



SFV

Curso Híbrido de Instalador de
Sistemas Fotovoltaicos

Unidade 3
Tecnologia Fotovoltaica: Módulos, Arranjos, Células

Ficha 3 PURA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA



Por meio da:



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO





Objetivos de aprendizagem

Os alunos e as alunas serão desafiados a:

1. Descrever a estrutura de um módulo fotovoltaico;
2. Diferenciar os principais tipos de módulos fotovoltaicos quanto a suas características técnicas, componentes e parâmetros de funcionamento;
3. Discriminar os diferentes fatores e a maneira com que afetam a eficiência dos módulos fotovoltaicos.



Competências

Capacidades Técnicas e Conhecimentos conforme os Itinerários Formativos EnergIF

- Conhecer as características e os componentes de diferentes tipos de módulos fotovoltaicos.
 - Processo de construção de um módulo;
 - Características técnicas, componentes e parâmetros de funcionamento dos principais tipos de módulos fotovoltaicos;
 - Fatores que afetam a eficiência de um módulo fotovoltaico.



Relação com a Unidade Curricular

Conhecemos o efeito fotovoltaico, que é a base para o funcionamento da célula fotovoltaica, e as características elétricas dessas células, como a curva tensão x corrente. Daremos continuidade ao tema, entendendo agora como se dá a reunião de várias células fotovoltaicas em um equipamento que chamaremos de módulo fotovoltaico. O entendimento sobre as características mecânicas e elétricas do módulo fotovoltaico se articula com os demais temas desta unidade e com o restante do curso, uma vez que os módulos fotovoltaicos são a parte que mais será manuseada pelo profissional da área. Conhecer essa estrutura em detalhes proporciona mais segurança ao seu manuseio e, como consequência, mais qualidade no desenvolvimento dos trabalhos do instalador de sistemas fotovoltaicos.

O que é e como funciona um módulo fotovoltaico?

Como aluno ou aluna deste curso, certamente você já deparou com essa pergunta! Ou ainda: “Eu vou aprender como instalar um módulo fotovoltaico, mas de que é feito esse módulo, afinal? O pessoal chama de placa solar — é a mesma coisa?”.

Vamos tentar esclarecer essas e outras dúvidas ao longo desta nossa conversa. Mas, para isso, é importante que você lembre alguns conceitos importantes, já listados aqui para facilitar:

| | |
|--------------------------------|---|
| efeito fotovoltaico | <ul style="list-style-type: none">• O efeito fotovoltaico é o princípio do funcionamento da célula solar fotovoltaica. |
| célula solar fotovoltaica | <ul style="list-style-type: none">• A célula solar fotovoltaica é formada com os mesmos materiais de um diodo da eletrônica. |
| efeito da radiação solar | <ul style="list-style-type: none">• Quando a radiação solar incide na célula, ela produz uma tensão; se um circuito elétrico for fechado, uma corrente elétrica irá circular. |
| tensão x corrente | <ul style="list-style-type: none">• A tensão e a corrente elétrica produzidas por uma célula solar fotovoltaica obedecem a uma relação chamada curva característica tensão X corrente. |
| a tensão de uma célula é baixa | <ul style="list-style-type: none">• A tensão de uma célula fotovoltaica é bem baixa, da ordem de 0,6 V, e a corrente depende da área e do valor da irradiância; as células atuais têm capacidade de produzir uma corrente da ordem de 10 A. |



Nossa, professor, são muitos conceitos para lembrar! Tudo bem, vou me esforçar, mas até agora ninguém falou sobre placa solar...

Verdade, meu amigo e minha amiga! Mas eu não esqueci, e agora chegou a hora de falar dele: o módulo solar fotovoltaico. Sim, este é o nome oficial que o papai e a mamãe deram quando ele nasceu. Mas você pode continuar a chamá-lo pelos apelidos: painel solar, placa solar, placa fotovoltaica... alguns chamam só de placa ou só de painel. Não se preocupe, ele não vai ficar chateado. Quando você for mencioná-lo em documentos e situações formais, aí sim precisa usar o termo oficial.

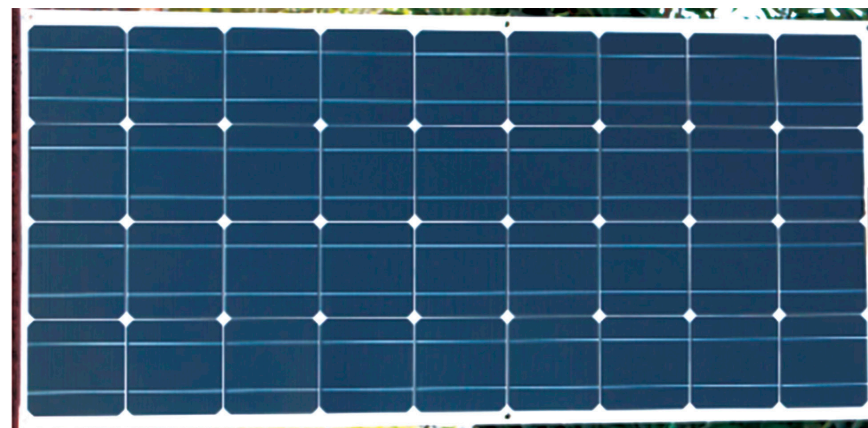


Figura 1: Um módulo fotovoltaico policristalino é a reunião de várias células fotovoltaicas feitas de silício policristalino.

Fonte: Acervo do autor

De maneira muito simples e direta, um módulo solar fotovoltaico é a reunião de várias células solares fotovoltaicas, ligadas normalmente em série. *Vixe, agora complicou tudo, professor!* Calma, não complicou, não. Veja a figura a seguir, que tudo vai ficar mais claro.

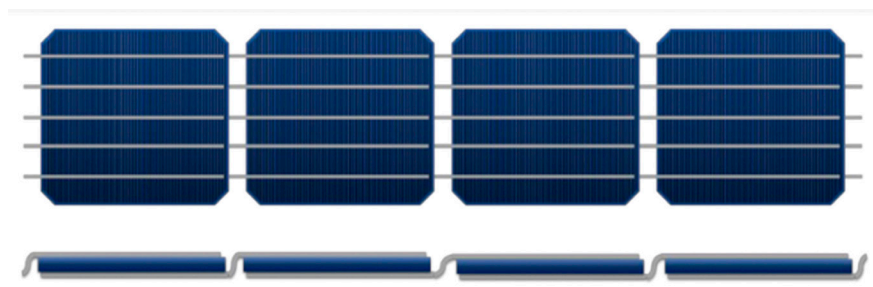


Figura 2: Na parte de cima da figura, você vê quatro células lado a lado, com as conexões vistas por cima. Na parte de baixo da figura, é possível ver as ligações lateralmente. A ligação da primeira célula da esquerda sai da parte de baixo dela e é conectada na parte superior da segunda célula (barra cinza da figura), e assim por diante.

Fonte: YOUSUF, H. *et al.* Cell-to-module simulation analysis for optimizing the efficiency and power of the photovoltaic module. **Energies**, v. 15, n. 3, p. 1176, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en15031176>. Acesso em: ago. 2022.

As células solares fotovoltaicas são parecidas com uma folha de papel. Possuem um lado que é o polo positivo, que normalmente é a parte traseira; e, o outro lado, que é o negativo, a parte frontal. Para ligarmos células em série, é só ligar o positivo de uma célula no negativo da próxima, e assim por diante, como se fossem pilhas. Veja a figura a seguir.

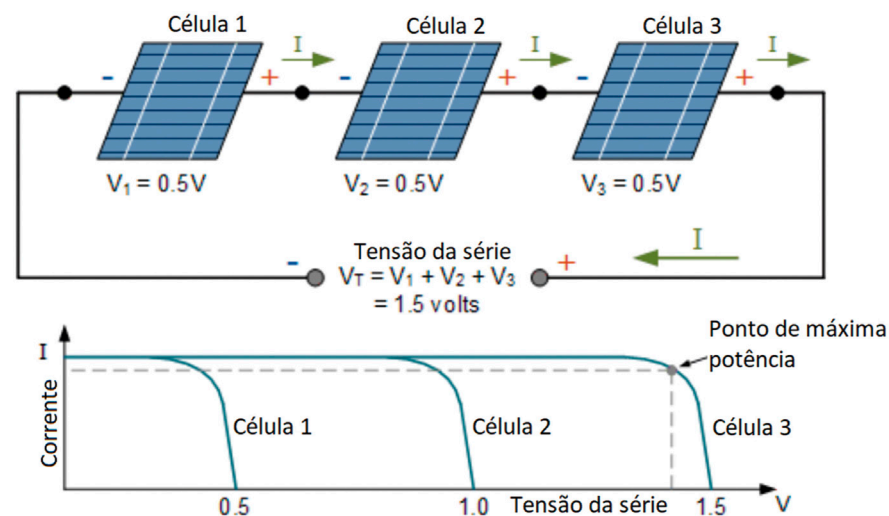


Figura 3: Na parte de cima da figura, vemos três células fotovoltaicas ligadas em série. Como em toda ligação desse tipo, a corrente (I) que passa pelo circuito permanece sempre a mesma e a tensão final equivale à soma das tensões de cada carga. Nesse caso, como cada célula possui uma tensão de 0,5 V, então a tensão total será 1,5 V (0,5 V + 0,5 V + 0,5 V). O gráfico da parte de baixo da figura representa o aumento da tensão resultante no circuito, quando aumentamos a quantidade de células em série. Para uma célula em série, a tensão (eixo x) será 0,5 V. Para duas células em série, o gráfico se desloca para a direita, e a tensão resultante será 1,0 V. Já para três células em série, a tensão aumenta para 1,5 V.

Fonte: Adaptado de [Alternative Energy Tutorials](#)

Observe no gráfico (parte de baixo da Figura 3) que, quando fazemos a ligação, a tensão resultante aumenta. Como é uma ligação em série, a corrente é a mesma em todas as células.

E por que fazemos esse tipo de ligação, professor? Boa pergunta. Você se lembra da potência elétrica? E da equação da potência? Se não lembra, vamos já refrescar sua memória:

$$P = V \times I$$

Então, se calcularmos a potência de uma célula, usando os números exemplificados na Figura 3, e considerando que as células atuais têm a capacidade de produzir uma corrente de 10 A, vamos chegar a um resultado assim:

$$P = V \times I = 0,5 \times 10 = 5 \text{ W}$$

Essa é uma potência muito baixa. Mas isso nós já sabíamos, porque relembramos esse conceito no início da nossa conversa. Então, se quisermos aumentar a potência gerada pelo módulo fotovoltaico, o que devemos fazer?

Olhando para a equação da potência, temos duas opções: ou aumentamos a corrente, ou a tensão. No módulo solar fotovoltaico, optou-se por aumentar a tensão. Então, se tivermos, por exemplo, 36 células solares fotovoltaicas em série, esse conjunto será capaz de fornecer 36 vezes a potência de uma célula, ou seja, 180 W. Mais potência significa mais energia. Entendido? Agora que entendemos o que é e como funciona um módulo solar fotovoltaico, vamos ver do que ele é feito.

1 De que é feito um módulo solar fotovoltaico?

A espessura de uma célula solar fotovoltaica é bem pequena, semelhante a uma folha de papel, só que rígida. Portanto, as células solares fotovoltaicas são bastante frágeis, e quebram com facilidade. Outra característica das células fotovoltaicas é que a camada antirreflexo depositada na frente da célula oxida-se facilmente com a umidade.

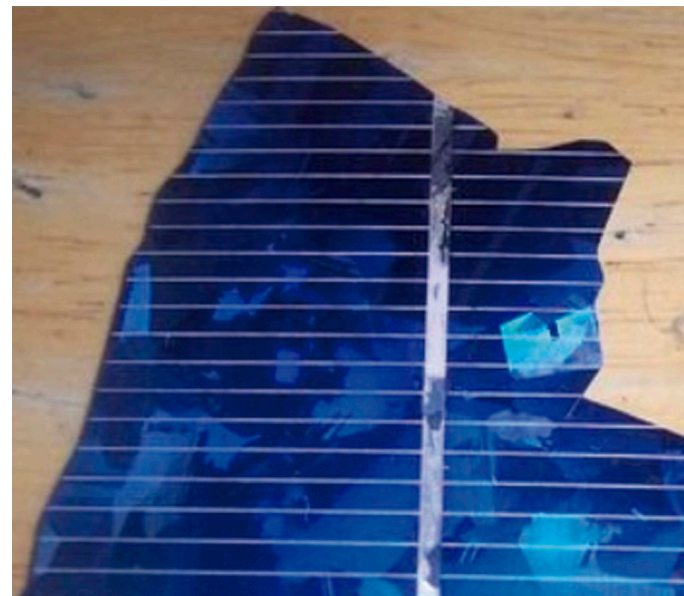


Figura 4: Detalhe de uma célula fotovoltaica mostrando sua pequena espessura e, portanto, fragilidade.

Fonte: Acervo do autor

Devido a esses fatos, as células devem estar sempre protegidas do ambiente externo. Para isso, um módulo solar fotovoltaico é montado como se fosse o sanduíche de queijo com abacate da figura. Hum... uma delícia! *Esse professor só pensa em comida...*

O módulo solar fotovoltaico é composto por outros materiais que têm a finalidade de proteger a célula solar fotovoltaica do ambiente externo. Veja a Figura 5.



Figura 5: Para proteger a estrutura das células, os módulos fotovoltaicos são montados como se fossem um sanduíche. As células ficam bem protegidos no interior, como se fossem o “queijo”, nessa representação.

Fonte: Adaptada de [Terra](#)

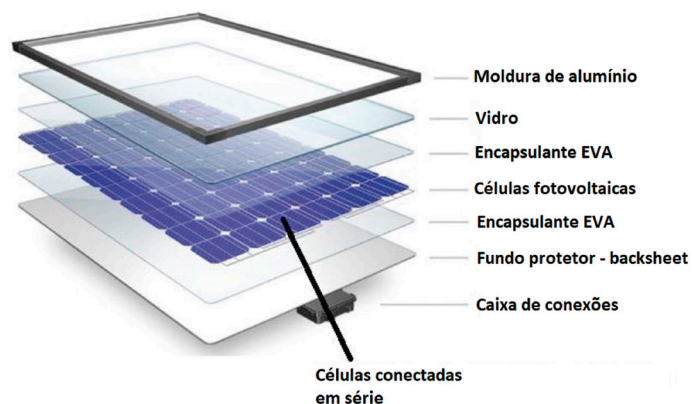


Figura 6: Os módulos fotovoltaicos são montados como se fossem um “sanduíche”, com o objetivo de proteger a estrutura das células fotovoltaicas. Observe, na figura, como as estas ficam bem abrigadas no interior do módulo.

Fonte: Acervo do autor

As células solares fotovoltaicas são o queijo do nosso sanduíche, os atores principais! Tudo gira em torno de seu funcionamento. Os pedaços de pão são o vidro da frente do módulo e o fundo protetor, chamado de *backsheet* (folha traseira, em inglês). O vidro do módulo é especial e específico para essa aplicação, não é o mesmo vidro da janela ou porta de sua casa. É um vidro temperado com baixíssimo teor de ferro, com espessura da ordem de 3 mm, que possui uma camada antirreflexo. Ele representa 10% do custo de fabricação do módulo solar fotovoltaico. O fundo protetor é um tipo de plástico, normalmente branco, que serve para proteger as células e os outros componentes, como as conexões entre as células, e age também como isolante elétrico. Ele representa 8% do custo do módulo solar fotovoltaico. Por fim, o abacate do sanduíche representa o que chamamos de filme encapsulante, normalmente chamado de EVA (acetato-vinilo de etileno). É um material selante, semelhante a uma fita dupla face, só que em forma de folha e não de fita. É esse filme que fixa as células no vidro e no fundo protetor do módulo, e representa também 8% do custo. Ao redor dessa estrutura é colocada uma moldura em alumínio anodizado, um material leve, porém rígido, para evitar a torção da estrutura e facilitar seu manuseio e sua fixação.

Embora a estrutura do módulo solar fotovoltaico seja bem rígida e resistente, o que é frágil na verdade são as células. Portanto, nunca, nunca mesmo, nem em sonho, faça algum esforço sobre o vidro do módulo, nem como apoio e muito menos ande sobre ele!

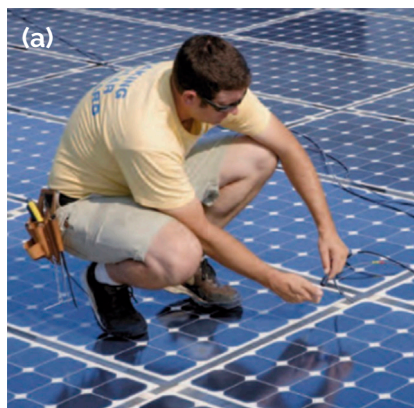


Figura 7: Nunca faça qualquer esforço sobre o vidro do módulo fotovoltaico. A estrutura, embora rígida, protege as células, extremamente frágeis em seu interior. Sem perceber, você pode danificá-las.

Fonte: [Sharenergy](#) (a); [Energia Solar Shop](#) (b); [Mozo](#) (c)



Figura 8: Na parte de trás dos módulos fotovoltaicos, está a caixa de junção, na qual estão fixados os cabos de conexão.

Fonte: Acervo do autor

Após atitudes incorretas, como as ilustradas na Figura 6, não é visível que as células foram danificadas. Apenas com um ensaio com uso de termografia ou eletroluminescência é possível verificar os danos.

Por fim, na parte de trás do módulo (fundo protetor) é fixada a caixa de junção, na qual estão fixados os cabos do módulo.

2) Vamos conhecer os módulos fotovoltaicos com que você poderá trabalhar?

No início de nossa conversa, falamos sobre a maioria das características construtivas de um módulo solar fotovoltaico. Elas valem para a maioria dos módulos fotovoltaicos comercializados no mundo. Mas é claro que existem avanços tecnológicos,

melhorias de materiais, e, ainda, novos materiais. Embora um módulo novinho, que você receba para realizar a instalação hoje, contenha os mesmos elementos de um módulo fabricado há 15 anos, eles são diferentes devido ao avanço da tecnologia.

Uma das características mais visíveis do avanço tecnológico dos módulos é a quantidade de células de que são constituídos — veja a figura.

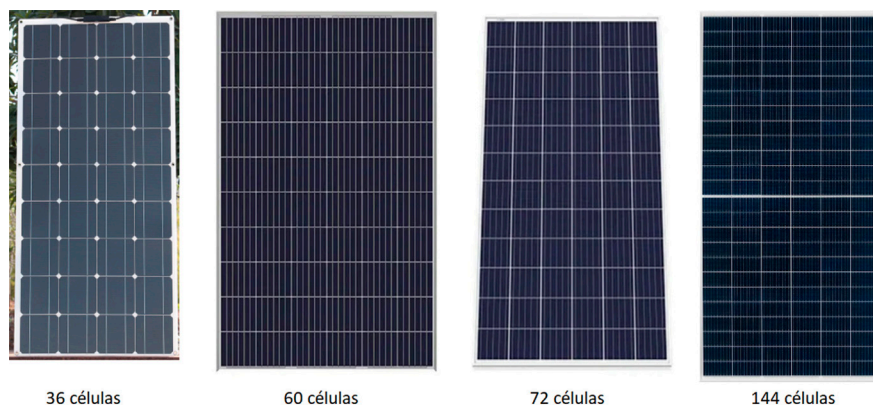


Figura 9: Com o avanço tecnológico, hoje, existem no mercado módulos com diferentes quantidades de células fotovoltaicas.

Fonte: Acervo do autor

Existem módulos com diferentes quantidades de células. Todos eles são comercializados. Os de 36 e 60 células normalmente são módulos com potência menor (iremos falar da potência daqui a pouco). Os projetos de sistemas fotovoltaicos, que são muito comuns hoje em dia, utilizam módulos com 72 células e, módulos com 144 células (o aumento do número de células permite o aumento da potência do módulo) — nestes

últimos, as células são menores, na verdade, são metade da célula do módulo de 72 células. Esses módulos com 144 células são chamados de módulos *halfcell* — do inglês, meia célula.

Existem diversas tecnologias de construção de células fotovoltaicas. Hoje, no mercado, a tecnologia que reina é a cristalina, com dois tipos: a monocristalina e a policristalina. Mas você saberia diferenciar um módulo com células monocristalinas do módulo com células policristalinas? Olhando para os módulos da figura anterior, quais deles são monocristalinos e quais são policristalinos? Vamos deixar essa pergunta aqui, por enquanto, para você pensar. No final da nossa conversa, voltaremos a ela e desvendaremos o mistério. Só não vale ver a resposta antes, OK?

E a potência dos módulos, professor? Ôpa! Sim, vamos falar da potência? A potência de um módulo fotovoltaico é uma das principais características observadas na fase do projeto do sistema. Os valores não são padronizados, cada fabricante monta o seu padrão de potência.

Existem módulos de potências bem baixas, como 10 Wp e 20 Wp, até módulos com potência de 540 Wp. *Uê, professor! Que unidade de potência é essa, Wp? Não é W?* Boa pergunta! Wp é a unidade de potência nominal de um módulo fotovoltaico. Você lê watt-pico (Wp). Todos os módulos fotovoltaicos do universo (*Vixe! Do universo?*) são especificados nessa unidade. Vamos ver o que ela significa.

O watt-pico representa um valor de potência específico e especial do módulo fotovoltaico. Por exemplo, um módulo de 540 Wp só irá operar com essa potência se uma condição particular ocorrer: a radiação solar (cuja grandeza é a irradiância) for 1000 W/m², a temperatura do módulo for 25°C e a massa de ar for 1,5.

Se qualquer uma dessas condições for mudada, a potência de operação do módulo já não vai ser 540 Wp.

Então, fique ligado e fique ligada: a unidade de potência nominal do módulo é sempre Wp, porém, para a potência de operação do módulo, usamos o W (watt) que você já conhece. Veja a frase a seguir.

O módulo de 300 Wp no clima chuvoso está operando com uma potência de 80 W.

No momento em que esta aula foi elaborada:

As maiores potências de mercado estavam em torno de 590 Wp

As tecnologias de módulos comuns eram: monocristalino, monocristalino *half-cell*, policristalino, policristalino *half-cell* e policristalino *half-cell perc*

A eficiência é outra característica que é bastante observada nos módulos fotovoltaicos. Como visto, existem diferentes tecnologias, e a Tabela 1 apresenta um comparativo da eficiência de módulos fotovoltaicos dessas tecnologias. Os valores foram retirados de catálogos de fabricantes de módulos.

Tabela 1: Valores de eficiência de diferentes tecnologias de módulos e células solares fotovoltaicas

| Tecnologia | Eficiência |
|--------------------------------------|------------|
| Monocristalino | 17,52% |
| Monocristalino <i>half-cell</i> | 21,2% |
| Policristalino | 18,55% |
| Policristalino <i>half-cell</i> | 17,5% |
| Policristalino <i>half-cell perc</i> | 19,69% |

Fonte: Catálogos do ambiente virtual

Pela lista, você pode observar que a tecnologia mais eficiente é a monocristalina *half-cell*. Mas verifique que, dentre as duas tecnologias de monocristalino, a eficiência do *half-cell* é maior que a de célula inteira (quadrada). No policristalino, a eficiência maior é a *half-cell perc*.

A escolha por determinada tecnologia: mono ou poli, *half-cell* ou célula inteira, perc ou não perc é um critério de projeto. Dois fatores que influenciam bastante esta escolha são a disponibilidade no mercado e o preço.

Para nós, que vamos instalar os módulos, a parte que mais nos interessa é a disposição dos cabos, o tamanho dos painéis e a localização da caixa de conexão. Veja, na imagem a seguir, as diferenças em relação a esse último aspecto.

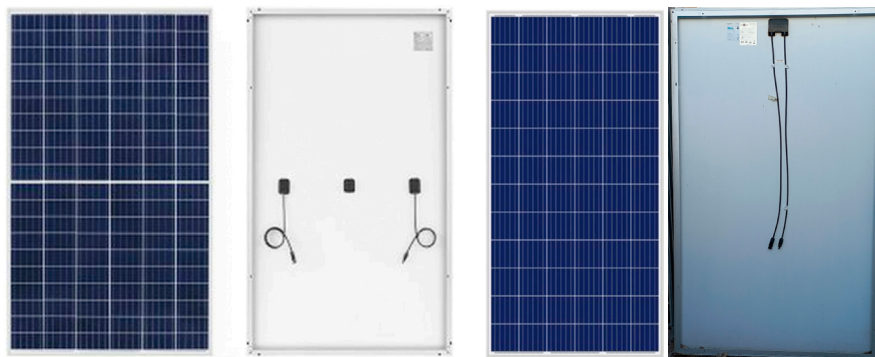


Figura 10: Diferentes estruturas de módulos fotovoltaicos interferem nos processos de sua instalação.

Fonte: [Canal Solar](#)

Observe que, nos módulos montados com células completas (quadradas), no lado direito da Figura 10, a caixa de conexão fica no topo do módulo, os cabos são mais longos, normalmente têm 1,3 m (depende do fabricante), e a posição da montagem da caixa de conexão na instalação pode ser voltada para cima ou para baixo. Mas esse detalhe deve ser observado no projeto ou perguntado quando você for realizar a instalação com esse tipo de módulo. Já nos módulos *half-cell*, no lado esquerdo da Figura 10, a caixa de conexão é dividida em três partes. Elas ficam posicionadas no meio do módulo, e os cabos são mais curtos, pois eles serão ligados no cabo do módulo que será montado ao lado. Não há uma posição específica para a instalação (voltada para cima ou para baixo).

3 Que fatores influenciam a operação dos módulos fotovoltaicos?

Para entendermos os fatores que podem alterar a quantidade de energia produzida por um módulo fotovoltaico, vamos analisar a Figura 11, que representa duas situações diferentes de instalação de módulos fotovoltaicos. Qual sua opinião sobre elas? Observe principalmente como eles estão instalados.



Figura 11: Situações de instalação de módulos fotovoltaicos.

Fonte: Acervo do autor

Quando falamos sobre operação dos módulos fotovoltaicos, estamos preocupados com que eles produzam a maior quantidade de energia possível. Ou seja, queremos que funcionem com a maior eficiência, porque esta é a sua função: gerar energia elétrica a partir da radiação solar. Então, quanto mais energia melhor, certo? Outro termo que usamos para nos

referir à eficiência dos módulos fotovoltaicos é “desempenho”, que significa a mesma coisa. Existem diversos fatores que influenciam o desempenho de um módulo fotovoltaico. Os dois mais importantes são a intensidade da radiação solar que atinge o módulo e sua temperatura de operação.

Vamos entender primeiro a influência da temperatura, utilizando a curva tensão X corrente, do módulo fotovoltaico — nossa conhecida curva IV. Você se lembra desse conceito? Se não lembra, não se preocupe. Vamos novamente refrescar sua memória. A curva IV é o gráfico que relaciona a corrente (I) e a tensão de saída (V) do módulo fotovoltaico.

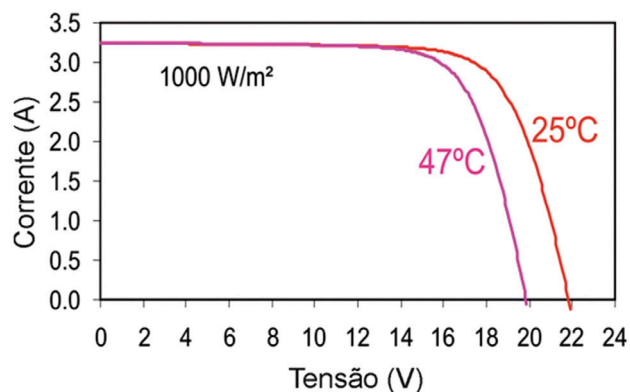


Figura 12: A curva tensão x corrente, ou curva IV, relaciona à corrente I, medida em amperes (A), e a tensão de saída, medida em volts (V), do módulo fotovoltaico. O gráfico mostra duas curvas IV obtidas em temperaturas diferentes. Na maior temperatura (47°C), a tensão do módulo fotovoltaico diminui em comparação com a menor temperatura (25°C).

Fonte: Elaborada pelo autor

Observe, no gráfico, que existem duas curvas, uma obtida à temperatura de 25°C e outra à temperatura de 47°C. Note que, quando a temperatura é mais alta, a tensão do módulo fotovoltaico diminui. A consequência disso é que a potência de operação do módulo é reduzida — é só lembrar da fórmula do cálculo da potência: $P = V \times I$, se a tensão for reduzida, a potência também diminui.

Percebemos, então, que a alta temperatura de operação do módulo é um fator que influencia negativamente seu desempenho, prejudicando a geração de energia. É uma situação, portanto, que devemos tentar evitar ou reduzir.

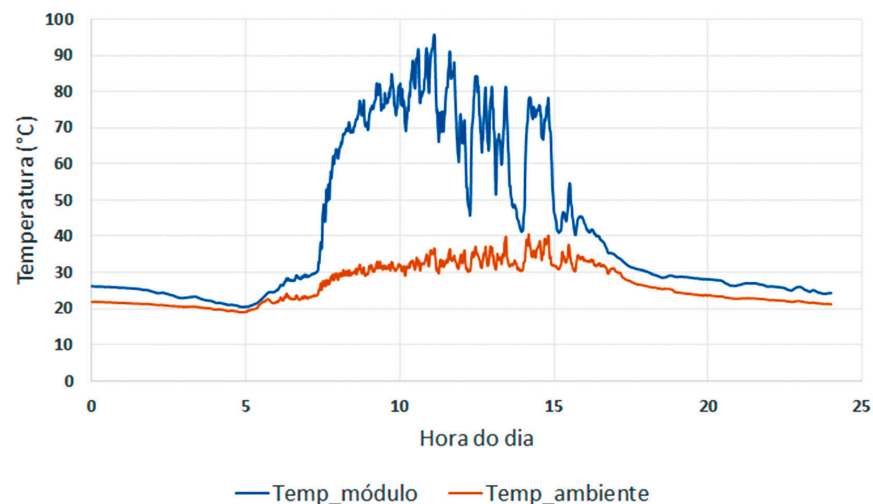


Figura 13: Variação da temperatura do módulo fotovoltaico e do ambiente em que está instalado.

Fonte: Elaborada pelo autor


Só para você ter uma ideia de valores, o gráfico da Figura 13 mostra os valores de temperatura de operação de um módulo fotovoltaico (linha azul) e a temperatura ambiente (linha laranja) do local em que o painel está instalado. Nesse dia, a temperatura do módulo passou dos 90°C. É uma temperatura muito alta, porém, normal de ser observada, dependendo da região e hora do dia em que é feito o registro.

E como fazemos para reduzir a temperatura de operação do módulo? Antes de respondermos a essa pergunta, vamos dar uma olhada nas imagens a seguir? Qual destas três possibilidades de instalação de módulos fotovoltaicos seria a melhor em relação à temperatura? Em qual delas os módulos trabalharão com uma menor temperatura, e em qual ocorrerá o contrário?



Figura 14: Três diferentes instalações de módulos fotovoltaicos. Uma delas favorece situações de temperaturas mais baixas. Você sabe dizer qual delas?

Fonte: Acervo do autor

 *E como é que eu vou saber, professor? Lá faz calor?*

Essa pergunta é difícil mesmo de responder. Mas vou ajudar você com uma dica importantíssima: pense sobre a ventilação do módulo fotovoltaico. Imagine o vento passando pelos módulos das três instalações da figura. A outra informação fundamental é que o vento passa pela parte da frente dos módulos, de igual maneira, nas três situações. Segundo esse critério, não há diferença em relação à temperatura.

Mas pense agora na parte de trás do módulo. Em qual das três configurações de montagem o vento vai passar com mais facilidade? E em qual irá passar com mais dificuldade ou até mesmo nem irá passar? E agora, ajudou?

Respondendo à pergunta, a melhor situação é a instalação dos módulos no solo (acima, à esquerda, na figura), a uma determinada altura do solo. Nesse tipo de instalação, a ventilação traseira é mais facilitada. Em segundo lugar, fica a instalação dos módulos no telhado, com um espaço entre o módulo e a telha (acima, à direita, na figura). Veja, a Figura 15, a seguir.

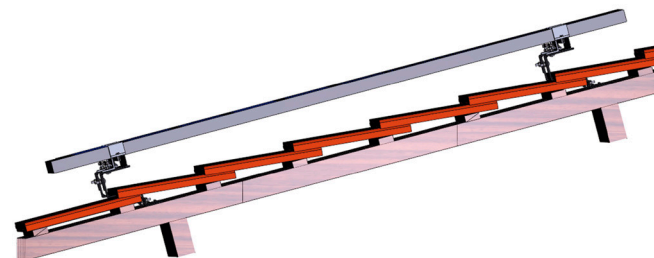


Figura 15: Instalação de módulo mantendo distanciamento da telha e permitindo a circulação de ar. Fonte: Acervo do autor

Quando deixamos um espaço entre os módulos fotovoltaicos e a telha, permitimos a circulação de ar pela parte traseira do módulo. Não é a mesma situação da instalação em solo, mas já ajuda, não é?

A situação que mais dificulta o resfriamento do módulo fotovoltaico é quando não deixamos esse espaço, como é o caso da terceira foto (embaixo, na figura). Com o módulo praticamente colado na telha, o espaço para a circulação de ar é inexistente ou muito reduzido; a refrigeração do módulo fica muito prejudicada; e, a consequência é que a temperatura do módulo será maior. Com isso, a quantidade de energia gerada será menor. Para você ter uma ideia, em uma situação dessas, a perda chega a 12%.

Agora vamos ver a influência do outro fator: a intensidade da radiação solar, normalmente chamada de irradiância. Vamos pedir novamente a ajuda da curva tensão X corrente do módulo fotovoltaico. Veja a figura a seguir.

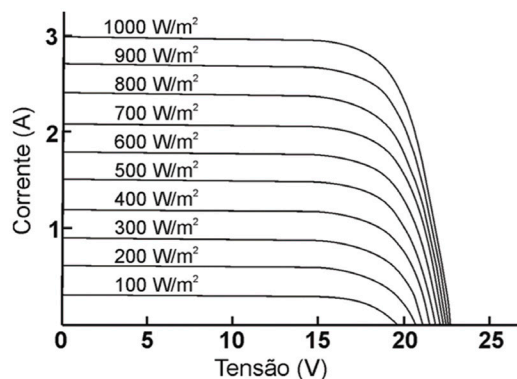


Figura 16: Curva tensão x corrente, ou curva IV, medida sob diferentes condições de irradiância. Quanto mais altos os valores de irradiância, maior a potência de operação do módulo, definida pelo produto $I \times V$.
Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 16 ilustra, na verdade, dez curvas características. Cada uma delas foi obtida a partir de um valor diferente de irradiância, que foi aumentando a um intervalo de 100 W/m^2 . A potência dos módulos foi medida até 1000 W/m^2 . Observe que, quando mais alto é o valor da irradiância, maiores são os valores de corrente e de tensão do módulo fotovoltaico. A consequência disso é que a potência de operação do módulo também é maior. Você se lembra da fórmula da potência?

$$P = V \times I$$

A potência é justamente o produto da corrente pela tensão. Quanto maiores forem a tensão e a corrente, maior será o valor da potência. E quanto maior a potência, mais energia o módulo fotovoltaico irá gerar. Eita! Mas é disso que o povo gosta! Porque, afinal, mais energia significa, no final das contas, mais dinheiro no bolso de quem faz parte desse tipo de empreendimento.

Legal, então já entendemos que a irradiância é um fator que, quanto maior, melhor, certo? Agora vamos analisar a situação de instalação da foto da esquerda da Figura 11? Retorne à imagem e observe que uma parte dos módulos foi instalada abaixo da laje da cobertura. A laje faz sombra sobre uma parte dos módulos que, por sua vez, irá receber menos irradiância e gerar menos energia elétrica. Vamos ver outros exemplos?

Nas duas fotos a seguir, veja que existem sombras sobre o módulo fotovoltaico. Na foto da esquerda, a sombra é causada por algum elemento estrutural, como uma parede, uma marquise etc. Esse tipo de situação pode já ter sido levada em consideração na fase do projeto, e a perda contabilizada pelo responsável do projeto.



Figura 17: Instalações de módulos fotovoltaicos.

Fonte: Acervo do autor

A foto da direita é um caso de falta de manutenção. Em módulos instalados em solo, a capinação é uma atividade necessária. Mesmo que o mato não esteja grande, ele irá crescer e poderá chegar até os módulos fotovoltaicos. Eu mesmo já presenciei vários casos de sistemas instalados sem a devida manutenção, em que a vegetação, em determinados locais, chegou a cobrir uma parte dos módulos.

Amplificadores

Como tema a ser trabalhado além do conteúdo apresentado, e para estender o que foi tratado, os alunos e as alunas poderiam discutir, baseado em uma pesquisa sobre a qualidade dos módulos fotovoltaicos. Como é possível avaliar a qualidade de um módulo? Para induzir a curiosidade, pode-se citar que todos os módulos fotovoltaicos comercializados no território brasileiro devem possuir o selo do INMETRO. Mas, além do INMETRO, existem normas sobre os módulos fotovoltaicos?

Tecnologia em foco

Convido você, estudante do curso, a conhecer os módulos fotovoltaicos flexíveis.

Esses módulos são compostos de células de silício cristalino especiais para poderem ser dobrados; ou, de outra tecnologia, como as de filme fino, normalmente células de CdTe (telureto de cádmio) ou CIGs. Esse tipo de módulo fotovoltaico se aplica muito bem em superfícies que não são retas, como coberturas de carros, caminhões, vans, barcos etc.



Fonte: [pv magazine](#)



Fonte: [Portal Energia](#)

Outra grande vantagem desse tipo de módulo é que são mais resistentes às quebras das células, pois como elas são flexíveis, não se rompem com tanta facilidade. Mas não é por isso que você vai andar sobre eles! A ideia aqui é que eles sejam instalados sobre veículos e não sofram com os impactos causados pela sua movimentação. Esse módulo da foto têm uma potência de 200 Wp e pode ser dobrado em até 50°, mas já existem outros que podem ser enrolados como se fossem um tapete.



Dicas para o instalador ou a instaladora de SFV

Uma dica bastante importante para você, profissional de sistemas fotovoltaicos, é uma atividade a que poucos dão atenção, mas que já comentamos brevemente aqui: a manutenção dos módulos. Muito se fala que, no sistema fotovoltaico, os módulos não precisam de manutenção. Essa afirmação é um mito. O que você pode afirmar para o seu cliente é que os módulos precisam de pouca manutenção.

A atividade de manutenção mais importante e que deve ser feita a determinada frequência é a limpeza dos módulos. A sujeira que se deposita sobre os eles, como poeira, galhos de árvore, folhas, ou o próprio mato que cresceu ao lado, irá provocar sombra sobre as células. Como vimos, a sombra é um elemento indesejado, que causa redução da quantidade de energia gerada.

A limpeza, quando não é realizada com determinada frequência, pode provocar, além do acúmulo de poeira, o aparecimento de incrustações que são mais difíceis de retirar, como ilustrado nas imagens.



A lavagem dos módulos deve ser feita com água corrente, sem pressão e apenas com uma vassoura de pelos flexíveis.



Fonte: [Minha Casa Solar](#); [Limpeza Solar](#)

Já existem no mercado brasileiro diversos produtos específicos para realizar essa limpeza, além de toda uma gama de futuros clientes que possuem sistemas fotovoltaicos instalados. Trata-se de boa oportunidade para você.

Como recomendações para a limpeza, podemos citar:

- não usar jato de água, apenas água, sem pressão;
- não usar nenhum produto, como sabão, detergente etc.;
- desligar o sistema antes de iniciar a limpeza;
- realizar a limpeza pela manhã, logo cedo, para os vidros não sofrerem choque térmico;
- se os módulos estiverem no telhado, será necessário utilizar os equipamentos de proteção individual.



Situações de avaliação

Para verificar seu nível de entendimento do tema, sugiro que você realize uma pesquisa na internet sobre as propagandas das várias empresas que realizam a instalação de sistemas fotovoltaicos. Nessas propagandas, sempre são divulgadas as fotos das instalações realizadas. Analise as fotos em busca de possíveis elementos que provoquem sombras e a facilidade ou não do resfriamento dos módulos.

Outra atividade que você pode fazer é um levantamento dos equipamentos e produtos anunciados na internet utilizados para a limpeza de módulos fotovoltaicos. Se tiver vontade, faça um vídeo e compartilhe com seus colegas de curso as informações que você levantou com essa atividade. Ou simplesmente crie um grupo no WhatsApp e troque informações interessantes com os colegas.

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

Manoel Henrique de Oliveira Pedrosa Filho (IFPE)

Design Instrucional

Cristine Barreto (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

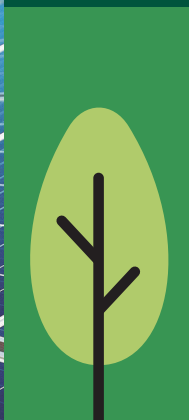
Índices para catálogo sistemático:

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