e “gap” ou proibida.

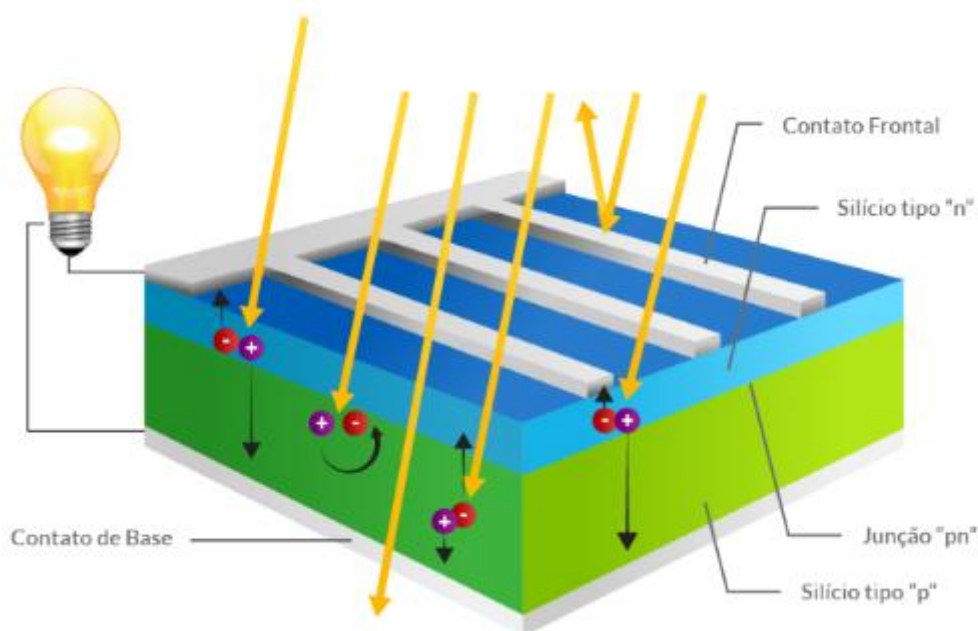
Os semicondutores contem a banda de valência totalmente cheia e a banda de condução vazia, com um “gap” de um eletro-volt, completamente diferente dos metais.

Quando o fóton fornece energia suficiente para que o elétron presente na banda de valência salte a banda proibida e passe para banda de condução temos o surgimento da diferença de potencial, mas isso, só vai ocorrer se a energia do fóton de luz recebida for igual ou maior a energia do gap, que é a diferença entre a energia mínima da banda de condução e a máxima da banda de valência.

Dessa forma para vencer a banda de “gap” ou proibida, o elétron necessita de energia, e caso essa energia incidente do fóton seja maior que o “gap”, tem-se um aquecimento do material, pois, o excedente se transforma em calor (Efeito de termalização), por isso, uma célula fotovoltaica precisa estar “ajustada” (processos de dopagem) na estrutura da molécula do semicondutor para que a energia do fóton seja maximizada, convertendo o máximo de energia luminosa em elétrica, obtendo uma célula fotovoltaica (ver fig.04) eficiente.

A figura 4 - Ilustra uma célula fotovoltaica com a representação do efeito fotovoltaico.

Figura 4 - Representação Gráfica do efeito fotovoltaico – Célula fotovoltaica



Fonte: NeoSolar (2023)

6 CONCLUSÃO

Através das pesquisas bibliográficas realizadas para o desenvolvimento do presente artigo, pode-se perceber que trabalhar o conceito do efeito fotovoltaico através da temática geradora energia solar fotovoltaica é uma excelente alternativa, a temática em questão pode ser implementada nas aulas de Física como apresentado neste trabalho e ainda em debates variados que envolvam o tema sustentabilidade e questões ambientais diversas.

Com base na análise da metodologia citada neste artigo, verificou-se a importância e a tendência de trabalhar temas do cotidiano atual da sociedade e do aluno, e implementar essas novas tecnologias em aplicações na sala de aula, fazendo uma ponte com os conceitos físicos a serem trabalhados.

Por fim, tem-se que a metodologia apresentada neste artigo, através da temática geradora se apresenta como uma ferramenta eficiente para a construção do conhecimento do aluno, considerando que permite que o educando compreenda a informação, contextualizando-a e associando a outros conhecimentos.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Energia solar. [S.l.]. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em: 05 de outubro de 2023.
- BLUE SOL. Soluções Completas em Energia Solar Fotovoltaica. [S.l.], 2019. Disponível em: <https://bluesol.com.br/>>. Acesso em: 11 de outubro de 2023.
- BRASIL. Base Nacional Comum Curricular - BNCC. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> >. Acesso em: 11 de outubro de 2023.
- BRASIL. Uso de Metodologias Ativas e Colaborativas e a Formação de Competências - BNCC. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos/202-o-uso-de-metodologias-ativas-colaborativas-e-a-formacao-de-competencias-2> Acesso em: 14 de outubro de 2023.
- GALDINO, M. A. E. et al. O Contexto das Energias Renováveis no Brasil. [S.l.]. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>>. Acesso em: 26 de outubro de 2023.
- NEOSOLAR. Energia solar. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaica>>. Acesso em: 8 de novembro de 2023.
- OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: um Texto para Professores sobre Supercondutividade. Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 20, n.3, p. 270-288, 1998.
- PORTAL SOLAR. Célula Fotovoltaica. São Paulo. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 10 de novembro de 2023.
- SILVA et al., Energia solar fotovoltaica: Um tema gerador para o aprendizado de física. A Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - UNIFESSPA, Pará, 2017.