

Sistemas Solares

Luz Solar e o Efeito Fotovoltaico

O efeito fotovoltaico é o processo de utilização da luz solar para produzir eletricidade CC de forma silenciosa, limpa e autónoma. O equipamento necessário para produzir este tipo de eletricidade designa-se normalmente de "painel solar", e são modulares e requerem uma manutenção muito reduzida. Aliado à sua longa durabilidade, os sistemas solares são cada vez mais populares em áreas remotas ou quando se pretende que uma instalação dure.

Os painéis solares são dispositivos capazes de transformar a radiação luminosa em eletricidade através do processo de aprisionar os fotões e utilizá-los para excitar semicondutores do tipo P e do tipo N para mover eletrões livres. Os painéis fotovoltaicos modernos geralmente podem converter cerca de 15-20% da energia diretamente em eletricidade. Há painéis que são mais eficientes, mas são muito caros, fáceis de danificar e, geralmente, não são acessíveis em locais onde as organizações humanitárias possam trabalhar.

A luz entra no dispositivo através de um revestimento antirrefletor que minimiza a perda de luz por reflexão. O dispositivo captura então eficazmente a luz que atinge a célula solar, promovendo a sua transmissão para as três camadas de conversão de energia abaixo.

- Camada de silicone do tipo N; Fornece eletrões extra (negativo).
- Camada de junção P-N. A camada de absorção, que constitui o núcleo do dispositivo que orienta os eletrões numa direção.
- Camada de silicone do tipo P; Cria um vazio de eletrões (positivo).

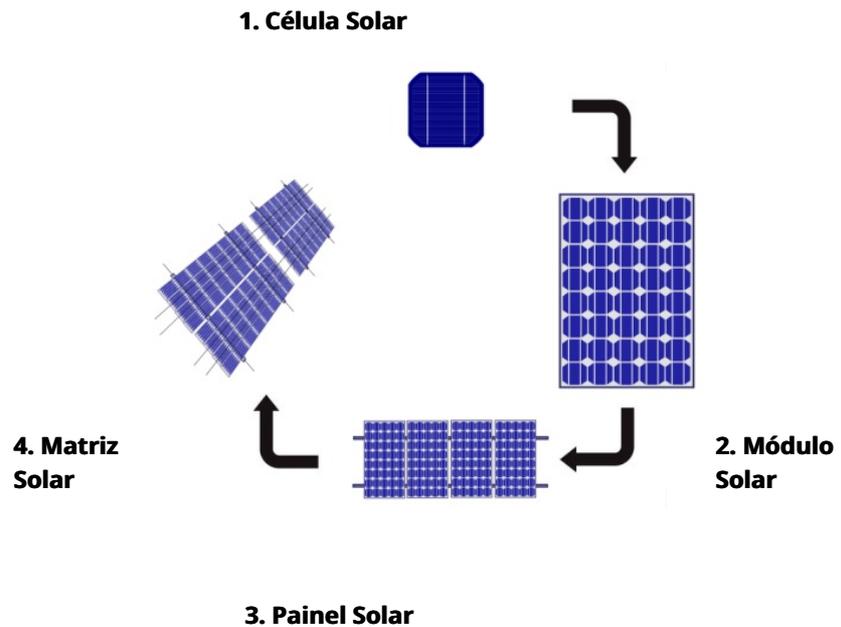
São necessárias duas camadas de contacto elétrico adicionais para transportar a corrente elétrica para fora para uma carga externa e novamente de volta para a célula, completando assim um circuito elétrico.

A maioria das células solares tem alguns centímetros quadrados de área e são protegidas do ambiente por um revestimento fino de vidro ou plástico transparente. Uma vez que uma célula solar típica de 10 cm x 10 cm gera apenas cerca de dois Watts de energia elétrica, as células são normalmente combinadas em série (para aumentar a tensão) ou em paralelo (para aumentar a corrente). Um módulo solar, ou fotovoltaico (FV), geralmente é composto por 36 ou mais células interligadas, laminadas a vidro dentro de uma moldura em alumínio.

Um ou mais desses módulos fotovoltaicos podem ser ligados e emoldurados juntos para formar um painel solar, e podem ser combinados múltiplos painéis para formar uma matriz solar, fornecendo energia juntos como se se tratasse de uma única unidade.

Um sistema fotovoltaico completo teria...

- Contador de Eletricidade
- Isolador CA
- Caixa de Fusíveis
- Inversor
- Bateria
- Controlador de Carga
- Cablagem
- Suporte
- Sistema de Orientação



Degradação das Células Solares

Todas as células solares - e, por extensão, os painéis solares - degradam-se ao longo do tempo. Se, por um lado, os sistemas solares extraem energia do sol, por outro, o sol também decompõe lentamente os componentes das células solares. A maioria dos painéis solares disponíveis comercialmente degradam-se a uma taxa média de 2% por ano de utilização. A duração de utilização de uma instalação tem de ser tida em conta para efeitos de planeamento e orçamentação. Por exemplo, uma matriz solar instalada sob luz solar direta degradando-se a 2% ao ano significa que, ao fim de 10 anos, os painéis terão apenas cerca de 80% da eficiência que tinham no momento da instalação. Menos eficiência significa menos produção de energia da matriz, o que significa períodos de tempo mais longos para carregar as baterias e menos tempos de carregamento ideais ao longo do dia. As agências humanitárias que planeiam utilizar matrizes solares durante mais de 10 anos num único local deverão considerar a orçamentação para a substituição dos painéis ao fim de 12-15 anos, se a produção global já não estiver a satisfazer as necessidades do local.

Arquitetura do Sistema

Um sistema fotovoltaico completo pode ser constituído por um ou vários módulos solares, dependendo da potência necessária. Embora as baterias possam ser utilizadas como sistema de reserva de qualquer fonte de alimentação principal, os sistemas solares necessitam de um sistema a baterias para armazenar a energia produzida. Portanto, um sistema solar inclui sempre alguma forma de sistema a baterias, pequeno ou grande. Estas baterias são

especificamente concebidas para fornecer uma corrente limitada durante um longo período de tempo.

Um sistema de alimentação pode acomodar diferentes cargas elétricas, regulando a tensão e/ou a corrente proveniente dos painéis solares que vai para a bateria para evitar a sobrecarga. A maioria dos painéis de "12 volts" pode produzir cerca de 16 a 20 volts em condições ideais; portanto, se não houver regulação, as baterias podem e serão danificadas devido a sobrecarga. A maioria das baterias precisa de cerca de 14 a 14,5 volts para ficar totalmente carregada. Como qualquer outro sistema elétrico, são necessárias uma avaliação e cablagem adequadas.

Um sistema solar é geralmente composto por:

- Módulo fotovoltaico, painel solar ou matriz solar, incluindo os seus múltiplos tipos de suportes.
- Um sistema a baterias.
- Um regulador solar.
- Cablagens e proteções.

Os sistemas solares podem satisfazer praticamente qualquer necessidade específica, uma vez que são de natureza modular. Isto torna possível a ligação direta de módulos fotovoltaicos a muitos dispositivos, tais como bombas submersíveis ou unidades de congelação autónomas, ou sob a forma de uma matriz completa de energia solar capaz de produzir energia para escritórios ou complexos inteiros.

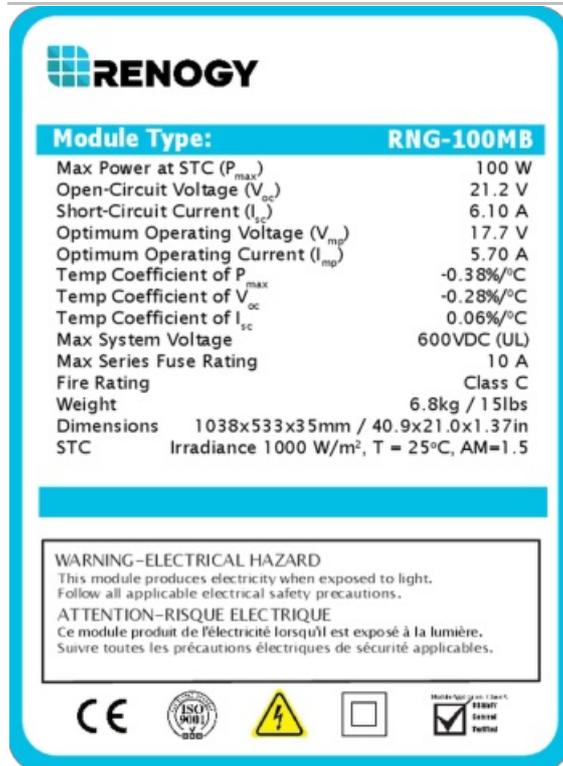
Módulos Solares

Os módulos solares são estipulados em Watt-pico, representado sob a forma de potência de pico nominal ($P_{\text{máx}}$), derivado da multiplicação da tensão de alimentação de pico (V_{mp}) com a respetiva corrente de alimentação de pico (I_{mp}):

$$P_{\text{max}} = V_{\text{mp}} \times I_{\text{mp}}$$

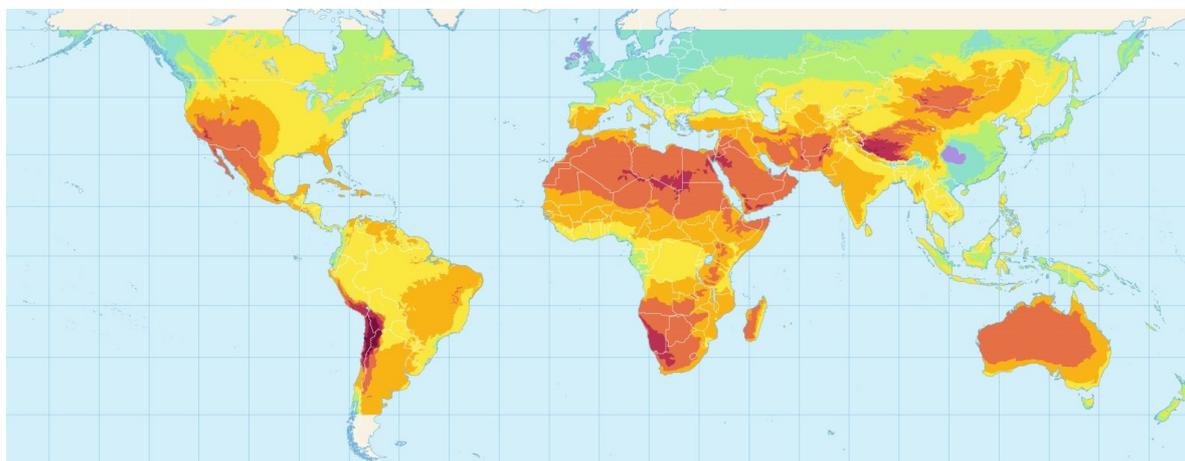
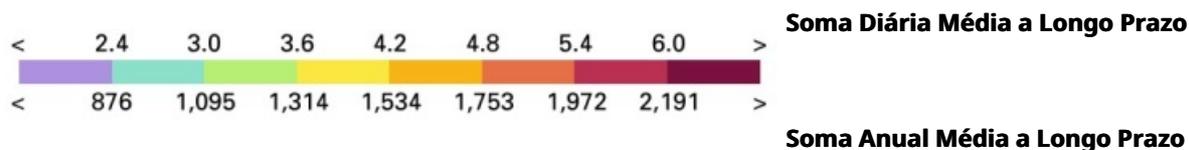
Um painel solar de 100 Wp produz 100 W em condições de teste padrão (CTP). As CTP existem apenas em laboratórios, aplicando uma irradiação solar a painéis de 1000 W/m² com uma temperatura de célula de 25 °C. Numa instalação real, a produção real de eletricidade é geralmente muito inferior à potência de pico; contudo, as medidas continuam a ser úteis como referência qualitativa para comparar tamanhos e capacidades, uma vez que cada painel é classificado sob as mesmas condições.

Exemplo: Rótulo que Acompanha o Pannel Solar



A quantidade de energia elétrica produzida durante uma única vez por um módulo solar depende sobretudo de:

Irradiação Diária: A quantidade de energia fornecida pelo sol num dia é o parâmetro mais importante. As áreas próximas do equador têm a melhor irradiação média; contudo esta regra geral pode variar muito de um lugar para o outro e de uma estação para a outra. O desempenho médio de um sistema fotovoltaico expresso em kWh/m²/dia pode ser consultado no gráfico abaixo.



Sombra, nevoeiro e tempo nublado: qualquer obstáculo que bloqueie a luz solar irá diminuir a produção de energia do módulo. Além disso, se um painel solar estiver parcialmente à sombra, a produção de eletricidade pode parar, pois as células à sombra consumirão a energia produzida pelo resto do painel. Em alguns casos, um fenômeno chamado "aquecimento por pontos quentes" ocorre quando as partes à sombra de um único painel aquecem rapidamente à medida que consomem eletricidade de uma parte que não está à sombra, e podem destruir rapidamente o painel. Isto pode ser evitado utilizando díodos de derivação que estão normalmente incluídos nos módulos fotovoltaicos, mas é altamente recomendável verificar esta característica.

Orientação do painel: um painel incorretamente orientado - por exemplo, virado para norte no hemisfério norte - produzirá muito menos energia do que aquela para a qual o painel está estipulado, ou mesmo nenhuma energia.

Temperatura: A temperatura acima de 25 oC também pode diminuir a quantidade de energia produzida por um painel solar.

Horas de luz do dia: Os painéis solares produzem mais eletricidade quando os raios verticais da luz solar estão mais próximos uns dos outros, fornecendo mais energia por cm quadrado. Consequentemente, os painéis solares produzirão menos eletricidade à medida que o sol se aproxima do horizonte, do que quando o sol está diretamente por cima. Em termos práticos, um painel solar perto do equador que esteja no exterior durante um dia de 12 horas só produzirá o equivalente a 6 horas de eletricidade de pico, e isto apenas em condições ideais. Mudanças nas estações do ano ou condições climáticas adversas irão baixar ainda mais esta produção.

Como resultado dos fatores acima mencionados, a produção real de eletricidade a partir de um sistema solar pode ser difícil de avaliar. Um método simples consiste em dimensionar a instalação de modo a produzir 30% das necessidades diárias de energia durante o pior mês.

Montagem de Painéis e Matrizes

Os módulos fotovoltaicos à base de água combinados para criar painéis solares, e os painéis solares combinados montados juntos para criar matrizes solares, são possíveis utilizando caixas de junção padrão - tipo MC3/MC4 - que são à prova de água e fáceis de ligar. Tal como as baterias, as matrizes de painéis só devem utilizar módulos solares com as mesmas características, do mesmo modelo e, na medida do possível, com a mesma antiguidade.

Suportes

Os seguidores solares - dispositivos que orientam os painéis na direção do sol - são complexos, caros e não recomendados fora dos usos industriais e/ou de latitudes elevadas onde o sol se move consideravelmente. Alguns suportes são concebidos para permitir o ajustamento sazonal, dando a possibilidade de alternar manualmente entre duas posições durante o ano, o que deverá ser mais do que suficiente para a maioria das instalações.

Há essencialmente dois tipos de suportes solares disponíveis: Suportes para solo e para telhado. Os painéis solares montados no solo são mais fáceis de instalar e de manter do que os sistemas montados no telhado. Os sistemas montados no telhado são difíceis ou impossíveis de ajustar e podem causar danos estruturais devido ao peso e à pressão do vento. No entanto, os suportes para fixação no solo têm os seus próprios problemas; ocupam espaço utilizável, são mais propensos a criar sombra e correm o risco de danos acidentais de automóveis e pessoas. As decisões de montagem devem ser tomadas em função da localização e das infraestruturas disponíveis.

Sistemas a Baterias

As baterias solares são cruciais para ajudar a manter os sistemas solares em funcionamento. Sem armazenamento nas baterias, a eletricidade só estará disponível enquanto os painéis solares estiverem a produzi-la. Uma vez que os painéis só produzem energia durante o dia e o consumo pode ocorrer a qualquer momento, é essencial um banco de energia estável para armazenar esta energia. Consultar a [secção sobre baterias](#) para mais informações.

Regulador Solar

Os controladores do carregador, vulgarmente conhecidos como “reguladores solares” são unidades eletrónicas concebidas para controlar o fluxo de corrente - tanto a corrente que carrega as baterias a partir dos painéis, como a corrente que vem das baterias para os escritórios/complexos.

Os reguladores solares controlam carregamento e o descarregamento das baterias desligando os painéis quando as baterias estão completamente carregadas, e cortando a alimentação à carga quando a carga da bateria é demasiado reduzida. Outra função importante dos reguladores solares é otimizar a produção de energia a partir dos painéis, convertendo a maior tensão de saída proveniente dos painéis para a menor tensão de entrada necessária para as baterias. O regulador funciona como um centro da instalação, e a obtenção da potência máxima depende do seu bom funcionamento.

Existem dois tipos de reguladores solares:

Seguidor do Ponto de Potência Máxima (MPPT):



O MPPT deteta a tensão e corrente de saída do painel solar em tempo real e segue continuamente a potência máxima ($P=U*I$), regulando a tensão de saída de forma correspondente para que o sistema possa sempre carregar a bateria com a potência máxima. Este tipo de seguimento de potência permite uma melhor produção de energia sob tempo nublado e temperaturas variáveis. Embora mais dispendioso à partida, o Controlador de Carga MPPT fornecerá mais energia (e, eventualmente, reduzirá o tamanho do módulo fotovoltaico) e prolongará a duração das baterias a este ligadas. Alguns controladores permitem ainda a ligação a dispositivos inteligentes para controlo e monitorização à distância.

Método de carga da bateria MPPT Multifase

Taxa de conversão de energia solar para elétrica 99%

Taxa de amperagem 30A-100A

Escalabilidade/Alcance >2 KW Grande sistema de energia

Preço Médio 120\$

Vantagens

- O algoritmo do seguidor do ponto de máxima potência aumenta a taxa de conversão de potência até 99%.
- O carregamento em 4 fases é melhor para as baterias.
- Expansível para grandes sistemas de energia fora da rede.
- Disponível para sistemas solares até 100 Amperes.
- Disponível para entrada solar até 200 V.
- Oferece flexibilidade quando é necessário aumentar o tamanho do sistema.
- Equipado com múltiplos dispositivos de proteção.

Desvantagens

- Custo elevado, normalmente duas vezes um MLI.
 - Maior tamanho do que um regulador MLI.
-

Modulação de Largura de Impulsos (MLI):



Os controladores de carga MLI podem ser considerados um interruptor elétrico entre o painel solar e os packs de baterias, programados para permitir apenas a passagem de uma corrente predeterminada para a bateria. O controlador reduz lentamente a quantidade de energia que vai para a bateria, à medida que as baterias se aproximam da sua capacidade máxima. Os Controladores de Carga MLI não regulam a tensão, o que significa que as baterias e os painéis têm de ter tensões compatíveis para poderem funcionar corretamente. Isto torna este tipo de controlador de carga adequado para aplicações solares de pequena dimensão, ou para instalações que apresentam painéis de baixa tensão e bancos de baterias de tamanho limitado. Os controladores MLI são uma opção mais acessível, mas resultará numa menor produção de energia a partir do painel fotovoltaico.

Método de carga da bateria

MLI de 3 fases

Taxa de conversão de energia solar para elétrica

75%-80%

Taxa de amperagem

20A-60A

Escalabilidade/Alcance <2 KW Pequeno sistema solar

Preço Médio

65\$

Vantagens

- Os reguladores MLI têm um historial mais longo e comprovado.
- Os reguladores MLI têm uma estrutura mais simples e são mais económicos.
- Facilmente colocado.

Desvantagens

- Baixa taxa de conversão.
- A tensão de entrada tem de corresponder à tensão do banco de baterias.
- Menos escalabilidade para crescimento do sistema.
- Menor produção.
- Menos proteção.

Instalação dos Painéis

O local de armazenamento das baterias ligadas à matriz solar deve ser identificado antes de se dimensionar e adquirir qualquer equipamento. Não só o espaço deve ser suficientemente grande para montar os painéis necessários, mas também a distância e o comprimento do cabo do local de armazenamento da bateria terá impacto nos requisitos de potência

calculados. Consultar a [secção sobre instalação de baterias](#).

Um bom local para instalar uma matriz solar terá as seguintes características:

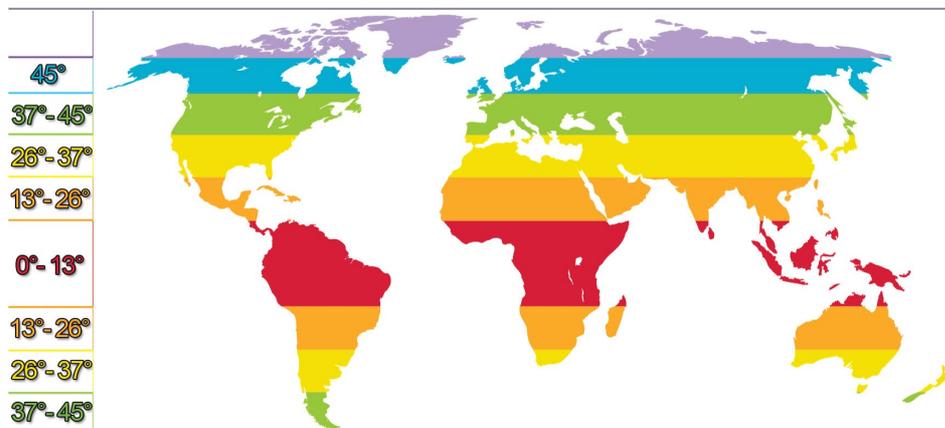
- Está dentro de um complexo e não visível do exterior. Os painéis solares montados no solo devem idealmente ser protegidos por uma parede ou cerca, pelo que é importante um espaço suficiente no solo.
- Estar o mais próximo possível do sistema a baterias.
- Estar afastado de sombra, tais como árvores ou edifícios.

Por vezes é difícil evitar completamente as zonas de sombra. A prioridade deve ser evitar a sombra durante as horas do dia com mais sol (geralmente das 10h às 16h). Lembre-se que a posição e as dimensões das sombras mudam com as estações do ano.

Posição do Painel Solar

Para otimizar a produção de energia, os painéis solares têm de ser cuidadosamente orientados para tirar o máximo partido da exposição à luz solar. O direcionamento de um painel solar inclui:

- **Orientação** - A orientação é o ângulo do painel solar em relação ao eixo norte-sul. Os painéis solares têm de estar virados para sul no hemisfério norte e para norte no hemisfério sul.
- **Inclinação** - A inclinação é o ângulo do painel solar em relação ao plano horizontal. A inclinação é mais difícil de otimizar. A latitude pode ser utilizada como uma aproximação do ângulo de inclinação ideal, tal como referido no guia abaixo para painéis com ângulos fixos. No entanto, mesmo no equador, os painéis devem ter um ângulo de inclinação mínimo de 5 a 10° para evitar a acumulação de água e poeira no painel.



Ligação

A saída dos painéis solares é ligada ao regulador solar, ao passo que a saída do regulador solar é ligada às baterias. A estrutura de montagem do painel solar é ligada à terra, e uma ligação à terra é altamente recomendada para o regulador e o protetor contra sobretensões.

Dependendo da potência ou energia necessárias, os painéis podem seguir três esquemas diferentes que darão diferentes resultados em termos de potência e corrente. Módulos ligados em série, em paralelo, ou uma combinação de ambos, darão diferentes produções em termos de potência e energia.

Dimensionamento da Instalação

Módulos Fotovoltaicos

Abaixo encontra-se um método simples de dimensionamento das instalações para que produzam 30% das necessidades diárias de energia durante os piores meses do ano:

Para cobrir 30% das necessidades energéticas de uma instalação, quantos painéis solares serão necessários para:

- Uma necessidade de potência prevista de 12.880 Wh
- Uma produção média anual diária é de 4,32 kWh por 1 kWp
- Durante o pior mês, uma produção média diária de 2,62 kWh por 1 kWp

A produção total efetiva de energia elétrica necessária por dia é:

$$12,88 \times 0,3 = 3,87 \text{ kWh}$$

Com uma produção média diária de 2,62 kWh por 1 kWp de módulo, a necessidade diária total é de:

Exemplo:

$$3,87 / 2,62 = 1,48 \text{ kWp}$$

O número efetivo de painéis solares necessários dependerá do pico de potência de cada painel individual. A configuração poderia ser:

12 painéis x 130 Wp (1,56 kWp) ou **9 painéis x 180 Wp** (1,62 kWc) ou **6 painéis x 260 Wp** (1,56 kWc)

Como a produção média anual diária é de 4,32 kWh por 1 kWp, a instalação de 1,48 kWp produzirá $4,32 \times 1,48 = 6,39$ kWh por dia, em média ao ano, o que aumenta a poupança global com os custos energéticos.

Regulador

O regulador solar tem de ser dimensionado de acordo com o número e o tipo de módulos solares utilizados. O dimensionamento do regulador inclui:

- A tensão deve ser a mais alta possível de acordo com o número de módulos solares nos sistemas.
- A corrente máxima deve ser igual à corrente de curto-circuito (ISC) da sua matriz solar. A corrente de curto-circuito para um painel individual pode ser encontrada na etiqueta de identificação do painel ou no manual do fabricante. Para calcular a corrente de curto-circuito de toda uma matriz, combinar as correntes de curto-circuito de todos os painéis ligados em paralelo.

Baterias

Para mais informações sobre o dimensionamento das Baterias, consultar a secção sobre

[Instalar um sistema a baterias.](#)

Cabos e Proteção

Para mais informações sobre comprimentos de cabos e diâmetros de fios, consultar o capítulo [Instalações elétricas.](#)

Segurança e Proteção

Os painéis fotovoltaicos produzem eletricidade tal como um gerador normal. Embora o método de produção possa ser diferente, e dependendo do tamanho da matriz a potência total possa ser inferior a um gerador, as matrizes solares podem contudo produzir quantidades prejudiciais de eletricidade.

Manuseamento

Sempre que pessoas tiverem de manusear painéis solares fotovoltaicos, estas têm de usar [vestuário e equipamento](#) de proteção a todo o momento.

Mais importante - os painéis solares fotovoltaicos produzem uma corrente elétrica, mesmo quando não estão ligados a nenhum outro dispositivo! Enquanto um painel estiver parcialmente exposto à luz, estará a produzir alguma forma de corrente e pode ainda representar um risco. Um painel a produzir eletricidade não fará ruído ou nem vibrará, e poderá mesmo não estar quente ao toque. Normalmente os painéis solares fotovoltaicos não têm qualquer tipo de indicador de que estão a produzir eletricidade. Por esta razão, os painéis solares fotovoltaicos tendem a parecer seguros ao toque, mesmo quando podem não o ser.

Ao instalar, remover ou simplesmente ajustar os painéis solares, estes devem ser completamente cobertos. Se possível, o trabalho também pode ser realizado durante a noite. Ao transportar ou manusear painéis solares, os manipuladores devem estar atentos a todas as saídas de conetores elétricos na lateral, evitando qualquer contacto acidental com estes. Considerar todos os fios provenientes de um painel solar como um fio com tensão proveniente de uma rede elétrica ou de um gerador ativo.

Segurança

Os painéis solares fotovoltaicos devem estar sempre num local seguro, tal como os geradores e as baterias. A orientação dos edifícios e da vegetação pode dificultar esta tarefa, mas os responsáveis pelo planeamento devem considerar o controlo de acesso.

- Se possível, instalar painéis em telhados de edifícios, e em áreas que as pessoas não visitam frequentemente - evitar terraços de telhados ou áreas de descanso.
- Instalar matrizes solares no interior de espaços de complexos, dentro da segurança de uma parede em redor, sempre que possível. Mesmo que existam matrizes dentro de uma parede de um complexo, deve haver alguma forma de sinalização e de vedação com barreiras para impedir o acesso de visitantes ou de mão de obra ocasional à área.
- Se as matrizes solares forem instaladas em locais abertos ou remotos, então será necessário construir uma vedação ou parede de segurança separada em redor do perímetro. O equipamento é dispendioso, mas também pode ser nocivo para seres humanos e animais de passagem. Pessoas não familiarizadas com painéis solares podem aproximar-se levadas pela curiosidade, pelo que a sinalização tem de ser afixada na língua local apropriada.