

Dimensionamento, montagem e desempenho de sistemas solares fotovoltaicos



Índice

1. COMO FUNCIONA UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO
2. GUIA PRÁTICO SOBRE COMO MONTAR UMA ESTRUTURA DE SUORTE PARA FIXAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS
3. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS SOLARES
4. ANÁLISE DAS CAUSAS DE BAIXO DESEMPENHO NOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Como funciona um sistema solar fotovoltaico

Esse sistema de gerar energia limpa e renovável vai lhe possibilitar valorizar a sua propriedade além de gerar a sua própria energia elétrica e praticamente acabar com a sua conta de luz!

Passo a passo de como funciona o sistema de energia solar fotovoltaica:

O painel solar gera a energia solar fotovoltaica

O Painel Solar reage com a luz do sol e produz energia elétrica (energia fotovoltaica). Os painéis solares, instalados sobre o seu telhado, são conectados uns aos outros e então conectados no seu Inversor Solar:

O inversor solar converte a energia solar para a sua casa ou empresa

Um inversor solar converte a energia solar dos seus painéis fotovoltaicos (Corrente Contínua - CC) em energia elétrica que pode ser usada em sua Casa ou Empresa para a TV, Computador, Máquinas, Equipamentos, e qualquer equipamento elétrico (Corrente Alternada - AC) que você precise usar:

A energia solar é distribuída para sua casa ou empresa

A energia que sai do inversor solar vai para o seu "quadro de luz" e é distribuída para sua casa ou empresa, e assim reduz a quantidade de energia que você compra da distribuidora. (*1)

A energia solar é usada por utensílios e equipamentos elétricos

A energia solar pode ser usada para TVs, Aparelhos de Som, Computadores, Lâmpadas, Motores Elétricos, ou seja, tudo aquilo que usa energia elétrica e estiver conectado na tomada.

O excesso de energia vai para a rede da distribuidora gerando créditos!

O excesso de eletricidade volta para a rede elétrica através do relógio de luz (relógio de luz bi-direcional). Esse relógio de luz mede a energia da rua que é consumida quando não tem sol e, a energia solar gerada em excesso quando tem muito sol e é injetada na rede da distribuidora. A energia solar que vai para a rede vira "créditos de energias" (*3 e *4) para serem utilizados de noite ou nos próximos meses. Em outras palavras: você produz energia limpa com a luz do sol e reduz a sua conta de luz!

(*1) - Cada distribuidora de energia tem as suas regras e as exigências para conectar o seu sistema de energia solar fotovoltaica na rede elétrica e, variam bastante.

(*2) - O seu relógio de luz antigo vai ser substituído por um relógio de luz novo que é "bidirecional" (mede a entrada e a saída de energia). Desta forma ele será capaz de medir a energia que você consome da rede elétrica e medir também a energia gerada em excesso pelo seu sistema fotovoltaico que é injetada na rede assim gerando "créditos de energia" (3).

(*3) - Os "Créditos de Energia" são medidos em kWh. Para cada kWh gerado em excesso pelo seu sistema solar fotovoltaico você recebe 1 crédito de kWh para ser consumido de noite ou nos próximos meses. Esse crédito é contabilizado pelo seu novo relógio de luz bidirecional e é medido pela sua distribuidora de energia. Desta forma, no final do mês quando você receber a sua conta de luz, você vai ver quanto de energia consumiu da rede e quanta energia injetou na rede. Se injetar mais na rede do que consumiu você terá créditos de energia para serem usados nos próximos meses. (4).

(*4) - Os créditos de energia são regulamentados pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) possuindo regras específicas que variam de acordo com a sua localização e sua classe de consumo (residência, comercial ou industrial).

Tipos de sistema fotovoltaico

1. Sistema Fotovoltaico Residencial de energia solar conectado a rede (1-10Kwp)
2. Sistema Fotovoltaico Comercial de energia solar conectado a rede (10-100Kwp)
3. Sistema Fotovoltaico Industrial de energia solar conectado a rede (100 – 1000Kwp)
4. Sistemas fotovoltaicos isolados/autônomos de energia solar
5. Sistemas fotovoltaicos híbridos de energia solar

Sistema fotovoltaico residencial (1kwp a 10Kwp)



A energia solar residencial ou, sistema fotovoltaico residencial, permite que você produza parte ou toda a energia que você consome na sua casa, assim, se livrando de boa parte da sua conta de luz para sempre. Para se calcular o tamanho de um sistema fotovoltaico residencial usa-se como base a conta de luz (o seu consumo de

energia elétrica em kWh), a área disponível para receber os painéis solares e a localidade geográfica (os índices de irradiação solar variam muito de acordo com o local).

a) Quem compra sistemas fotovoltaicos residenciais de energia solar conectados a rede elétrica?

Residências que querem gerar parte ou toda a energia que consomem com energia solar

b) Qual é a diferença entre sistemas fotovoltaicos de energia solar residenciais, comerciais e industriais?

A diferença é a capacidade de geração (Kwp) do sistema fotovoltaico. Os sistemas de energia solar residenciais conectados a rede elétrica, são caracterizados por seu tamanho, i.e, uma residência comum raramente vai precisar de um gerador de energia solar maior do que 10Kwp (que ocupa uma área máxima de 70m²), em média, casas de 3 quartos precisam de um sistema de 3kwp(21m²). Então caracteriza-se como sistema fotovoltaico residencial aquele com potencia instalada entre 1Kwp e 10Kwp.

Sistema fotovoltaico comercial de energia solar conectado a rede (10kwp a 100Kwp)

O sistema fotovoltaico para empresas (sistema fotovoltaico comercial), funciona exatamente como o sistema fotovoltaico residencial , ele permite você gerar parte ou toda a energia que você consome em seu comércio, assim, reduzindo a sua conta de luz para sempre, Para se calcular o tamanho de um sistema fotovoltaico comercial também usa-se como base a conta de luz (o seu consumo de energia elétrica), a área disponível para receber os painéis solares e a localidade geográfica (os índices de irradiação solar variam muito de acordo com o local).A diferença entre um sistema solar fotovoltaico Comercial e um sistema solar fotovoltaico Residencial é a potência (quantidade de painéis solares), i.e. os sistemas fotovoltaicos comerciais geralmente tem uma potencia instalada entre 10kwp e 100Kwp, ocupando uma área entre 65m² e 700m². (o sistema fotovoltaico residencial, como mencionado anteriormente tem capacidade instalada entre 1kwp e 10kwp)

Sistema fotovoltaico industrial conectado a rede (100kwp a 1000Kwp)

Funciona exatamente como o sistema fotovoltaico residencial e o comercial, ele permite você gerar parte ou toda a energia que você consome em seu comércio/indústria.

Os sistemas Fotovoltaicos Industriais de energia solar tem uma potencia instalada entre 100kwp e 1000Kwp, ocupando uma área entre 650m² e 7000m². (varia de acordo com a instalação)

Sistemas fotovoltaicos isolados ou autônomos (off grid/ stand alone)

São sistemas de energia solar fotovoltaica que não estão conectados a rede elétrica, sistemas isolados que alimentam diretamente os aparelhos (cargas) que vão consumir a energia gerada. Os sistemas de energia solar autônomos são muito utilizados em lugares remotos. Esses sistemas devem ser dimensionados minuciosamente, calculando-se exatamente o consumo do aparelho (carga). Com base nos piores índices de radiação solar daquela área específica, dimensiona-se o sistema fotovoltaico isolado para ter uma autonomia de até três dias (em média). Exemplos:

1. Sistemas fotovoltaicos de energia solar para bombeamento
2. Sistemas fotovoltaicos de energia solar para eletrificação de cercas
3. Postes de iluminação Solar
4. Estações replicadoras de sinal
5. Casas isoladas da rede elétrica

Sistemas fotovoltaicos híbridos

Os sistemas híbridos de energia solar fotovoltaica são uma mistura de "sistemas isolados" com "sistemas conectados a rede elétrica". Ou seja, ele é um sistema conectado a rede elétrica mas, possuem também um banco de baterias para armazenar a energia. Esses sistemas são mais caros que os tradicionais conectados a rede pois, além do banco de baterias, eles também necessitam de diversos mecanismos de segurança e equipamentos específicos que acabam encarecendo a solução como um todo.

Guia prático sobre como montar uma estrutura de suporte para fixação de painéis solares fotovoltaicos

A estrutura fixação de painéis fotovoltaicos tanto para telhados como para montagem sobre o chão, é uma parte fundamental do sistema fotovoltaico e impacta diretamente no processo de instalação. Este guia descreve alguns erros comuns cometidos em relação à montagem dos sistemas, mitos e verdades além de como comprar os produtos da mais alta qualidade que vão garantir a segurança do seu investimento.

Estrutura de fixação dos painéis fotovoltaicos – Aspectos principais

O suporte para fixação do painel solar que é de qualidade e instalado corretamente, irá prover segurança no processo de instalação e contra ações de ventos ou tempestades, garantindo assim que o seu painel não sairá voando.

Sistemas de suporte para fixação de placas solares podem ser desenhados para serem fixados com ganchos em telhados de barro ou até mesmo inclinados sobre uma laje para garantir uma inclinação ideal para os painéis.

Geralmente feitos de alumínio ou aço inoxidável, a maioria das estruturas de fixação para painéis fotovoltaicos são concebidas para aplicações universais, como: coberturas de telha de barro, telha de concreto, telhado metálico, telha de fibrocimento, seguidores solares e fixação direta sobre o solo.

As estruturas de fixação podem ser customizadas para atender as mais diversas necessidades das instalações fotovoltaicas.

Uma boa estrutura de suporte para fixação de painéis fotovoltaicos deve ser fácil de instalar, feita com materiais de alta qualidade e com proteção contra corrosão.

DICA 1:

A estrutura de fixação é a base do seu sistema de energia solar - uma boa base assegura a eficiência do seu sistema, a segurança e o retorno de seu investimento.

DICA 2:

Pergunte ao seu fornecedor de estruturas se o produto foi fabricado para atender ao mercado brasileiro? E se a estrutura esta apta para suportar ventos de até 120km/h?

DICA 3:

É claro que é possível fabricar uma estrutura caseira, mas como saber se os cálculos corretos foram feitos para garantir que o seu sistema fotovoltaico estará realmente seguro? Você gostaria que R\$ 15.000,00 em painéis solares corram o risco de sair voando do seu telhado? Compre sempre estruturas de fixação de Painel Solar pré-fabricadas de empresas especializadas.

DICA 4:

A qualidade de um manual de instalação é um bom indicador da qualidade da estrutura de fixação dos painéis. Fabricantes confiáveis, que fornecem produtos de alta qualidade, irão fornecer manuais com o passo-a-passo para lhe auxiliar a fazer a instalação corretamente.

Equívocos sobre as estruturas de fixação dos painéis fotovoltaicos

Mito: Todos os sistemas de fixação são iguais.

Existem grandes diferenças entre os sistemas de montagem das placas, particularmente quando se trata de qualidade e serviço. Fabricantes diferentes oferecem estruturas com características e benefícios diferentes. Quando você compra uma estrutura de fixação para os painéis solares, normalmente as que tem o preço mais alto são também melhores.

Mito: Você precisa de alguns poucos parafusos para prender a estrutura no seu telhado.

Você precisa de muitos parafusos para fixar a estrutura! Principalmente quando instalado em telhados metálicos ou batentes de madeira. Como qualquer construção, o sistema de fixação deve aguentar as tempestades mais severas.

Obs: alguns sistemas de fixação utilizam cola para telhados de metal. Certifique-se que o fabricante é de primeira linha e irá garantir a fixação do sistema. Leia sempre o manual e siga exatamente as recomendações do fabricante.

Tipos de estrutura de fixação de painéis solares

Existem diversos tipos de estruturas de fixação de painéis fotovoltaicos, veja abaixo os principais:

Estrutura de fixação de painel solar para telhas de barro

A) Fixação de painéis fotovoltaicos usando “Parafuso Prisoneiro” como interface entre o trilho e a cobertura.



Crédito Foto: Sistema instalado pela empresa E-Sol de Uberlândia

B) Fixação de painéis fotovoltaicos em telhas de barro usando “gancho” como interface entre o trilho e a cobertura.



Estrutura de fixação de painel solar fotovoltaico para coberturas com telha de fibrocimento (eternit)



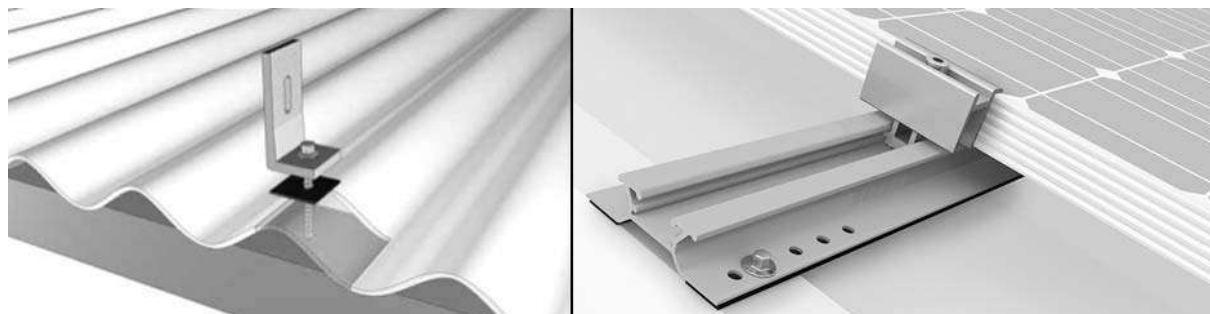
Estrutura de fixação de painel solar fotovoltaico para coberturas metálicas

Supercola – Utilizada somente em telhas metálicas. Basicamente a interface da estrutura de fixação é literalmente colada direto sobre as telhas. Atente que a cola deve ser específica para este tipo de fixação e a superfície deve estar perfeitamente limpa.



Existem diversas outras interfaces de fixação para coberturas metálicas. Elas vão variar de acordo com o tipo de telha utilizada:

Estrutura de fixação de painéis fotovoltaicos para telhas metálicas onduladas e trapezoidais:



Estrutura de fixação de painéis fotovoltaicos para telhas metálicas trapezoidais:



Estrutura de fixação de painéis fotovoltaicos para telhas metálicas trapezoidais:



Estrutura de fixação de painéis fotovoltaicos para telhas metálicas:



Estrutura de fixação de painel solar fotovoltaico para lajes de concreto

voltimum



Estrutura de fixação de painel solar fotovoltaico para o solo



Estrutura de fixação de painel solar fotovoltaico - estacionamento solar



Erros clássicos cometidos no processo de compra das estruturas de fixação dos painéis fotovoltaicos e como evitá-los:

Erros:

- ✘ Decidindo apenas com base no custo das partes sem levar em consideração o custo total da instalação.
- ✘ Economizando.. e lamentando mais tarde.. quando as queixas sobre a qualidade do sistema vem ou, percebendo tarde que o suporte e estoque do fornecedor é insatisfatório.
- ✘ Achar que todos os sistemas de fixação são os mesmos.
- ✘ Achar que a estrutura de fixação dos painéis é a parte menos importante do sistema.

Como evitá-los:

- ✔ Pense a longo prazo! O seu negócio precisa perdurar por décadas.
- ✔ Trate estrutura fixação dos painéis como uma parte importante da instalação, entenda que ela é a base do seu sistema
- ✔ Procure por experts para te ajudar na escolha, peça a opinião de outras empresas que já instalaram antes.
- ✔ Leia o manual de instalação do sistema, certifique-se que a estrutura que você escolheu é a correta para o local que você vai instalar as placas.
- ✔ Tenha cuidado com trilhos de alumínio muito finos, eles simplesmente não vão durar.

Checklist para o instalador que vai comprar o sistema de fixação dos painéis:

1. O produto atende a todas as exigências e padrões de construção?
2. O preço da estrutura do suporte de fixação atende ao seu orçamento?
3. O fabricante do produto fornece suporte no design da instalação?
4. O fabricante da estrutura do suporte de fixação garante a disponibilidade e a segurança do abastecimento em níveis de estoque e prazos de entrega?
5. A estrutura do suporte de fixação é feita para durar 25 anos?
6. A estrutura do suporte de fixação é feita com componentes testados e de alta qualidade?
7. A estrutura do suporte de fixação é a correta para o seu projeto?

Dimensionamento de sistemas solares

Dimensionamento de Sistema Solar Autônomo (Off-Grid)

A complexidade ou não do dimensionamento de um sistema autônomo "OFF-GRID" dependerá da aplicação:

- Tensão de trabalho e número de fases;
- Quantidade de pontos de consumo;
- Período de funcionamento das cargas de consumo.

Caso sua aplicação requeira várias tensões e características diferentes, recomendamos que a análise seja feita por pessoa especializada com experiência na implantação de sistemas fotovoltaicos.

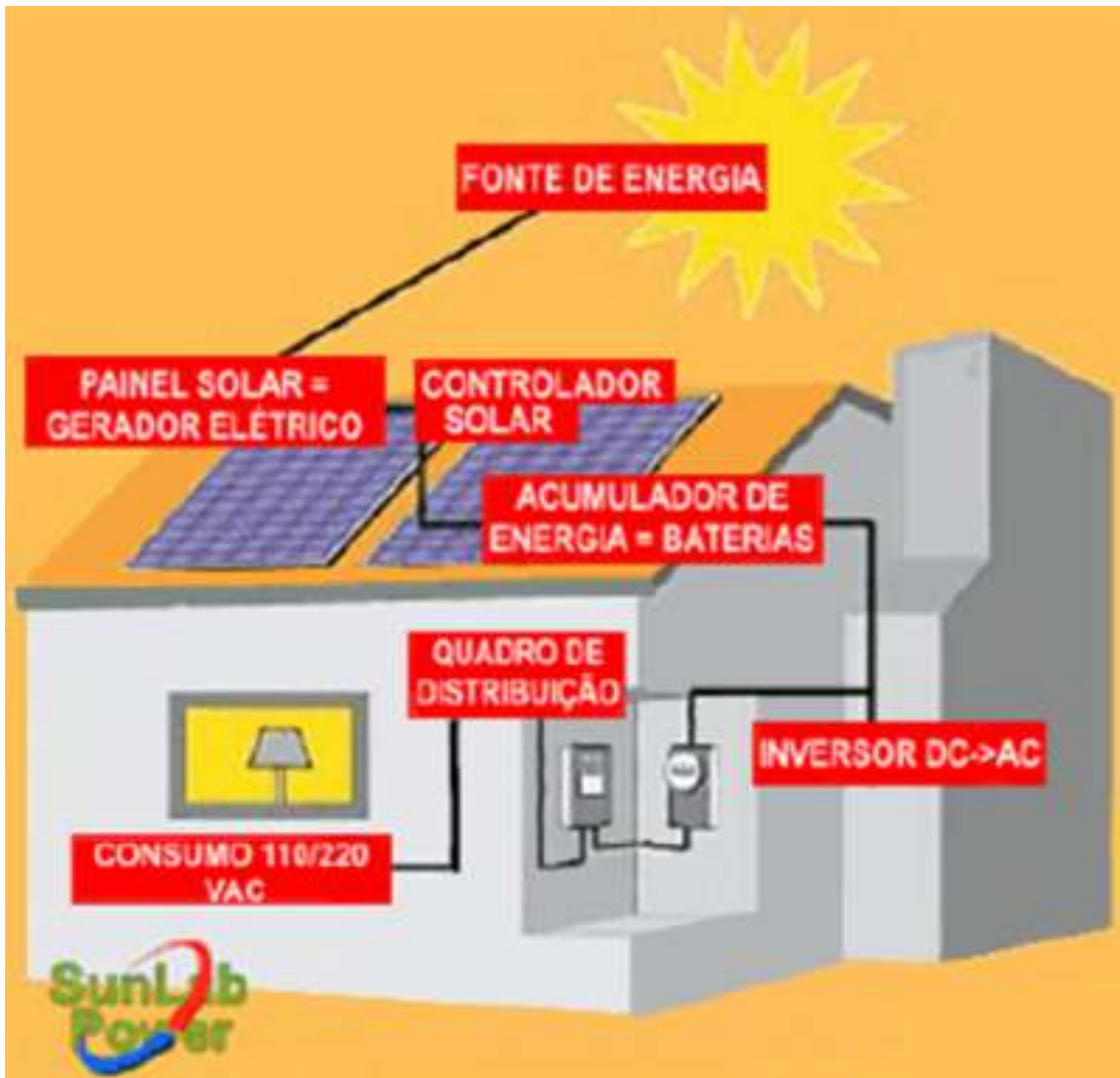
Para o dimensionamento solar, o conhecimento e familiaridade de grandezas elétricas são necessários:

- **Volts (V)** é a grandeza usada para medir Tensões;
- **Ampère (I)** é a grandeza usada para medir a Corrente e
- **Watt (W)** é a medida da potência e também é o produto da tensão pela corrente.

Assim: [W] Watt = [V] Volts x [I] Ampère

Outras medidas aplicadas em sistemas solares são:

- Wp = Watt de pico: é a máxima potência gerada pelo painel solar em uma condição ideal.
- Wh = Watt hora: a potência gerada ou consumida por hora.
- 1 kW = 1000 Watts.
- Ap ou Ip = Ampère de pico: é a corrente máxima possível em uma determinada condição especial.
- Ah ou Ih = Ampère hora ou corrente máxima obtida ou consumida por hora.



Para iniciar um dimensionamento é preciso saber o quanto será consumido:

- 1) Para isso, faça a relação, com a quantidade de todos os equipamentos, luzes, etc..., que pretende ligar ao sistema solar.
- 2) Verifique o consumo individual (em Watts) como mostra o exemplo 1 abaixo. É importante que as grandezas estejam na mesma base. Se calcular em Watts, tudo deverá estar em Watt. O mesmo servirá se preferir trabalhar em kW. O resultado você poderá converter ora em um ou ora em outro.
- 3) Faça uma estimativa de horas que cada equipamento ficará ligado por dia.
- 4) Multiplique os valores totais de consumo pelas horas de uso e;

5) Some os resultados, obtendo a demanda diária de energia, ou seja, o valor em Watt x dia.

Exemplo 1:

Dimensionamento da necessidade de geração:

Relação de consumo em Watts					
Qt	Equipamento	Consumo W		horas de uso/dia	Consumo W por dia
		unitário	total		
10	Lâmpadas internas	9	90	10	900
10	Lâmpadas externas	8	80	12	960
1	Televisor	100	100	6	600
1	Geladeira	120	120	8	960
Total do consumo W/dia					3.420

Resultado: Conclui-se que o sistema deverá gerar um mínimo de 3.420 Watt pico (Wp) por dia para sua aplicação.

Dimensionamento e Instalação do Painel Solar

Com esse resultado obtido, devemos dividi-lo pelo tempo médio de insolação do local (veja o mapa de insolação ao lado).

Ex.: Supondo que a localização está na área amarela, temos 6 horas de insolação dia (td) media ao ano.

Logo, a potencia **P** em Watt/pico do sistema solar exigido ($P_{th} = \text{Potencia Total} \times \text{hora}$), será correspondente à necessidade de consumo, dividido pelas horas de insolação (td):

Exemplo 2:

$$P_{th} = 3420 / td$$

$$P_{th} = 3420 / 6$$

$$P_{th} = 570$$

$$\underline{3420 \text{ Watts} / 6 \text{ (horas)} = 570 \text{ Watts hora}}$$

Obtém-se assim, o valor ideal por hora a ser gerado pelo sistema ou painel.

Será necessário um painel ou conjunto de painéis que gerem 570 Wh no mínimo.

Para se obter tal quantidade de energia combinando painéis, faz-se a interligação associando vários deles para fornecer a potencia necessária.

Escolha do Painel Solar:

a) Na [escolha do painel](#), a opção pela tecnologia (mono, poli thin-film, etc.), dependerá da área ocupada, tipo de superfície, durabilidade e estabilidade desejada. São opções relativas a cada aplicação e seu custo x benefício.

b) Outro fator importante em sistemas que estamos descrevendo, são as características de corrente e tensão do(s) painel(is). Não se misturam painéis de diferentes potencias ou tensões ou correntes em um mesmo sistema. É altamente recomendável que tenham características semelhantes.

c) Leve em consideração que painéis solares nestes casos, são para recarga de baterias e estas possuem uma característica de tensão e corrente de carga (12,24,36,48 V). Não adiantará adquirir pela tensão mais alta (mesmo que tendo a mesma potencia), pois o controlador não permitirá que passe para a bateria. Painéis com tensões maiores são recomendados para sistemas ON-GRID. Tensão acima da de recarga da bateria será um fator de ineficiência.

d) Para calculo da perda, ou da poencia real aproveitada do painel solar, considere a tensão de recarga da bateria (ex.: 14,5 V) pela corrente gerada:

Exemplo 3:

O painel ABC possui a tensão em circuito de 17,2 Volts e corrente I de 6,89 Amp.

sua potencia, neste caso é de: $17,2 \times 6,9 = 118,7 \text{ Watts}$. Mas como a tensão não passará de 14,5V, seu rendimento será de fato: $14,5 \times 6,9 = 100,0 \text{ Watts}$!

Portanto do painel de 118,7 Wp, se aproveitará 100 Wp, uma perda de 18,7%.

Supondo que optemos por 6 painéis de 100Wp (118 Wp nominal), teremos:

6 unidades x 100 Wp = 600 Watts hora

A associação da potencia real (Wp) entre eles, deve resultar em um valor maior que a necessidade de consumo. A potencia acima da necessária, será sua reserva de potencia.

Associação de Painéis Solares:

Painéis solares geram eletricidade em corrente contínua (igual ao que é gerado em automóveis) e portanto, fornecem energia polarizada, ou seja, um pólo é POSITIVO (+) e o outro pólo é NEGATIVO (-).

Em sua grande maioria, são fabricados para atender a uma tensão nominal de 12 ou 24 Volts, mas geram 17 ou 34 Volts quando ligados no sistema. Por isso o uso de controlador é imprescindível.

A associação de painéis obedece à Lei de Ohm, ou seja:

a) Se conectarmos um painel a outro em PARALELO (**Fig.1**) - (positivo com positivo e negativo com negativo), a cada painel adicionado, a tensão se mantém e as correntes se somam;



b) Se conectarmos um painel a outro em **SÉRIE (Fig.2)** - (positivo de um painel com o negativo do outro), a cada painel adicionado a corrente se mantém e as tensões se somam.



Com estas propriedades, as associações nos permitem ter sistemas em tensões múltiplas: (Ex. 12+12= 24V , 24+24= 48V, etc.), e da mesma forma os múltiplos de corrente.

Instalação dos Painéis Solares:

O painel deve ser instalado na direção do Norte geográfico, para localidades que estão no hemisfério sul do nosso planeta.

O local deve ser seguro, evitando o acesso de animais e pessoas. Evite instalar onde haja sombreamento, mesmo que durante parte do dia pois isso causa perdas de eficiência e até deterioração acentuada de células.

Procure instalar os painéis o mais próximo do consumo.

Os conjuntos devem ser fixados em suportes adequados, sobretudo em telhados, lajes, postes, etc..., sob risco de stress dos materiais e danos no decorrer do tempo.

Dimensionamento do controlador de carga

O [controlador de carga](#) é definido pela tensão de trabalho do sistema. A capacidade do controlador deve superar a corrente dos painéis ou as de consumo.

A corrente do sistema será a soma das correntes dos painéis solares e a corrente demandada (a ser consumida)

Defina o controlador pelo maior valor encontrado (painel ou demanda).

Exemplo 4:

No exemplo anterior, o consumo diário representa 570 Watt/hora, e a geração é de 600 Wh; Divide-se este valor pela tensão do sistema (*veja abaixo*), obtendo-se a corrente que será necessária para escolher o controlador.



Se o sistema funciona em 12 Vdc:

$$600 \text{ W} \div 12 \text{ V} = 50 \text{ Ampères}$$

Caso a corrente total supera a capacidade de um controlador, divida sua instalação em duas ou mais linhas (barramentos) de energia, executando o mesmo princípio de balanceamento de carga de uma instalação elétrica convencional.

Exemplo 5:

Se a instalação for em 12V será necessário a divisão da carga em dois controladores de $30A + 30A = 60A$ que será maior que os 50A.

Se o sistema funcionar em 24 Vcc: $600 W \div 24 V = 25$ Ampères

Neste caso, com a instalação em 24V não será necessário a divisão da carga, e só será utilizado um controlador com capacidade maior que 25A, ou seja, o de 30A. Porém se os painéis solares são para 12 V, assim como as baterias, devem ser associados em série para obter a tensão de 24 V.

Não é recomendável instalar sistemas que trabalhem em alta corrente, exceto para aplicações específicas; Tais sistemas são exponencialmente mais caros, requerem muito mais cuidado e segurança. Balancear a carga, dividindo a potencia total em barramentos, é uma forma recomendada, segura e racional de instalação.

Existem vários **tipos de controladores**, para sua aplicação. Os modelos são:

- SLC : Em 12V ou 24V ou Auto (12/24V). Aplicável em sistema solar autônomos, em instalações compactas e simplificadas.

- LZP : Em 12V ou 24V. Aplicável em sistema solar autônomo, em instalações para iluminação ou similares; Possuem função fotossensora: - só liberam energia se for escuro, ou vice-versa.

- CCS: Em 12V ou 24V. Aplicável em sistema solar autônomo, em instalações mais complexas e monitoradas.

- CSH: Em 12V ou 24V. Para sistema solar e energia da rede (híbrido), em instalações de alta confiabilidade.

Dimensionamento das Baterias

Com o total da corrente produzida pelo(s) painé(is), multiplique pelas horas de insolação diária:

Exemplo 6:

Os painéis, produzem 50Ah em 12 Volts ou 25Ah em 24V. Vamos instalar em 12V operando por 6 horas de insolação, assim teremos:

50 Ah x 6 horas = 300 Ampères dia.

Obs.: O resultado para 24Volts será a metade.

Considerando uma bateria IDEAL em 12 V, teríamos 1 unidade de 300 Ah. Como esse acumulador "ideal" não existe até o momento, temos que optar pelas tecnologias existentes, e a escolha da bateria para um sistema solar deve ter outros critérios a atender, entre eles:

- a) A bateria deve receber a recarga de corrente dimensionada (No ex.: 50 Amp.)
- b) Deve ter a mesma tensão do sistema (No ex.: 12 Volts).
- c) Devemos saber qual é o limite da descarga que a bateria aceita. Baterias de descarga profunda mais comuns, aceitam ou recomendam operar entre 50% a 70% de descarga.

Se optar por descarga de 50% então seu numero de baterias dobrará.

Supondo que escolha atender através de baterias de 100 Ah e esse acumulador, a sua carga e descarga segura fosse de 50%, necessitaríamos de 6 baterias:

$300 \text{ A/dia} \div 100 \text{ Ah} = 3$ (atendendo a 50%)

$3 = 50\% \therefore 6 = 100\%$

Quanto maior a quantidade de baterias, maior será a autonomia de seu sistema.

NÃO É RECOMENDÁVEL:

- Instalar sistema solar com baterias automotivas. Estas não foram projetadas para a descarga de corrente contínua. Em geral as baterias automotivas proporcionam alta corrente no início e reduzem a potência rapidamente. A resistência na recarga também é mais alta e a vida útil fica comprometida na aplicação solar.
- NUNCA INSTALE BATERIA em painel solar SEM O CONTROLADOR DE CARGA, sob o risco de perda da bateria e perigo de explosão e incêndio.

É RECOMENDÁVEL:

- Na instalação, o uso de [fusíveis, disjuntores ou diodos](#) de proteção.
- Trabalhe com baterias de descarga de ciclo profundo, com sistema de vasos selados onde o vapor é recuperado e recirculado no acumulador.
- Sempre combine baterias da mesma marca e com a mesma capacidade.

Dimensionamento do Inversor

Como a energia proveniente dos painéis e baterias é em corrente contínua (CC) e muitos dos equipamentos que utilizamos são fabricados para corrente alternada (AC) os inversores são utilizados para modificar a tensão de entrada (Ex.: 12 Volts) em tensões de saída 110 ou 220 Volts, assim como a corrente contínua em alternada (senoidal).

Sua aplicação está na alimentação de equipamentos que trabalham em AC (corrente alternada), através da energia solar.

Há duas tecnologias características dos inversores, relacionados à qualidade de reprodução de uma senóide

1) Senóide MODIFICADA: São inversores que geram uma forma de onda quadrática, sendo tratada para se aproximar da senoidal AC. Tem ótimo custo x benefício e pode ser aplicado na maioria das cargas de consumo, exceto motores e equipamentos indutivos não retificados na entrada.

2) senóide PURA: Os inversores com essa característica, podem ser utilizados para o suprimento de energia AC em qualquer sistema. Sua diferença está no custo e tamanho.

O inversor também é definido pela tensão de trabalho na entrada, que deve corresponder ao do sistema solar e pela tensão requerida na saída em 110 Volts ou 220 Volts. E ainda poderá ser mono ou trifásico.

A potencia de um inversor deve superar a do maior consumo dos equipamentos, incluindo os picos*.

*Verifique o consumo de pico e não esqueça que motores AC sem inversores de frequência e algumas maquinas e equipamentos exigem uma carga na partida, muito superior ao de operação.

Se esse for o seu caso, considere no dimensionamento um valor compatível com o pico de consumo.

Dicas e Informações para a Montagem do Sistema Solar Fotovoltaico

Painel Solar: Para não ocorrer danos tanto ao painel quanto aos equipamentos, recomendamos que os painéis estejam cobertos com lona ou plástico preto durante a instalação.

Sistemas simples com poucos painéis, não geram corrente ou tensão suficientes para causar choque à pessoa, porém sistemas maiores e "ON-GRID" só devem ser instalados por pessoal habilitado.

Controladores de Carga: Recomenda-se a instalação do(s) controlador(es) o mais próximo possível das baterias, evitando perdas de energia na fiação. A instalação de bateria e controlador, sempre deve ser em local à sombra e ventilado.

Os controladores fazem a compensação da carga na bateria, conforme a temperatura do ambiente e se colocados ao sol podem provocar leituras falsas do sistema. Todo cuidado deve ser tomado com possíveis inversões na ligação dos pólos negativo e positivo, para não queimar fusíveis ou equipamentos.

Fiação para o sistema solar: Utilize somente fiação de qualidade comprovada e dentro das normas da ABNT. Fios de baixa qualidade ou fora de especificação irá comprometer o rendimento do sistema, provocando perda de energia, aquecimento

e mau contato. Veja na tabela abaixo a bitola de fio a ser utilizado aplicando-se a distância e a corrente de seu sistema. Os dados são para fio flexível, singelo com perda máxima até 5% da tensão em 12 Vdc. Para sistemas em 24 Vdc multiplique a distância por 2.

TABELA DE ESPESSURA DE FIO PARA SISTEMA SOLAR A 12 Vdc

Bitola mm ²	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95
Amperes											
1	32	61	81	150	205	325	517	652	822	1208	1650
2	16	26	40	84	102	163	250	326	411	654	925
4	8	13	20	33	51	81	120	163	205	327	412
6	5	8	14	22	34	54	86	109	137	218	275
8	4	6	10	16	26	41	65	82	103	164	206
10	3	5	8	13	20	33	52	65	82	134	165
15	2	3	5	8	14	22	34	43	55	87	110
20	-	2	4	6	10	16	26	33	41	66	83
25	-	-	3	5	8	13	21	26	33	52	66
30	-	-	2	4	7	11	17	22	27	44	55
35	-	-	-	3	6	9	15	19	23	37	47
40	-	-	-	-	5	8	13	16	20	33	44
45	-	-	-	-	4	7	11	14	18	29	37
50	-	-	-	-	3	6	10	13	17	28	36

Análise das causas de baixo desempenho nos sistemas fotovoltaicos

Durante as negociações para a aquisição de um sistema fotovoltaico é comum o cliente criar grande expectativa em relação a sua nova aquisição, principalmente considerando-se a promessa de economia financeira proveniente da “energia do Sol”.

Infelizmente é possível que o sistema não atenda as expectativas devido ao baixo desempenho do gerador solar fotovoltaico, ou seja, não será gerada a quantidade de energia que foi “prevista” ou prometida ao cliente durante a etapa de negociação comercial.

Sabe-se que para atingir o sucesso em um projeto fotovoltaico é necessário um estudo minucioso do perfil de consumo do cliente, além de todos os cuidados técnicos no projeto e na execução do sistema fotovoltaico.

Em resumo, o desempenho final do sistema fotovoltaico pode ser afetado por uma das seguintes fases que compõem um projeto:

- **Dimensionamento:** Durante a fase de negociação com o cliente e elaboração da proposta comercial, o dimensionamento deve ser realizado com premissas corretas, por meio de uma análise minuciosa das faturas de energia do cliente e com o auxílio de ferramentas de dimensionamento e simulação de sistemas fotovoltaicos (como o [PVSyst](#)).
- **Projeto:** O projeto técnico do gerador solar fotovoltaico deve ser feito de acordo com as boas práticas de engenharia fotovoltaica, respeitando-se as normas técnicas pertinentes. Erros na estrutura do cabeamento elétrico, na organização dos *strings* e *arrays* e outros aspectos podem colocar tudo a perder. Normalmente a falta de capacitação das empresas do setor solar é o que mais afeta essa fase de projeto.
- **Instalação:** Não basta ter um projeto bem feito – ele precisa ser bem executado. Cabos mal organizados, conectores mal feitos e instaladores que

pisam sobre os módulos são apenas alguns dos problemas encontrados nas instalações solares. Aqui também a capacitação da empresa fornecedora é fundamental para o sucesso do projeto.

Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Nesta fase definem-se o tamanho (potência) do sistema que será instalado e os recursos a serem utilizados – inversores, microinversores, otimizadores, tipo e quantidade de módulos etc.

Nesta fase é necessário analisar a média de consumo mensal do consumidor com base, pelo menos, nos 12 meses anteriores, a fim de se dimensionar um sistema adequado para que o cliente pague o menor valor possível em suas próximas faturas de energia.

Muita calma nessa hora! Muitas empresas de energia solar, ansiosas pelo fechamento do negócio, prometem o mundo aos clientes. Alguns clientes vão fechar o negócio sem questionamentos, mas a dor de cabeça pode vir depois, caso a promessa realizada não se concretize.

O melhor a ser feito é realizar a análise do consumo histórico do cliente e empregar ferramentas (como o [PVSyst](#)) para se fazer o dimensionamento do correto do sistema. Mesmo assim é importante informar ao cliente (e preferivelmente estabelecer isso em contrato) que, apesar das melhores práticas de engenharia utilizadas no dimensionamento do sistema solar, o resultado poderá variar em função das condições climáticas do local.

Certeza absoluta da geração, mesmo, nunca será possível. O importante é que o sistema seja corretamente dimensionado, com embasamentos técnicos corretos, e que o cliente receba informações com a máxima transparência possível.

HISTÓRICO DE CONSUMO			kWh	Dias
2019	FEV		161	28
	JAN		152	30
2018	DEZ		127	30
	NOV		87	33
	OUT		148	30
	SET		493	32
	AGO		178	30
	JUL		163	29
	JUN		212	32
	MAI		139	30
	ABR		209	29
	MAR		166	32
	FEV		182	29

Figura 1: É importante analisar o histórico de consumo do cliente para o correto dimensionamento do gerador solar fotovoltaico.

Projeto técnico

Após a fase de negociação comercial terá início a etapa de projeto técnico. Neste momento é necessário atentar às características do local de instalação como área disponível, inclinação e azimute, possíveis interferências com potencial de projeção de sombras, além das informações solarimétricas da região onde o sistema será instalado.

Ao analisar todas as áreas disponíveis para instalação deve-se identificar quais regiões do telhado possuem melhor resultado de geração, algo que pode ser verificado com ferramentas de dimensionamento e simulação como o [PVSyst](#).

Também se deve levar em conta a melhor forma de interligação dos módulos a fim de maximizar a geração do sistema fotovoltaico. Um erro muito comum das empresas de energia solar, por falta de conhecimento técnico, é a interligação de módulos localizados em diferentes águas do telhado dentro de um mesmo *string* (conjunto de módulos em série). Essa prática, além de não obedecer as normas de projeto de sistemas fotovoltaicos, compromete a geração de energia e também a segurança dos sistemas fotovoltaicos.

Com posse do máximo número informações e atentando-se aos detalhes, com o apoio de ferramentas de projeto, é possível dimensionar um sistema capaz de suprir a demanda de consumo do cliente com boa margem de acerto, com o melhor custo-benefício para o cliente.

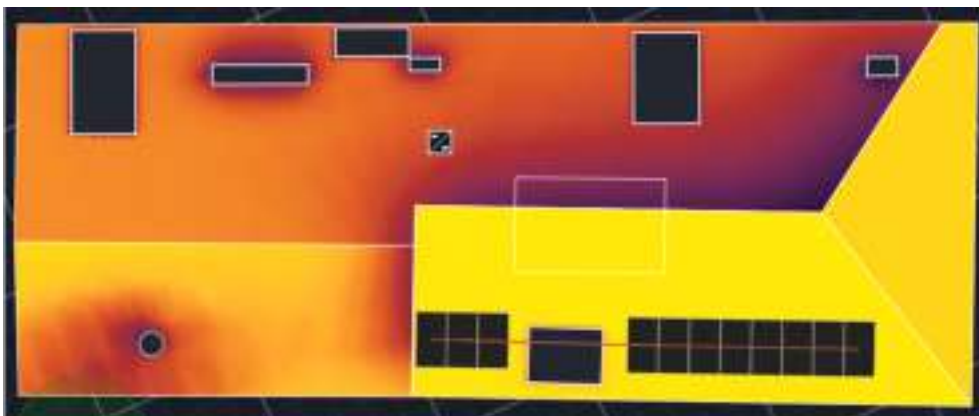


Figura 2: Exemplo de imagem obtida com um software para estudos de sistemas fotovoltaicos. Quanto mais próximo da cor amarela, melhor será a geração. As cores mais escuras indicam a incidência de sombras e de outros fatores (como a inclinação do telhado para o Sul) que reduzem a coleta de energia da radiação solar.

Instalação do gerador solar fotovoltaico

A instalação do sistema deve obedecer rigorosamente o projeto técnico. Um projeto mal feito (ou a ausência total de projeto, que não é rara) vai comprometer a qualidade e a segurança do sistema instalado.

Um erro muito comum durante a instalação, mesmo quando há um projeto detalhado, é a inversão da polaridade de módulos em série. Como isso é possível? – podemos nos perguntar. A figura abaixo ilustra uma situação muito comum nos projetos fotovoltaicos em telhados residenciais, que pode levar a esse erro.



Figura 3: Módulos de um mesmo *string* (ligados em série) fisicamente distanciados sobre um telhado residencial.

A imagem acima ilustra uma situação na qual 11 módulos devem ser ligados em série, formando uma *string*, porém 3 módulos estarão afastados dos demais. Neste caso existe a necessidade de confeccionar um cabo de extensão para ligar um grupo ao outro. Se o esquema de ligação for do tipo **leapfrog** ([veja neste artigo o que é leapfrog](#)), será necessário confeccionar dois cabos de extensão.

Para que o tamanho da extensão seja o menor possível, porém o suficiente para atender à necessidade, e também porque os projetos (quando existem) em geral não são suficientemente detalhados, a crimpagem dos conectores costuma acontecer após a passagem dos cabos durante a montagem da obra. Justamente por isso existe a possibilidade de se crimpar em ambas as extremidades conectores iguais, ou seja, macho-macho ou fêmea-fêmea. Com isso ocorrerá a inversão de polaridade de um dos conjuntos quando os módulos forem conectados.

Além da redução da energia gerada, a exposição do módulo invertido à corrente reversa é potencialmente perigosa e pode originar incêndios. Felizmente, a inversão de módulos pode ser facilmente identificada ao medir se medir a tensão de circuito aberto da *string* após a execução da montagem. Ou seja: isso poderia ser facilmente percebido se os profissionais envolvidos nas montagens fotovoltaicas pelo menos soubessem o que é uma tensão de circuito aberto e estivessem instruídos a medi-la na etapa do comissionamento, que é a fase de testes realizada após a execução das montagens. Frequentemente a necessidade do comissionamento simplesmente tem sido negligenciada pelos profissionais e pelas empresas instaladoras.

Comissionamento do sistema

Um bom projeto fotovoltaico deve passar pela fase final de comissionamento, durante a qual pelo menos duas coisas devem ser medidas:

- *VOC* – Tensão de circuito aberto da *string*
- *ISC* – Corrente de curto-circuito da *string*

[Veja este artigo para entender os parâmetros da curva I-V](#) de um módulo ou *string* fotovoltaico. Dois desses parâmetros (*VOC* e *ISC*) podem facilmente ser medidos com um multímetro comum de baixo custo. Qualquer instalador de sistemas fotovoltaicos com o mínimo de instrução deveria ser capaz de realizar esses dois testes básicos.

Por exemplo, ao se considerar um módulo com tensão de circuito aberto 40 V, numa *string* com 11 módulos em série estima-se que a tensão *VOC* estará próxima de 440 V. Mesmo com a variação da intensidade da luz solar, a tensão de saída dos módulos sofre pouca (praticamente nenhuma) alteração, o que torna o resultado do teste de tensão de circuito aberto muito confiável.

A figura abaixo ilustra o resultado da medição da tensão e da potência gerada em um sistema fotovoltaico já em operação. O gráfico verde mostra a tensão de operação de uma *string* fotovoltaica, que se mantém constante durante boa parte do dia, sofrendo reduções ou variações apenas no início ou bem no final do dia, quando a intensidade da radiação solar é muito reduzida. O melhor horário para se fazer testes de comissionamento de sistemas fotovoltaicos é sempre próximo do meio-dia, quando a tensão de circuito aberto (ou a tensão operacional, que é mostrada no gráfico da figura abaixo) mantém-se aproximadamente constante independentemente de variações da irradiância solar.

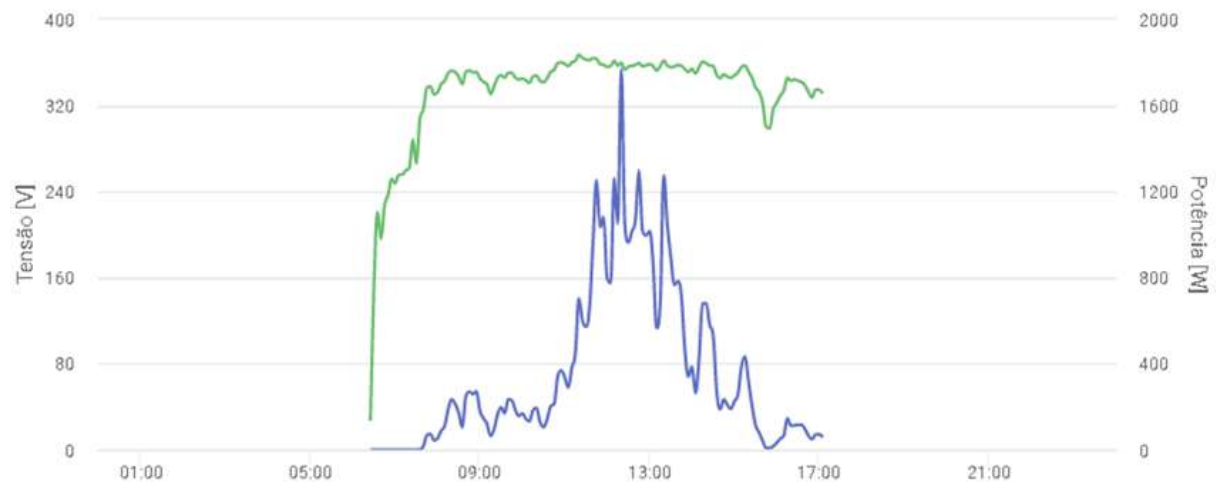


Figura 4: Resultado do monitoramento da tensão de operação e da potência de um sistema fotovoltaico real. Enquanto a potência (em azul) oscila durante todo o dia, a tensão de saída das *strings* (em verde) permanece em uma faixa aproximadamente constante. O gráfico verde mostra a tensão operacional dos módulos, mas um perfil semelhante (praticamente constante) aplica-se à tensão de circuito aberto.

Orientações divergentes no paralelismo de strings

Na instalação do sistema também é possível ocorrer problemas relacionados ao paralelismo de *strings* com orientação ou número divergente de módulos, o que vai impactar negativamente a geração e potencializar as possibilidades de incêndio.

Na realidade, analisando rigorosamente esses fatos, esse tipo de situação deveria ser evitado já na fase de projeto. Misturar módulos com orientações e inclinações diferentes na mesma *string* revela o despreparo de muitos “projetistas” fotovoltaicos em atuação no mercado brasileiro.

Com relação à associação paralela de *strings* com diferentes números de módulos, isso além de falta de preparo revela uma grande falta de responsabilidade. Qualquer profissional do setor solar minimamente preparado sabe que é proibido paralelar *strings* com números diferentes de módulos. O que pode acontecer se essa regra não for seguida? Veja [neste artigo](#) o resultado dessa mistura “explosiva” de *strings* diferentes ligadas à mesma entrada de um inversor.



Figura 5: Monitoramento da tensão de operação de 4 *strings* em um sistema fotovoltaico, estando as *strings* organizadas em 2 grupos com 2 *strings* em paralelo.

Na Figura 5 vemos o resultado do monitoramento da tensão de um sistema solar com 4 *strings* de módulos posicionados em diferentes orientações. Os dados apresentados foram obtidos no dia em que se realizou uma manutenção corretiva no sistema. Desde o início da manhã até as 14 horas havia dois *arrays* (com 2 *strings* cada). Cada *array* (com 2 *strings* paralelos) estava ligada a um inversor. As *strings* deste projeto tinham 11, 19, 9 e 18 módulos. Em resumo, a situação (totalmente absurda) era esta:

- Sistema com 2 inversores com 2 entradas de MPPT em cada um. No total havia 4 entradas de MPPT disponíveis. As *strings* foram agrupadas em *arrays* de 2. Cada *array* foi ligado a apenas uma entrada de um inversor. Esta situação está ilustrada na Figura 6 abaixo.

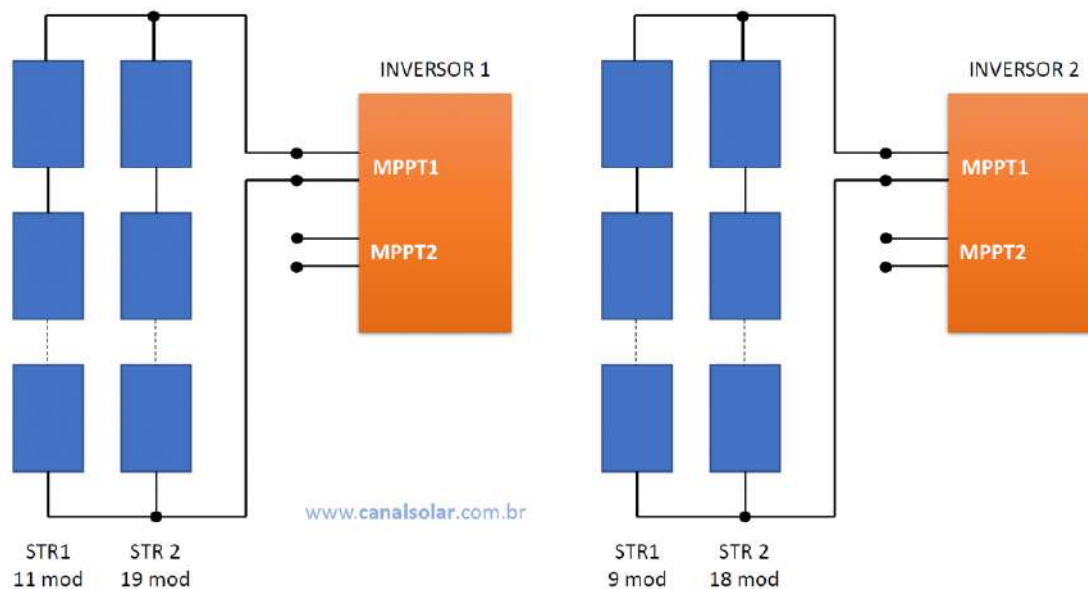


Figura 6: Sistema FV ligado incorretamente, com *strings* de diferentes tamanhos ligadas em paralelo e usando apenas uma entrada de MPPT de cada inversor.

Vejamos o absurdo da situação mencionada acima. Os inversores possuíam 2 entradas de MPPT cada um. Seria possível, portanto, acomodar perfeitamente 4 *strings* diferentes neste projeto. Por falta de conhecimento do projetista (e também do instalador) esse erro passou despercebido nas fases de projeto e de instalação. Etapa de comissionamento certamente não houve.

Observamos no gráfico da Figura 5 uma linha verde e uma roxa, cada qual correspondendo a um grupo de 2 *strings* paralelas. A partir das 14 horas as *strings* foram separadas e percebemos no gráfico o registro de 4 tensões diferentes, agora para cada *string* individualmente. As tensões das *strings* individuais são bastante superiores às tensões obtidas antes das 14 horas. Isso mostra claramente que não é uma boa ideia paralelar *strings* de módulos que operam em condições diferentes (de inclinação, orientação, sombreamento ou quantidade de módulos em série).

Após a ação corretiva, o sistema adquiriu esta configuração:

- Sistema com 2 inversores com 2 entradas de MPPT em cada um. Cada uma das 4 *strings* foi ligada individualmente a uma das 4 entradas de MPPT disponíveis. Esta situação está ilustrada na Figura 7 abaixo.

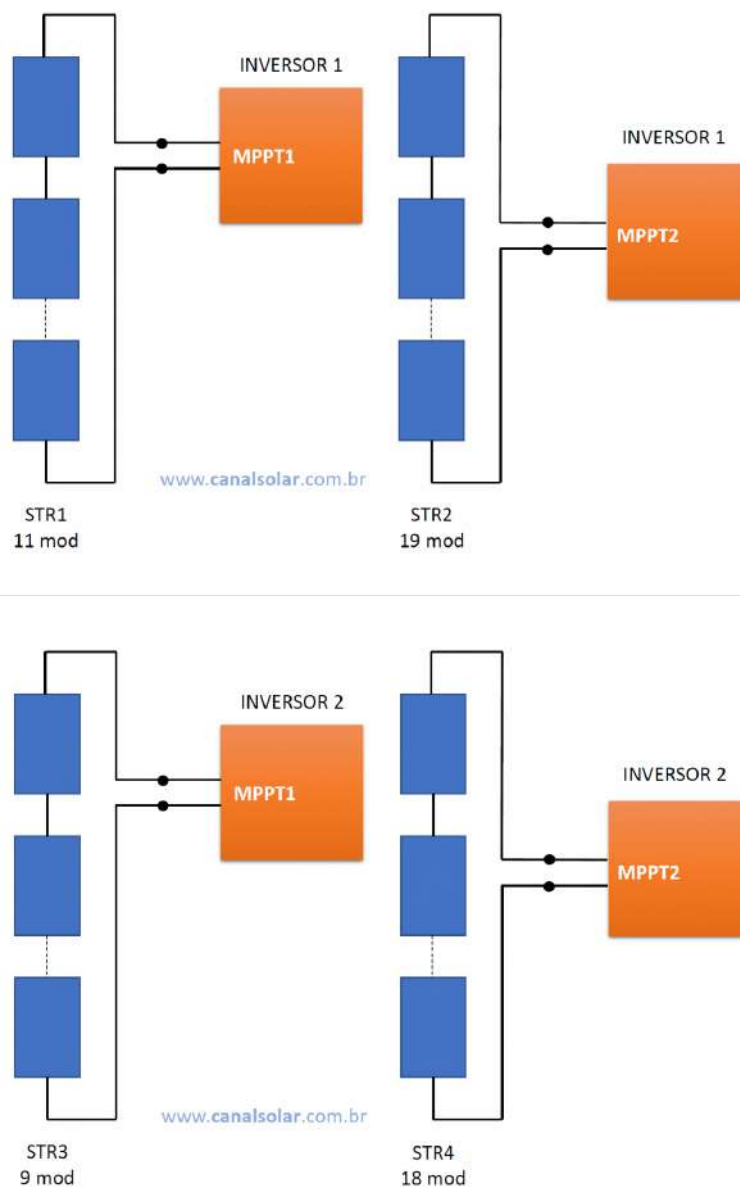


Figura 7: Sistema FV corrigido, com *strings* de diferentes tamanhos ligadas de forma independente em uma das 4 entradas de MPPT disponíveis.

O resultado da ação corretiva de um sistema fotovoltaico, com a separação de *strings* diferentes que antes se encontravam em paralelo, pode ser observado nos gráficos das figuras a seguir.

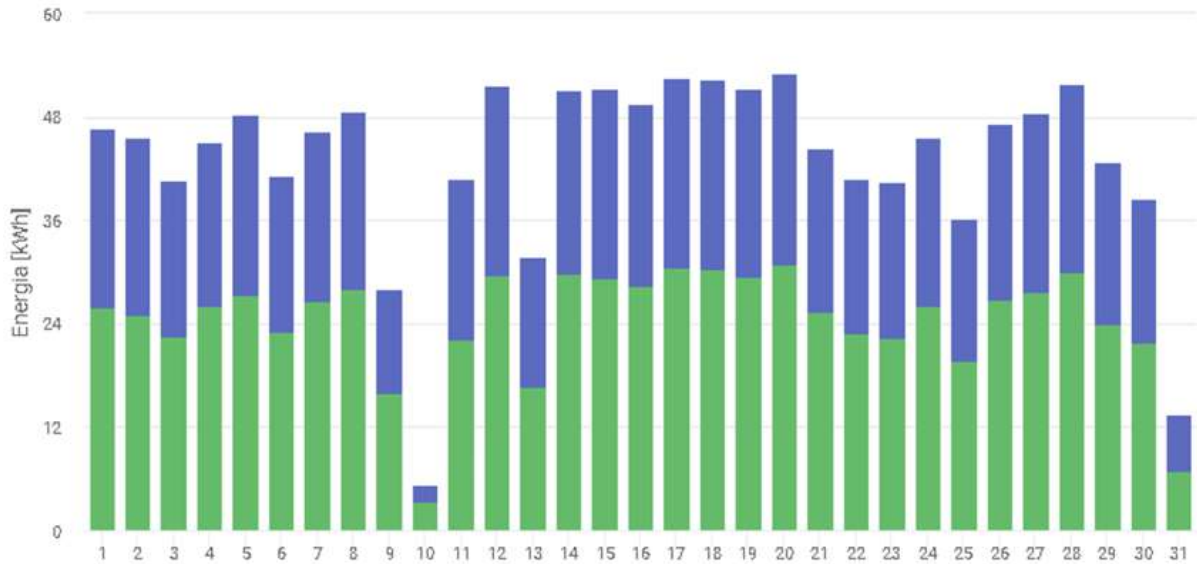


Figura 8: Monitoramento da energia gerada do sistema solar fotovoltaico antes da ação corretiva (quando *strings* diferentes eram ligadas em paralelo). O sistema possui dois inversores. Cada cor (azul e verde) corresponde à geração de um inversor.

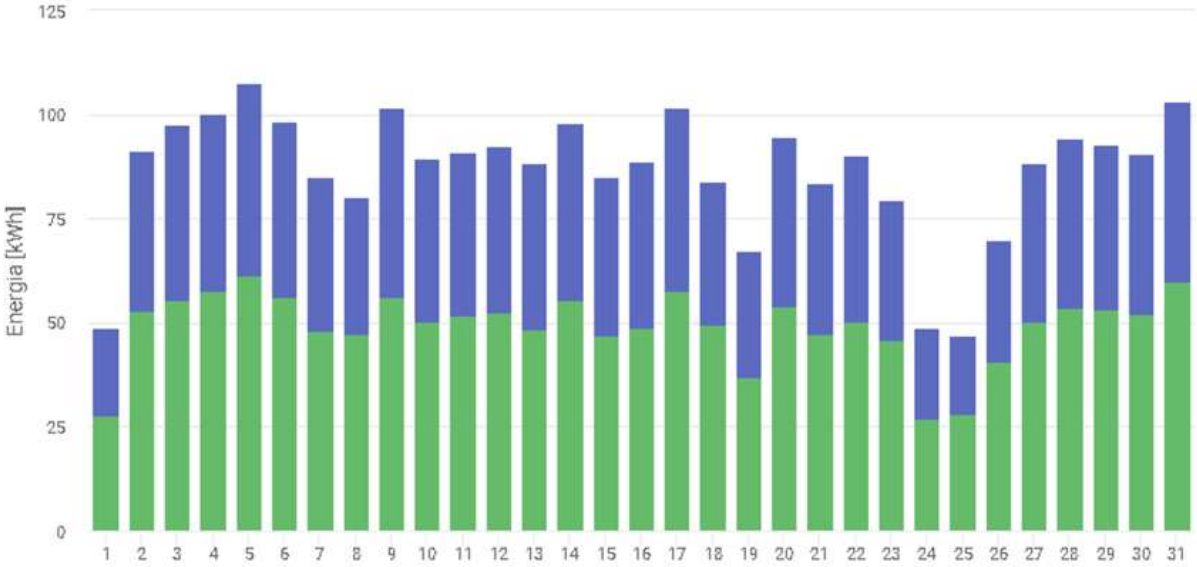


Figura 9: Monitoramento da energia gerada pelo sistema solar fotovoltaico após a ação corretiva (quando *strings* foram deixadas independentes). O sistema possui dois inversores. Cada cor (azul e verde) corresponde à geração de um inversor.

AUTORES:

Bruno Henrique Kikumoto de Paula - Engenheiro Eletricista (UDESC), Mestrado em Engenharia Elétrica (UNICAMP). Especialista em gerenciamento de projetos, inspeção e comissionamento de sistemas fotovoltaicos. Mais de 10 anos de experiência na indústria fotovoltaica. Instrutor nos cursos de energia solar na UNICAMP. [Veja outros artigos deste autor.](#)

Marcelo Gradella Vilalva - Especialista em sistemas fotovoltaicos. Doutor (PhD), Mestre e Graduado em Engenharia Elétrica. Docente e pesquisador do quadro permanente da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) da UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas. Diretor do LESF - Laboratório de Energia e Sistemas Fotovoltaicos da UNICAMP. Autor de mais de 200 artigos técnicos de alcance internacional nas áreas de eletrônica de potência e sistemas fotovoltaicos. Autor do livro "Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações". Pioneiro em treinamentos em sistemas fotovoltaicos no Brasil. É coordenador do programa de Extensão em Energia Solar Fotovoltaica da UNICAMP (<http://cursosolar.com.br>), onde apresenta cursos de Introdução à Energia Solar Fotovoltaica, Projeto e Dimensionamento de Sistemas com PVSyst e Instalação e Integração de Sistemas Conectados à Rede Elétrica.