



# SFV

Curso Híbrido de Instalador de  
**Sistemas Fotovoltaicos**

**Unidade 1**

Eletricidade básica aplicada a Sistemas Fotovoltaicos

**Ficha 8**

## NOSSAS MELHORES FASES



Por meio da:



MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO





## Objetivos de aprendizagem

### Os alunos e as alunas serão desafiados a:

1. Conceituar fase em eletricidade;
2. Diferenciar sistemas elétricos monofásicos e trifásicos;
3. Identificar situações de utilização de sistemas elétricos monofásicos e trifásicos.



## Competências

### Capacidades Técnicas e Conhecimentos conforme os Itinerários Formativos EnergIF

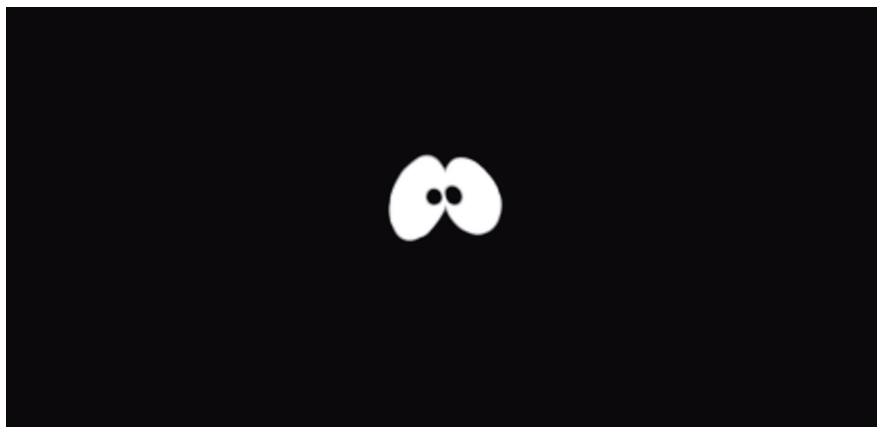
- Compreender os circuitos elétricos de corrente contínua e de corrente alternada.
  - Conceitos básicos de circuitos elétricos monofásicos e trifásicos.



## Relação com a Unidade Curricular

Este tema se articula com os demais que discutem corrente alternada e conceitos básicos de circuitos elétricos. O conhecimento de circuitos elétricos monofásicos e trifásicos é essencial para a compreensão do aproveitamento da potência gerada nos sistemas fotovoltaicos em nosso cotidiano. Ainda que as placas fotovoltaicas gerem energia em corrente contínua (DC), os equipamentos inversores de frequência se responsabilizam por transformar essa energia em corrente alternada (AC) e inserir toda a potência gerada nos circuitos da instalação, sejam estes monofásicos ou trifásicos. O entendimento desses dois tipos de circuito, como os níveis de tensão, tipos de condutores e proteções, entre outras características, é fundamental para que o instalador ou a instaladora de sistemas fotovoltaicos cumpra suas atividades de forma correta, desde a especificação dos componentes do SFV até sua instalação e medição em campo.

## Dividir para conquistar



**Figura 1:** A instalação elétrica de uma residência deve ser dividida em circuitos. Sem essa distribuição, uma falha ou sobrecarga geralmente acarreta o desligamento do disjuntor geral, provocando queda da rede elétrica.

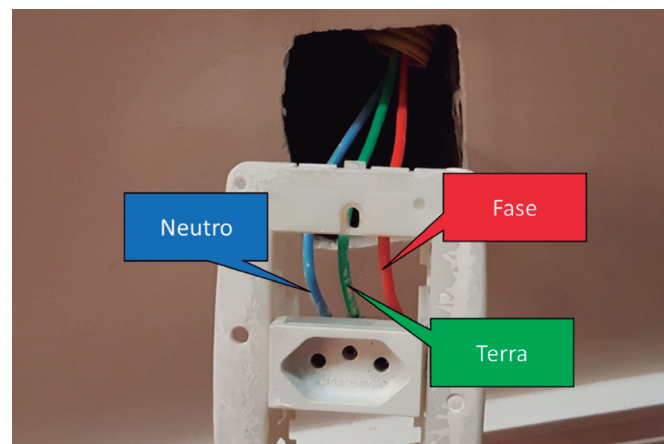
Fonte: Ilustrador

Imagine aquela situação em que você está assistindo a um episódio da sua série favorita na TV, sua filha está secando o cabelo, seu filho está no meio da sessão de game com os amigos no computador, seu marido ou sua mulher está testando a *airfryer* nova na cozinha e, de repente, a rede elétrica toda da sua casa cai — assim como sua paz. Em instalações elétricas, situações desagradáveis como essa estão diretamente relacionadas com a má divisão ou dimensionamento dos circuitos elétricos, o que, por sua vez, tem a ver com o conceito de fase, em eletricidade. Porque se a divisão dos circuitos elétricos da sua residência não for bem feita, além de uma questão de segurança, certamente você estará mesmo é passando por uma fase difícil do seu dia a

dia! Então, vamos entender como esses circuitos funcionam, para evitar essa dor de cabeça?

Você já sabe o que é corrente elétrica do tipo AC e DC (alternada e contínua) e também que a eletricidade que chega às tomadas das paredes das nossas casas é do tipo AC, certo? Agora é importante conversarmos sobre o que chamamos de sistemas monofásico e trifásico, em termos de instalações elétricas.

## 1 O que é fase?



**Figura 2:** Um sistema monofásico de uma tomada. Destaque para os fios fase, neutro e terra.

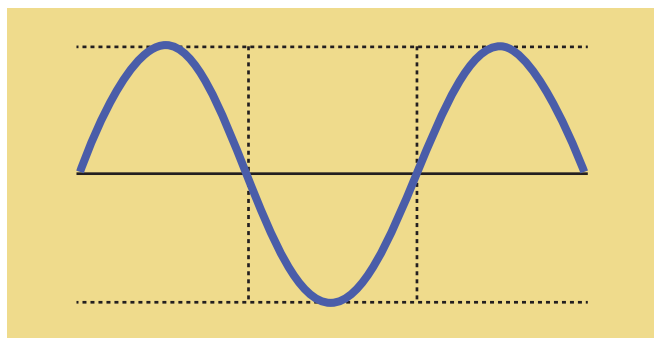
Fonte: Acervo do autor

O suprimento de energia elétrica que chega em nossas casas, e nas instalações comerciais e industriais, pode ser monofásico, bifásico ou trifásico. Ou seja, pode ter uma fase, duas fases ou três

fases. Mas o que é fase, quando se trata de eletricidade? Quando falamos desta, fase se refere à alimentação das cargas elétricas, por exemplo, de uma residência. Um sistema monofásico é um circuito de corrente alternada com dois fios, um fio fase (energizado) e um fio neutro, com a corrente fluindo entre o fio fase (por meio da carga) e o fio neutro.

Mas existem também os sistemas polifásicos, que possuem duas ou mais fases, ou seja, dois ou mais circuitos elétricos para alimentação das cargas. Os circuitos devem ser divididos de forma a atenderem, por exemplo, os diferentes ambientes de uma residência. Vamos entender isso melhor.

O sistema trifásico, por exemplo, utiliza três fios para distribuição de energia. Há, ainda, um quarto fio, que é o neutro. Cada um dos três fios equivale a um sistema monofásico independente, ou seja, a um circuito de corrente alternada. Por segurança, hoje em dia, você pode encontrar um quinto fio, o fio terra ou condutor de proteção, que serve para o aterramento dos circuitos.

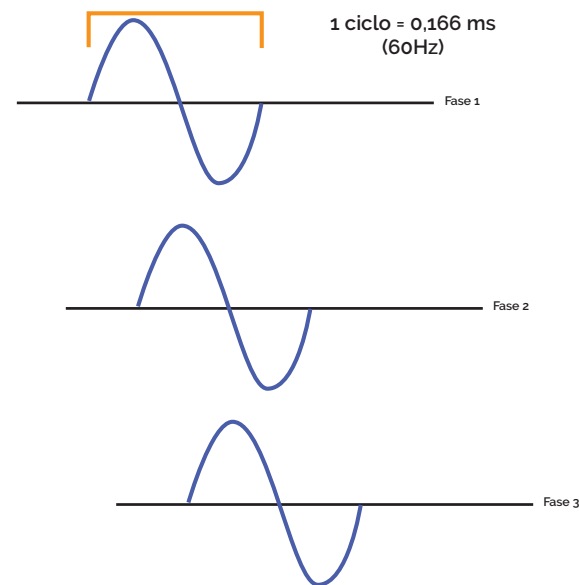


**Figura 3:** O gráfico que representa o deslocamento dos elétrons em uma corrente alternada é uma senoide.

Fonte: Ilustrador

As tensões desses fios têm a mesma frequência — no Brasil, as concessionárias determinaram que ela seja de 60 Hz, isto é, a corrente sofre inversão de sentido 60 vezes por segundo. Essa informação é muito importante para você compreender outro aspecto fundamental do sistema trifásico: as fases são defasadas entre si. Você se lembra de que, na corrente alternada, os elétrons se deslocam em dois sentidos alternadamente, e o gráfico que representa essa movimentação é o de uma senoide?

No sistema trifásico, é como se as fases fossem geradas uma depois da outra, com um intervalo de defasagem entre elas. Como a frequência é de 60 Hz, cada ciclo dura 0,166 milissegundos ( $1/60$  segundos). Veja a Figura 4.



**Figura 4:** As fases defasadas em um sistema trifásico.

Fonte: Ilustrador

Se dividirmos o tempo de um ciclo por três, tomamos esse valor resultante ( $0,166 \text{ ms} \div 3 = 0,06 \text{ ms}$ ) como o intervalo de tempo entre o início de uma fase e outra, conforme ilustrado na Figura 5.

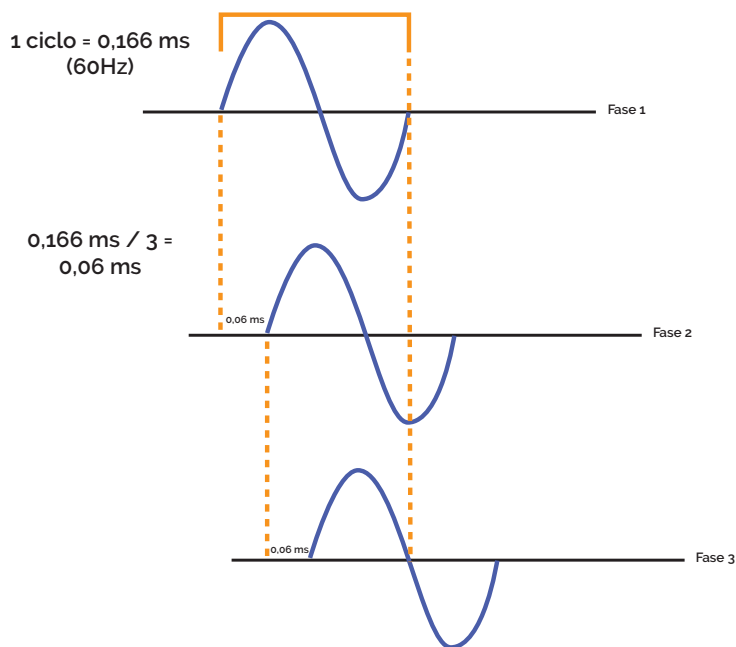


Figura 5: Cada fase, no sistema trifásico, é defasada de 0,06 ms.

Fonte: Ilustrador

Colocando todas as fases em um mesmo plano, fica fácil visualizar a defasagem (Figura 6a). E se você se lembra das relações do círculo trigonométrico que aprendeu na escola — em que um ciclo completo da senoide representa uma volta de  $360^\circ$  — fica fácil entender por que dizemos que as tensões e as correntes de cada fase estão defasadas umas das outras em  $120^\circ$ , repetindo a mesma conta que fizemos acima ( $360^\circ \div 3 = 120^\circ$ ) (Figura 6b).

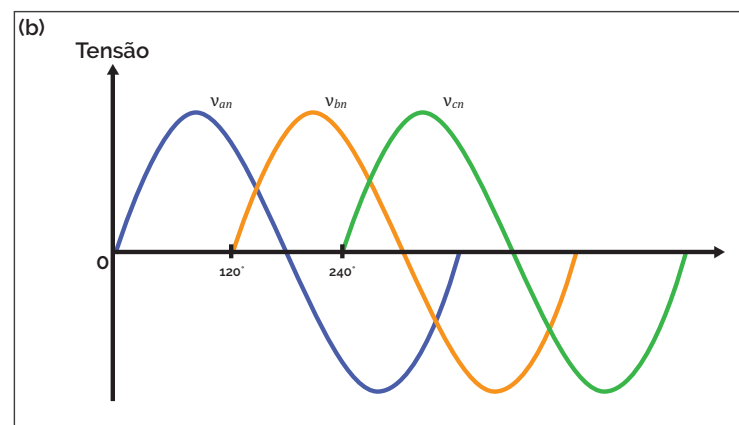
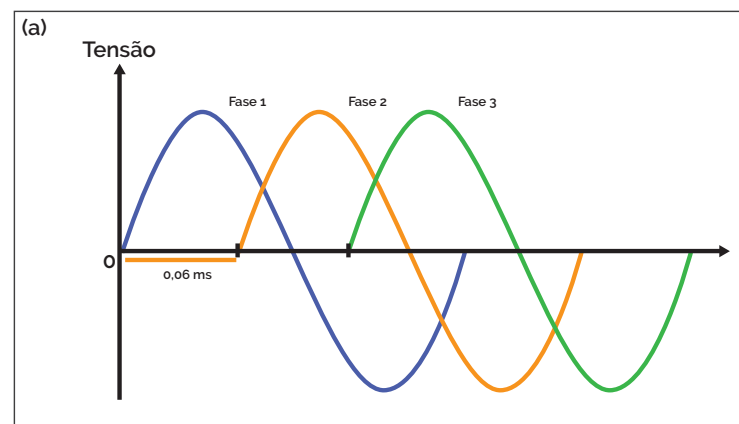
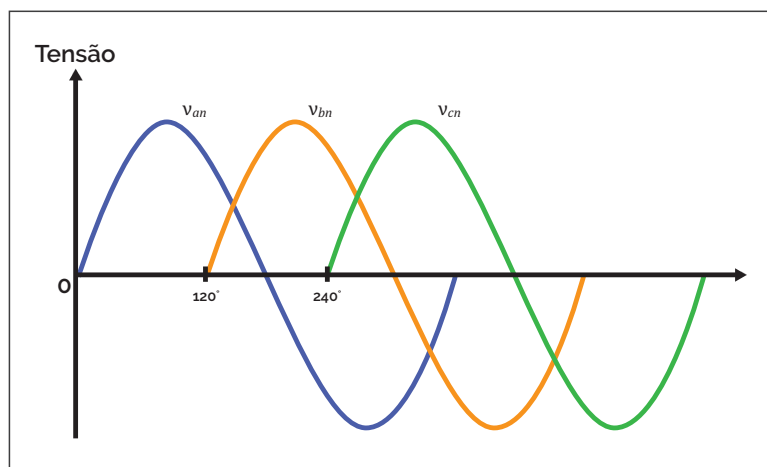


Figura 6: As três fases do sistema trifásico são defasadas uma da outra em 0,06 ms (a) ou em  $120^\circ$  (b).

Fonte: Elaborada pelo autor

Diversos sistemas polifásicos (com 2, 3, 4, 5 ou mais fases) já foram estudados, e os cientistas chegaram à conclusão de que o sistema trifásico é o mais vantajoso economicamente para a distribuição da energia.



Fonte: [Responde Ai](#)

Além disso, uma diferença entre os sistemas monofásico e trifásico é que o sistema trifásico acomoda melhor cargas (utensílios e equipamentos que necessitam de energia) mais altas. Já o sistemas monofásico é mais comumente utilizado quando as cargas típicas são luz e calor, em vez de grandes motores elétricos. Outra diferença importante entre esses sistemas é a consistência da energia que é entregue. Em função das variações de tensão, um sistema monofásico não oferece a mesma consistência que um sistema trifásico, que entrega energia a uma taxa mais estável e constante. Além disso, os equipamentos que consomem muita energia, como os chuveiros, por exemplo, normalmente não são ligados por um sistema monofásico mas por um sistema bifásico, ou seja, de duas fases. Nesses casos, a tensão que aparece entre as duas fases e que alimenta o chuveiro é de 220 Volts e não apenas 127 Volts, como ocorre nos sistemas monofásicos, que é a tensão entre uma fase e o neutro.

## 2 Qual circuito escolher?



**Figura 7:** O tipo de sistema a ser escolhido para uma residência ou para uma instalação comercial depende da demanda energética de cada local.

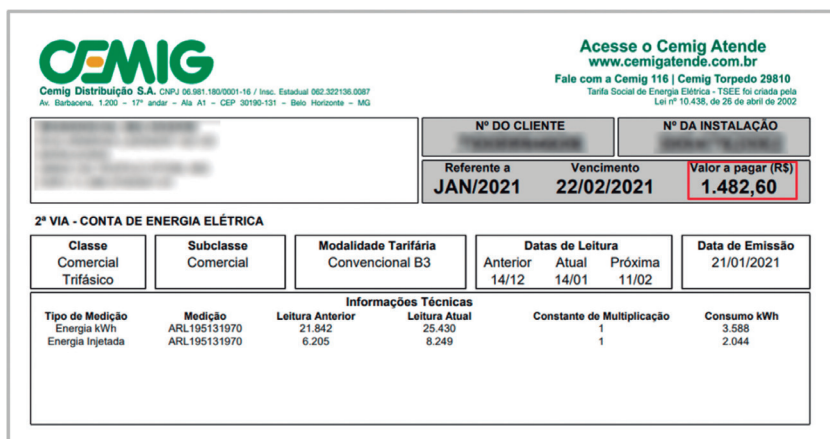
Fonte: [PxHere](#)

Para ter certeza de que você jamais viverá o caos lá do início da nossa conversa, quando a energia da casa toda caiu bem no meio do episódio da sua série de TV favorita, com certeza você já está pensando na estrutura elétrica de toda a sua residência. Mas antes de entender a estrutura elétrica propriamente dita, o que precisa ficar claro é o porquê dessa informação ser tão importante. Cada um dos

sistemas — monofásico, bifásico ou trifásico — está preparado para receber uma demanda específica de uso energético. Isso significa que, dependendo da quantidade de eletrodomésticos em determinada casa ou escritório, será necessário um modelo de fornecimento elétrico adequado. Em uma residência que tenha uma rede monofásica, de um modo geral, é possível alimentar um chuveiro, seis lâmpadas e dez tomadas, por exemplo.

Quando vamos analisar o sistema trifásico, o modelo de fornecimento com maior potência entre os três, já é possível ter mais cargas, por exemplo, três chuveiros, quinze lâmpadas, dezessete tomadas e outros — isso tudo junto a aparelhos que consomem mais energia, como um freezer, um ferro de passar ou um ar-

condicionado. Sendo assim, o ideal é que, antes de comprar um aparelho que consuma uma carga maior de energia — como um ar-condicionado ou uma geladeira —, você conheça a estrutura da residência ou do ponto comercial onde será instalado: é preciso saber se o sistema é monofásico, bifásico ou trifásico, para ter a certeza de que o local está preparado para aquele consumo.



**CEMIG**  
 Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.190/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136.0087  
 Av. Barbacena, 1.200 - 11º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG

**Acesse o Cemig Atende**  
[www.cemigatende.com.br](http://www.cemigatende.com.br)  
 Fale com a Cemig 116 | Cemig Torpedo 29810  
 Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002

Nº DO CLIENTE		Nº DA INSTALAÇÃO	
Referente a	Vencimento	Valor a pagar (R\$)	
JAN/2021	22/02/2021	1.482,60	

**2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA**

Classe Comercial Trifásico	Subclasse Comercial	Modalidade Tarifária Convencional B3	Datas de Leitura			Data de Emissão
			Anterior	Atual	Próxima	
			14/12	14/01	11/02	21/01/2021

Tipo de Medição		Medição		Leitura Anterior		Leitura Atual		Constante de Multiplicação		Consumo kWh	
Energia kWh	ARL195131970	ARL195131970	ARL195131970	21.842	25.430	6.205	8.249	1	1	3.588	2.044

**Figura 8:** Conta de luz com informação referente ao tipo de sistema (trifásico), no campo denominado "Classe", em cima, à esquerda.

Fonte: [SolarZ](http://SolarZ)

Mas como saber qual é o sistema? O mais fácil é conferir na própria conta de energia elétrica, que apresenta essa informação. Se, por qualquer motivo, a informação não estiver disponível, a outra opção é fazer uma visita *in loco*, que irá conferir a quantidade de saídas de fios e as tensões elétricas que aparecem entre eles. O melhor equipamento para se fazer as medições das tensões elétricas é o multímetro portátil. Ao utilizá-lo, você deve fazer as medições das tensões entre fases e entre fase e neutro.



**Figura 9:** O multímetro portátil nos ajuda a descobrir o tipo de sistema elétrico de uma residência ou instalação comercial. Para isso, faça as medições das tensões entre fases e entre fase e neutro.

Fonte: [Wikimedia](http://Wikimedia)

Se uma casa ou escritório estiver sendo construído, durante o projeto de construção, podemos estimar o consumo total dos eletrodomésticos que serão utilizados por toda a edificação. Conhecendo esse volume, é possível definir se será necessário um sistema mais simples, que suporta um menor consumo, ou uma rede mais potente.



Considerando que, cada vez mais, as pessoas usam uma quantidade maior de aparelhos eletrônicos, o modelo mais comum atualmente é a rede bifásica. O sistema monofásico é pouco utilizado hoje em dia, sendo encontrado nas edificações mais antigas, ou então naquelas com baixo consumo de energia.

Independentemente do sistema ser monofásico, bifásico ou trifásico, há algo a que você precisa estar atento ou atenta: no Brasil, os estados possuem as fases energizadas com tensões diferentes. Assim, a energia elétrica distribuída pelas empresas varia entre 127 V e 220 V. Isso se deve a questões que remontam ao início da produção de energia no país (algo interessante para você pesquisar) e, agora, é economicamente inviável padronizar tudo. Então, convivemos deste modo: comumente, no Sudeste, no Norte e em parte do Centro-Oeste, a distribuição é de 127 V, enquanto no Nordeste, no Sul e em Goiás (e no Distrito Federal), a tensão distribuída é de 220 V.

Quando uma pessoa liga um aparelho de 220 V em uma rede de 127 V, o eletrodoméstico não irá queimar ou produzir um curto-circuito. Isso porque a tensão dele é maior do que a tensão disponível naquela rede. No entanto, como a potência do sistema elétrico não é suficiente para o consumo do aparelho — como ar-condicionados, por exemplo, sendo a maioria deles 220 V — eles não vão funcionar com toda sua capacidade, por não haver energia suficiente alimentando-os. Ou seja, seu desempenho ficará comprometido. Por outro lado, se um dispositivo 127 V for conectado em uma tomada 220V, é possível que haja a queima do aparelho.

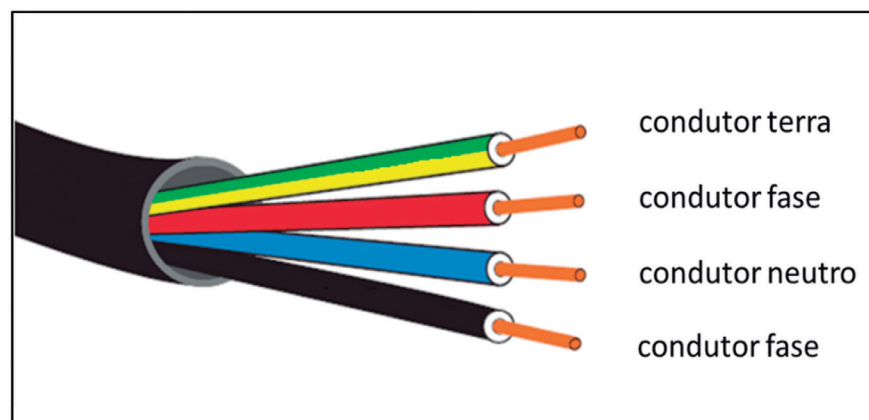
## 3 Resumo da história

Podemos agora definir as três redes existentes e suas características:

Monofásica	Bifásica	Trifásica
<ul style="list-style-type: none"><li>• Utilizada principalmente nas residências de estrutura antiga, com baixo consumo de energia, ou em áreas rurais.</li><li>• Com dois fios, 1 neutro e 1 fase, com tensão de fase de 127 V ou 220 V (dependendo da região do país).</li><li>• Capaz de alimentar até 8.000 Watts de potência.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• A mais encontrada nas construções atuais.</li><li>• Com três fios, 2 fases e 1 neutro, com tensão de fase normalmente de 127 V ou 220 V (dependendo da região do país).</li><li>• Alcança entre 12.000 e 25.000 Watts de potência.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vem se tornando um modelo comum em função da quantidade cada vez maior de aparelhos eletrônicos nas residências.</li><li>• Quando é previsto um consumo maior de energia, apresenta quatro fios, sendo 3 fases e 1 neutro, com tensões de fase de 220 V ou 380 V (dependendo da região do país).</li><li>• A capacidade de carga total é de até 75.000 Watts de potência.</li></ul>

Vale lembrar que a tensão vai depender do fornecedor de energia elétrica, variando em cada região do Brasil.



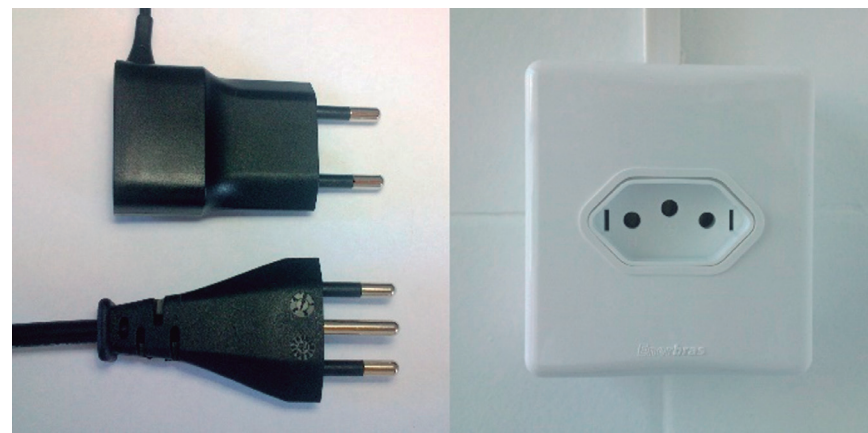


**Figura 10:** Tipos de fio existentes em uma rede. Nesse sistema bifásico, há quatro fios: dois condutores fase (um vermelho e um preto); um condutor neutro (azul); e, um condutor terra (verde e amarelo).

Fonte: Acervo do autor

Em todas as redes descritas, há, ainda, por norma de segurança, mais um condutor para aterramento — o chamado condutor de proteção.

O condutor fase, geralmente da cor vermelha ou preta, é aquele que possui tensão (127 V ou 220 V, dependendo da região do país) — é o famoso fio que pode dar choque. O condutor neutro, que possui cor azul, é aquele que não possui tensão. Já o condutor terra ou condutor de proteção, de cor verde ou verde com amarelo, tem a finalidade de aterramento para segurança, pois é ligado a hastas cravadas na terra (sistema de aterramento de sua residência) com a função de proteger os equipamentos ligados aos circuitos contra sobrecargas elétricas e os moradores contra possíveis choques elétricos.



**Figura 11:** Atualmente, as tomadas residenciais passaram do plugue de dois pinos para o de três pinos. O terceiro pino é justamente o condutor terra e, por isso, jamais devemos deixar de utilizá-lo e, muito menos, retirá-lo do plugue.

Fonte: [Wikimedia](#)

Infelizmente, instalações mais antigas não possuem aterramento, que hoje é norma de segurança. Os condutores fase e o neutro são responsáveis pela alimentação dos equipamentos, pois se cria um circuito em que a corrente elétrica entra por um fio, alimenta a carga e sai por outro. Nas tomadas de uso residencial, o condutor de proteção é aquele que deve ser ligado no “terceiro pino”, que muitas vezes é retirado ou não conectado pelas pessoas, uma decisão que pode causar choques elétricos aos usuários.

### Amplificadores

Como uma ideia para você expandir o tema que acabamos de discutir, investigue o que são inversores solares. Especialmente, tente descobrir quais são as possíveis tensões de saída CA existentes. Para fazê-lo, pesquise manuais e especificações técnicas de inversores monofásicos e trifásicos nos sites de seus fabricantes, e analise os tipos de instalações elétricas (monofásica, bifásica, trifásica) e em que níveis de tensão cada um poderá ser aplicado.

### Tecnologia em foco

Um equipamento muito útil para saber se um circuito está sobrecarregado para atender às suas cargas é a câmera termográfica. Quando um circuito está sobrecarregado, ou seja, a corrente que passa pelo fio é maior do que ele pode suportar, o fio esquenta e, com essa tecnologia de ponta, é possível até identificar qual a temperatura de cada fio antes que um problema maior ocorra.





### Dicas para o instalador ou a instaladora de SFV

Muitas vezes o tipo de instalação pode ser uma restrição técnica para a aplicação de determinado tipo de inversor, por exemplo, a instalação de um inversor de 380 V em uma rede com tensão 127/220 V. Todavia, o uso de transformadores para a adequação dos níveis de tensão pode ser utilizado, desde que faça sentido economicamente — por exemplo, quando o custo do inversor compensar investir na compra de um transformador para sua aplicação. Para que essa decisão possa ser tomada, é muito importante que uma análise econômica seja feita em conjunto com o projeto técnico, para avaliar o maior número possível de alternativas presentes no mercado.



### Situações de avaliação

A tensão de saída CA de um inversor de frequência deve ser sempre compatível com a tensão da instalação elétrica (entre fases ou entre fase e neutro) na qual será instalado.

A instalação de transformadores também deve ser considerada desde que faça sentido economicamente. Discuta a potencialidade e a viabilidade de se utilizar inversores monofásicos em redes trifásicas e a viabilidade de se usar transformadores nas saídas dos inversores. Considere, na análise econômica, os preços desses equipamentos e as perdas adicionais de energia no transformador.

## 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

Luiz Henrique Leite Rosa (IFSP)

Cristine Barreto (Ohje Soluções de Aprendizagem)

Anderson Castanha

#### 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

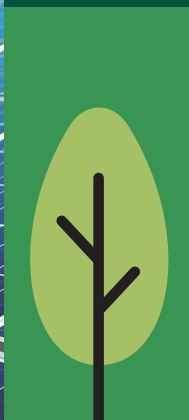
#### Índices para catálogo sistemático:

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**

