



SFV

Curso Híbrido de Instalador de
Sistemas Fotovoltaicos

Unidade 2
Fundamentos de energia solar fotovoltaica

Ficha 4
**LUZ: ENERGIA QUE NOS
MOVE**



Por meio da:



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO





Objetivos de aprendizagem

Os alunos e as alunas serão desafiados a:

1. Reconhecer os princípios gerais relacionados à conversão de energia solar em energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos;
2. Descrever os principais tipos de sistemas fotovoltaicos em relação às suas funcionalidades e necessidades energéticas do usuário ou da usuária.



Competências

Capacidades Técnicas e Conhecimentos conforme os Itinerários Formativos EnergIF

- Conhecer as formas de aproveitamento da energia solar e sua captação máxima.
 - Conversão direta da irradiação solar em calor e em eletricidade (sistemas básicos).



Relação com a Unidade Curricular

Este tema se articula com os demais que se baseiam nos fundamentos de energia solar fotovoltaica, abordando informações sobre os tipos de geração de energia, alguns detalhes sobre a geração da energia solar fotovoltaica e a diferença entre a tecnologia de aquecimento solar de água e a conversão de energia solar em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico, assim como a diferença entre sistemas conectados à rede elétrica e sistemas *off-grid*.

Bandeiras Tarifárias: Por que a quantidade de chuvas durante o ano influencia o valor da minha conta de energia elétrica?

Atualmente, umas das contas residenciais mensais que nos chama bastante atenção é a chamada conta de luz, a fatura de energia elétrica. E algo que faz com que essa conta fique mais cara é a tal da bandeira tarifária. Mas você já parou para pensar o que significa isso? Quando ouve dizer que estamos pagando “bandeira vermelha” na conta de energia, você sabe o motivo?

A matriz energética brasileira é formada, em sua maioria, por usinas hidrelétricas, ou seja, a maior parte da nossa energia é gerada pela força das águas que são armazenadas em imensos reservatórios. Quando as chuvas ocorrem com menor intensidade durante o ano, os reservatórios ficam com volumes mais baixos, e é necessário que se utilizem outras formas de geração de energia elétrica. A mais rápida é a utilização de usinas térmicas. Porém, o custo da energia gerada por essa modalidade de usinas é maior que o custo de outras formas de geração. Assim, nesses períodos, a conta de energia fica mais cara. Em consequência, para que nossas contas de energia fiquem mais baratas, precisamos buscar fontes de energia de menores custos.



Figura 1: As barragens seguram a água armazenada nos reservatórios e esta gira as turbinas, as quais transformam a energia mecânica em energia elétrica.

Fonte: [Pixabay](#)

Quando falamos em usinas geradoras, estamos sempre falando em transformação de energia. Ou seja, da conversão de um tipo de energia em energia elétrica. No caso das usinas hidrelétricas, faz-se a conversão da energia mecânica (força da água que faz girar o eixo da turbina) em energia elétrica nos enrolamentos de cobre das turbinas que giram dentro de um campo magnético.

No caso da energia solar fotovoltaica, faz-se a conversão da energia do Sol (irradiação solar) em energia elétrica. Mas como ocorre essa conversão?

1 Conversão de energia solar em eletricidade

Você já parou para pensar que é por meio da energia do Sol que ocorre a evaporação das águas que formam a chuva e que abastecem os reservatórios das usinas hidrelétricas? A radiação solar também é responsável por induzir a circulação de ar em grande escala, formando os ventos. Dessa maneira, a energia eólica também é uma manifestação indireta da energia solar.

Uma das formas de utilização da energia solar é o aquecimento da água.



Figura 2: As placas de aquecimento solar de água se parecem muito com os módulos fotovoltaicos quando vistas de longe sobre os telhados. Fonte: [Wikimedia](#)

As placas de aquecimento solar de água se parecem muito com os módulos fotovoltaicos por fora, porém, tratam-se de tecnologias bem diferentes. O aquecimento de água é feito em uma tubulação pela qual a água circula no interior das placas. Já os módulos fotovoltaicos usam a tecnologia dos semicondutores para a transformação de energia solar em eletricidade.

A palavra "fotovoltaico" tem origem no grego *photos*, que significa "luz", e *Volta*, referente ao nome do físico italiano Alessandro Volta, que descobriu a pilha elétrica em 1800.

A unidade fundamental de um módulo fotovoltaico é a célula fotovoltaica. Ela é fabricada com material semicondutor, sendo o silício o mais utilizado.

O semicondutor tem a capacidade de absorver a energia contida nos fótons presentes na radiação luminosa, transformando-os em eletricidade.

Na tabela periódica, temos vários elementos semicondutores, como o Carbono (C), o Silício (Si), o Germânio (Ge), o Arsênio (As), o Fósforo (P), o Selênio (Se) e o Telúrio (Te). Os elementos químicos também podem ser combinados na forma de compostos.

Os elementos mais utilizados na indústria de dispositivos de conversão fotovoltaica são: Silício (Si) monocristalino, policristalino e amorfo; arseneto de gálio (GaAs); disseleneto de cobre e índio (CuInSe_2); disseleneto de cobre, gálio e índio (CuInGaSe_2); e, telureto de cádmio (CdTe).

O fenômeno fotovoltaico pode ser explicado a partir do estudo da teoria da mecânica quântica, que afirma que qualquer tipo de radiação eletromagnética possui partículas denominadas **fótons** que carregam determinada quantidade de energia. A energia de um fóton é dada pela equação:

$$E_F = h \cdot \frac{C}{\lambda}$$

Sendo que:

- h é a constante de Planck ($h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s);
- c é a velocidade da luz ($c = 2,998 \times 10^8$ m/s);
- λ (Lambda) é o comprimento de onda do fóton em metros.

De acordo com a teoria quântica da matéria, a quantidade de energia que os elétrons possuem está relacionada à banda ou à camada em que esse portador de carga se encontra em relação ao núcleo do átomo de origem.

Quando um elétron recebe energia suficiente para saltar de uma banda mais próxima do núcleo para a banda de condução, em que ele fica livre para circular pelo material, existe a produção da corrente elétrica. Essa energia é recebida pelo fóton proveniente da radiação solar.

A quantidade de energia gerada por um módulo fotovoltaico depende da quantidade de energia solar recebida por ele. Mas, mesmo em dias nublados, o módulo fotovoltaico é capaz de gerar energia, pois, além da irradiação solar direta, recebe a radiação solar chamada de difusa. Já em outras tecnologias, como em torres solares, a irradiação deve ser direta para que haja a produção de energia.

Quando se realiza o dimensionamento de um sistema fotovoltaico, um dos critérios básicos a ser considerado é o potencial energético do local onde ele será instalado. Para esse cálculo, utiliza-se a irradiação solar, que representa a energia recebida por

metro quadrado em determinado período de tempo. Usualmente, esse período de tempo utilizado é de um dia, e assim o valor de irradiação também é conhecido como o número de **horas de sol pleno** (HSP), ou seja, é a medida da energia solar que incide em um metro quadrado em um dia. Ela é medida em Wh/m²/dia. Esses valores variam por região e podem ser encontrados no *Atlas Solarimétrico*. Se multiplicarmos o valor de HSP pela potência do módulo fotovoltaico, teremos a energia que o módulo fornece durante o dia, desconsiderando perdas no sistema.



Figura 3: O *Atlas Solarimétrico do Brasil* é uma base de dados gratuita e pública, que permite aos interessados obterem mais informações sobre a irradiação solar no país.

Fonte: [Uniarp](#) - *Atlas Solarimétrico do Brasil*

Além da conversão da energia solar em eletricidade, precisamos adequar essa eletricidade para que ela tenha os mesmos parâmetros da rede elétrica das nossas casas. Como sabemos, o módulo fotovoltaico gera eletricidade em corrente contínua (CC). Já a rede elétrica das nossas casas opera com corrente alternada (CA). Para essa transformação é utilizado o inversor de frequência, que converte a potência CC em potência CA injetada diretamente na rede elétrica, sincronizando com a tensão e a frequência de operação. Além disso, o inversor efetua o seguimento do ponto de máxima potência do gerador fotovoltaico, otimizando a energia gerada pelo sistema.

Após a energia ser convertida, ela é consumida pelas cargas da instalação ou injetada na rede, caso a energia gerada seja maior que a consumida na residência. Nesse caso, são gerados créditos ao consumidor, que podem ser utilizados posteriormente. Falaremos mais sobre isso na próxima seção.

Os custos de implantação dos sistemas fotovoltaicos diminuíram bastante nos últimos anos e a tecnologia se mostra vantajosa como uma forma de geração renovável, trazendo economia ao consumidor, além de aliviar o uso das linhas de transmissão no caso de utilização como geração distribuída (instalada próximo às cargas de consumo).

2) Como escolher o sistema fotovoltaico adequado?

Os sistemas fotovoltaicos devem ser dimensionados de acordo com as características de consumo do usuário, da região em que

será implantado e do local em que será instalado. Por exemplo, um consumidor residencial de energia terá um sistema com menor potência do que um consumidor industrial ou comercial. Isso ocorre porque existe um consumo maior ou menor, dependendo da quantidade de equipamentos instalados no local de consumo. Da mesma forma, uma instalação de solo tem a necessidade de maior quantidade de estruturas de fixação do que sistemas fotovoltaicos instalados em telhados. A inclinação dos módulos também influencia a quantidade de energia gerada e deve ser levada em consideração no momento do dimensionamento.

Alguns sistemas necessitam de uso em apenas alguns momentos do dia, como em alguns sistemas de bombeamento de água. Outros sistemas precisam utilizar baterias para armazenar a energia que será fornecida para a instalação também quando não houver sol, no caso de sistemas isolados da rede elétrica.

Os sistemas fotovoltaicos isolados, também conhecidos como sistemas *off-grid* ("fora da rede"), são geralmente utilizados em locais em que a rede elétrica não está disponível. Nesse caso, utilizam baterias que são carregadas enquanto existe a disponibilidade do sol e geram energia em momentos em que o sol não está incidindo sobre os módulos fotovoltaicos. Esse tipo de sistema utiliza um controlador de carga, ou seja, um circuito eletrônico que decide qual quantidade de energia vinda dos módulos fotovoltaicos será utilizada para alimentar a residência e qual quantidade será usada para carregar as baterias.

Outro tipo de sistema é o sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, também conhecido como SFCR ou *on-grid* ("na rede"). Isso significa dizer que o sistema está conectado à rede pública de distribuição de energia elétrica. No Brasil, a legislação permite

que o usuário acumule créditos na fatura de energia quando o sistema gera excedente de energia e possa utilizar esses créditos no momento em que o sistema não está gerando. Nesse caso, a rede elétrica funciona como uma “bateria virtual” que “armazena” a energia em forma de créditos.

Existem ainda sistemas híbridos que são conectados à rede elétrica e possuem bateria. Esses tipos de sistema possibilitam

ao usuário a escolha do horário em que deseja utilizar a energia da bateria ou a da rede. Em locais em que a tarifação do kWh muda ao decorrer do dia (por exemplo, mais cara no horário de pico), é comum que o consumidor opte por carregar a bateria nos horários fora de pico, em que a energia é mais barata, e utilizar a energia da bateria nos horários de pico, quando a energia tem um custo maior.



Amplificadores

Vale a pena aproveitar o momento para discutir, conceitualmente, os cenários em que os diferentes sistemas fotovoltaicos podem ser mais bem utilizados. Em que contextos você pensa ser melhor instalar um sistema isolado? Quais os diferentes cenários em que um sistema conectado poderia ser uma boa solução? E quanto aos sistemas híbridos? Levar em conta uma visão socioeconômica-ambiental, em áreas urbanas e rurais, é uma boa ideia para se pensar esses pontos.



Tecnologia em foco

Atualmente, muitos softwares e aplicativos estão disponíveis para auxiliar no dimensionamento e na escolha adequada dos componentes dos sistemas fotovoltaicos. Um exemplo disso é o aplicativo **Solares On**, que permite o cálculo de potência de um sistema fotovoltaico de maneira bem simples.



Dicas para o instalador ou a instaladora de SFV

O inversor fotovoltaico que converte a energia de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA) pode ser um microinversor ou um inversor *string*. A diferença está na quantidade de potência e de módulos que são conectados nele. Uma das vantagens do microinversor é reduzir a quantidade de cabos vindos dos módulos. Outra vantagem é a maior disponibilidade de geração de energia, já que, se houver um defeito ou um sombreamento em algum módulo, tem-se uma parcela menor do sistema fotovoltaico sem gerar energia.



Situações de avaliação

Podemos pensar nas diferenças dos sistemas fotovoltaicos *off-grid* e *on-grid* para tentar entender suas aplicações. Quais seriam as situações mais indicadas para o uso de um e de outro? Pense em termos de tamanho dos sistemas, tecnologias de bateria, inclinação do painel, armazenamento e distribuição da energia.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente da República

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro de Estado da Educação

Camilo Sobreira de Santana

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica

Getúlio Marques Ferreira

Coordenação do Projeto Profissionais do Futuro: Competências para a Economia Verde

Fábio de Medeiros

APOIO TÉCNICO

Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Diretor Nacional

Michael Rosenauer

Coordenação do Projeto Profissionais do Futuro: Competências para a Economia Verde

Julia Giebeler Santos

Coordenação do material

Roberta Knopki (GIZ)

Marco Antonio Juliatto (MEC)

Instalador de Sistemas Fotovoltaicos

Fichas de Conteúdo

Organização

Roberta Knopki (GIZ)

Projeto Instrucional

Cristine Barreto (Ohje Soluções de Aprendizagem)
Anderson Castanha

Autoria

Felipe Almeida (IFSP)

Design Instrucional

Nina Machado (Ohje Soluções de Aprendizagem)

Revisão de Língua Portuguesa

Patrícia Sotello

Projeto Gráfico e Diagramação

André Guimarães S. (Yellow Carbo Design)

Abril de 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Instalador de sistemas fotovoltaico [livro eletrônico] :
fichas de conteúdo / coordenação Roberta Hessmann Knopki, Marco Antonio Juliatto. --
1. ed. -- Brasília, DF : Ministério da Educação :
Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit - GIZ, 2023.

PDF

Vários autores.

ISBN 978-85-92565-07-7

1. Energia - Fontes alternativas 2. Energia solar fotovoltaica 3. Instalações elétricas I. Knopki, Roberta Hessmann. II. Juliatto, Marco Antonio.

23-149831

CDD-621.47

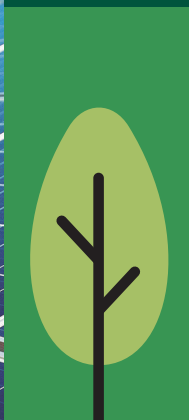
Índices para catálogo sistemático:

1. Energia solar fotovoltaica : Engenharia 621.47
Henrique Ribeiro Soares - Bibliotecário - CRB-8/9314

INFORMAÇÕES LEGAIS

As ideias e opiniões expressas nesta publicação são dos autores e não refletem necessariamente a posição do Ministério da Educação ou da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

A duplicação ou a reprodução do todo ou partes (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e a distribuição deste material para fins não comerciais é permitida, desde que o Ministério da Educação e a GIZ sejam citados como fonte da informação. Para usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição do todo ou partes, é necessário o consentimento por escrito do MEC e da GIZ.



SFV

Curso Híbrido de Instalador de
Sistemas Fotovoltaicos