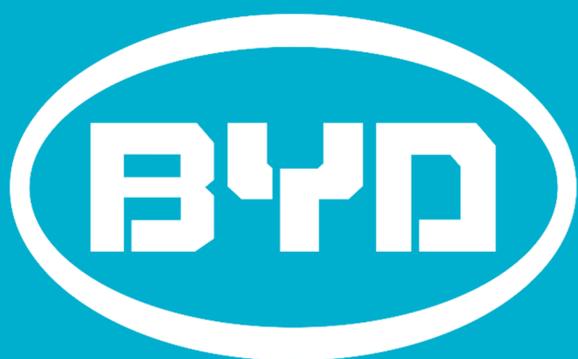


MANUAL DE INSTALAÇÃO

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS CONVENCIONAIS



Obrigado por escolher os módulos fotovoltaicos da BYD Energy do Brasil.

Você acaba de adquirir um produto fabricado por uma das empresas líderes mundiais na geração e venda de sonhos verdes, que coloca toda sua tecnologia a serviço do meio-ambiente e do bem-estar da sociedade. A BYD é uma empresa especializada em energia limpa, sendo a maior fabricante mundial em baterias recarregáveis e sistemas estacionários, além de ser a maior fabricante mundial de veículos elétricos (incluindo híbridos plug-in).

O Módulo Fotovoltaico Convencional que você acaba de adquirir, possui uma tecnologia exclusiva da BYD e foram projetados para atender os mais rigorosos requisitos do mercado atual, oferecendo uma maior vida útil e menor degradação por temperatura ao longo dos anos. Este manual inclui os procedimentos de instalação, cuidados, armazenamento, manuseio e manutenção dos módulos.

Este documento está sujeito a alterações em intervalos irregulares e sem aviso prévio, visando sempre a melhoria contínua do produto e também dos procedimentos de instalação. Por favor, leia atentamente este manual e, em caso de dúvidas, entre em contato com a BYD Energy do Brasil através do número 0800 351 4255 (SAC).

CONTEÚDO

- Agradecimentos 2
- 1. Introdução 5
- 2. Escopo 5
- 3. Informações Gerais 5
- 4. Regras de Segurança 5
 - 4.1.Utilização dos EPIs (Equipamento de Proteção Individual) 6
- 5. Dimensões do Produto 6
- 6. Identificação do Produto 7
 - 6.1.Etiqueta de Identificação 7
 - 6.2.Etiqueta ENCE (INMETRO) 8
- 7. Logística do Produto 8
 - 7.1.Embalagem do Produto 8
 - 7.2.Transporte do Produto 9
 - 7.3.Armazenamento do Produto 10
- 8. Manuseio dos Módulos 10
 - 8.1.Ambiente de Instalação 11
 - 8.2.Inclinação do Módulo em Relação ao Sol 12
 - 8.3.Sombreamento 12
 - 8.4.Ventilação 13
- 9. Instalação 13
 - 9.1.Requisitos de Instalação 14
- 10. Métodos de Instalação 15
 - 10.1.Método de Instalação pelo Frame Longo 15
 - 10.2.Método de Instalação pelo Frame Curto 16
- 11. Sistemas de Fixação 17
 - 11.1.Fixação com Parafusos 17
 - 11.2.Fixação com Grampos 18
- 12. Aterramento 20
- 13. Conexão e Cabeamento 20
 - 13.1.Conectores dos Módulos 20
 - 13.2.Cabos dos Conectores 22
 - 13.3.Dimensionamento dos Condutores (Cabos) 22
- 14. Tipos de Instalação Elétrica 23
 - 14.1.Instalação dos Módulos em Série 23
 - 14.2.Instalação dos Módulos em Paralelo 23
 - 14.3.Instalação dos Módulos em Leap Frog 24



- 15. Dimensionamento Elétrico 25
 - 15.1.Cálculo de Sobretensão no Inversor 25
- 16. Manutenção e Cuidados 26
 - 16.1.Limpeza dos Módulos..... 26

1. INTRODUÇÃO

Este manual descreve os procedimentos e cuidados no transporte, armazenamento, manuseio, instalação e manutenção dos módulos fotovoltaicos de Single Glass fabricados pela empresa BYD Energy do Brasil.

Este documento está sujeito a alterações em intervalos irregulares e sem aviso prévio, visando sempre a melhoria contínua do produto e também dos procedimentos de instalação. Por favor, leia atentamente este manual e, em caso de dúvidas, entre em contato com a BYD Energy do Brasil através do número 0800 351 4255 (SAC).

2. ESCOPO

Este documento contempla as informações referentes aos modelos que utilizam a tecnologia Single Glass de 72 células de silício Policristalino ou Monocristalino de 1500 V “K” contendo as nomenclaturas abaixo:

BYD320P6K-36 / BYD325P6K-36 / BYD330P6K-36 / BYD335P6K-36 / BYD340P6K-36 / BYD385M7K-36 / BYD390M7K-36 / BYD395M7K-36 / BYD400M7K-36.

3. INFORMAÇÕES GERAIS

Para realização do transporte, manuseio, armazenamento, instalação ou qualquer tipo manutenção nos módulos fabricados pela BYD, é necessário ler atentamente os procedimentos, orientações e alertas contidos neste manual, bem como seguir todas as suas orientações.

O profissional responsável pela instalação do produto, deve estar devidamente habilitado e certificado conforme as normas regulamentadoras vigentes no mercado, para orientar os respectivos clientes e consumidores finais, quanto a todos os procedimentos de segurança e correto uso do sistema, evitando assim, os riscos de danos à saúde ou a propriedade.

4. REGRAS DE SEGURANÇA

Os módulos BYD devem ser manuseados e instalados somente por profissionais certificados e que atendam TODAS as normas regulamentadoras do mercado, referentes a segurança em instalações e serviços elétricos. O atendimento a estas normas prevê a obrigatoriedade de treinamentos periódicos em órgãos reconhecido pelo MT (Ministério do Trabalho), específicos para trabalhadores autorizados a intervir em instalações elétricas, sob riscos decorrentes do emprego de energia elétrica e as principais medidas de prevenção de acidentes, além de submeter os trabalhadores a treinamento teórico e prático, visando garantir a capacitação sobre os riscos, medidas de controle, de emergência e salvamento.

4.1. UTILIZAÇÃO DOS EPIS (EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL)

Para instalação e manutenção dos módulos fotovoltaicos, é mandatório o uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) como roupas específicas, óculos de proteção, capacetes e luvas especiais.

Os riscos estão relacionados com choque elétrico, risco de queda quando instalados em telhados de edificações e cortes em função dos cantos pontiagudos das esquadrias.



ATENÇÃO: Antes de manusear ou instalar o painel solar, ler atentamente o manual. O módulo solar ao ser exposto a luz (do sol ou artificial), gera corrente elétrica contínua. O contato físico com qualquer parte eletricamente ativa do módulo, como os conectores, pode causar danos. Cubra o painel com um pano opaco ao desconectar os cabos.

5. DIMENSÕES DO PRODUTO

O Módulo Fotovoltaico Convencional produzido pela empresa BYD contempla as dimensões conforme a Figura 1.

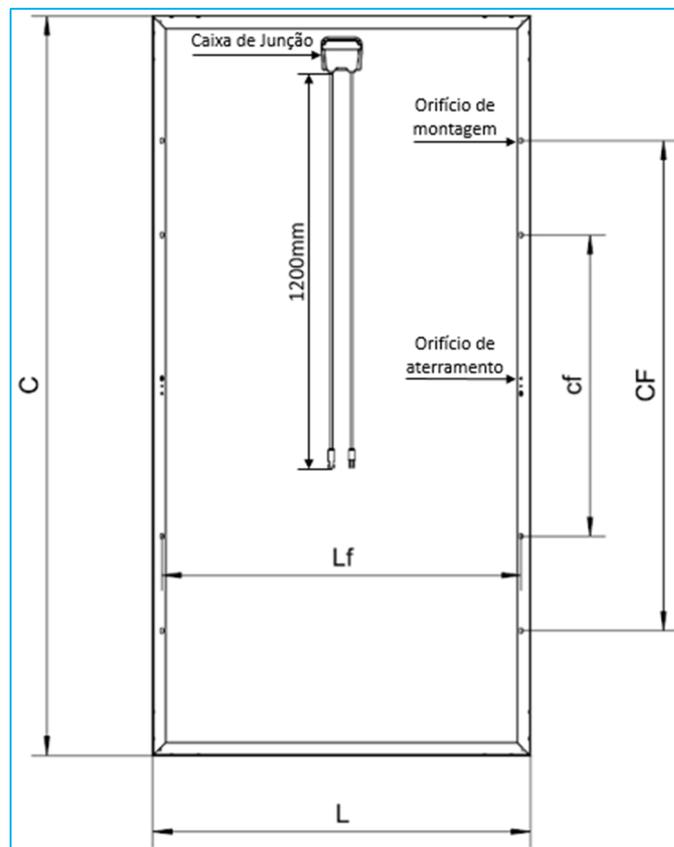


Figura 1 – Dimensões do módulo fotovoltaico.

Modelo	C [mm]	L [mm]	CF [mm]	cf [mm]	Lf [mm]
BYD M7K	1978	999	1300	800	949 ~ 959
BYD P6K	1962	992	1300	800	942 ~ 952

Tabela 1 – Dimensões de diferentes módulos convencionais.

6. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO

Todo módulo BYD, possui um código de barra, conforme a Figura 2, com objetivo de manter a rastreabilidade do produto durante toda sua vida útil.



Figura 2 – Etiqueta de identificação do produto.

BR 210202 SG PC 5 E K A - 149, onde:

BR – Local de fabricação: Brasil;

210202 – Data (AAMMDD);

SG – SG: Single Glass / DG: Double Glass

PC – PC: Silício Policristalino / MS: Silício Monocristalino PERC;

5 – Número de barramentos;

E – Encapsulante

K – K: 1500 V

A – Controle interno

149 – Número de série sequencial alfanumérico.

6.1. ETIQUETA DE IDENTIFICAÇÃO

Contém informações sobre o produto como: modelo, potência máxima (P_{max}), tolerância de potência, tensão máxima (V_{mp}), corrente máxima (I_{mp}), tensão de circuito aberto (V_{oc}), corrente de curto circuito (I_{sc}), temperatura nominal de funcionamento da célula, massa, dimensões, tensão máxima do sistema, classes de aplicação, órgãos certificadores, endereço do fabricante e alertas de instalação e manuseio, a Figura 3 demonstra um exemplo de etiqueta de identificação.

BYD BYD ENERGY DO BRASIL LTDA	
Modelo Módulo	BYD335P6K-36-5B
Potência Máxima (P_{max})	335W
Tolerância de Potência	0-5W
Voltagem Máxima de Operação (V_{mp})	37,35V
Corrente Máxima de Operação (I_{mp})	8,97A
Voltagem de Circuito Aberto (V_{OC})	47,28V
Corrente de curto-circuito (I_{sc})	9,39A
Temperatura Nominal de Funcionamento da Célula	45°C ± 2°C
Peso	22,1 KG
Dimensão	1960 × 990 × 35 (mm)
Voltagem Máxima do Sistema	1500VDC
Classes de Aplicação	Class A
Todos os dados técnicos na condição de teste padrão (E=1000W/m ² Tc=25°C AM1,5) Indústria Brasileira	
End: Avenida Antônio Buscato, 230 Terminal Intermodal de Cargas – TIC CEP: 13069-119 – Campinas/SP – Brasil CNPJ: 21.858.948/0001-52 Http://www.byd.com	
Atenção! Leia o manual de instalação e operação antes de instalar, operar ou fazer manutenção dessa unidade. Não conecte ou desconecte os plugs durante o carregamento do sistema. Não seguir essas instruções, pode trazer perigo a você.	

Figura 3 – Exemplo de etiqueta de identificação.

6.2. ETIQUETA ENCE (INMETRO)

Indica a classificação do produto e sua eficiência energética (%). Além disso, contém informações importantes referentes a sua geração, como: média mensal de energia (kWh/mês), potência em condições padrão (W) e a área externa do módulo (m²). A Figura 4 demonstra esse modelo de etiqueta.

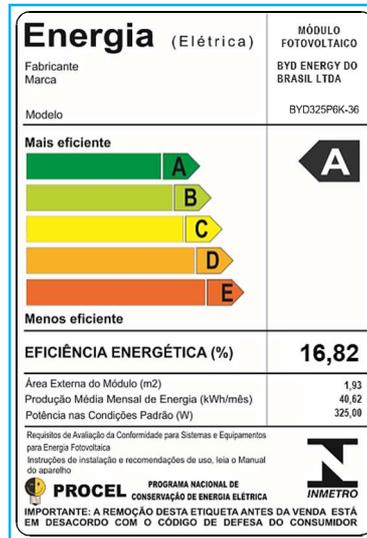


Figura 4 – Etiqueta de eficiência Inmetro.

7. LOGÍSTICA DO PRODUTO

7.1. EMBALAGEM DO PRODUTO

A embalagem dos módulos BYD garantem a integridade dos produtos, desde o acondicionamento inicial dos módulos durante o processo de fabricação, até o seu correto armazenamento e transporte.

A embalagem contempla as dimensões e peso conforme Tabela 2 e a Figuras 5 demonstra a vista da embalagem montada.

Modelo	P6K	M7K	Tolerância	Unidade
Dimensões (L x C x A)	2.030 x 1.090 x 1.140	2.048 x 1.090 x 1.147	± 5 x 5 x 10	[mm]
Peso módulo (1 unidade)	21,50	21,70	± 5%	[kg]
Peso embalagem	70,50	70,50	± 10%	[kg]
Peso líquido (28 unidades)	602,00	607,6	± 10%	[kg]
Peso bruto total	672,50	678,10	± 10%	[kg]
Empilhamento máximo	1	1	-	[unidade]

Tabela 2 – dimensões da embalagem.

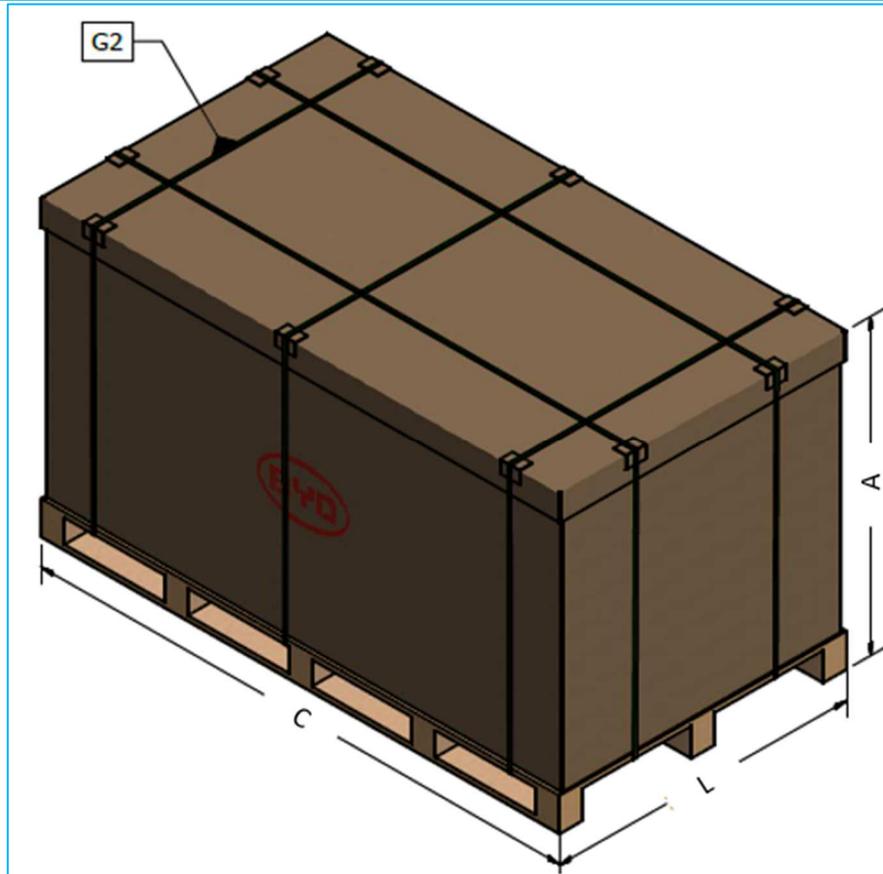


Figura 5 – Embalagem montada.

7.2. TRANSPORTE DO PRODUTO

Para o transporte da embalagem, favor observar os critérios abaixo:

- 7.2.1. Atentar para as informações logísticas inseridas na embalagem;
- 7.2.2. Não incline as caixas de embalagem em um ângulo superior a 15° durante o transporte;
- 7.2.3. Durante o processo de transporte, observar atentamente etiquetas de instrução “up” e “down” contidas nas caixas de embalagem, evitando assim, invertê-las durante o processo;
- 7.2.4. Os módulos devem ser transportados utilizando somente a embalagem original da BYD;
- 7.2.5. As embalagens deverão estar completamente fixas ao veículo que está realizando o transporte, de modo a evitar movimentação e possíveis impactos que danifiquem as embalagens e/ou módulos durante o transporte, perdendo assim a garantia fornecida pelo fabricante BYD;
- 7.2.6. Ao realizar o carregamento/descarregamento das embalagens, utilize o prolongador nos garfos da empilhadeira ou paleteira, posicionando-os do lado maior da embalagem, conforme Figura 6 e 7, evitando assim, danos a caixa e/ou dificuldades durante o transporte.

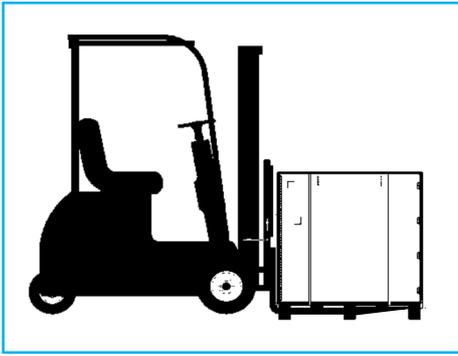


Figura 6 – Posicionamento da embalagem.

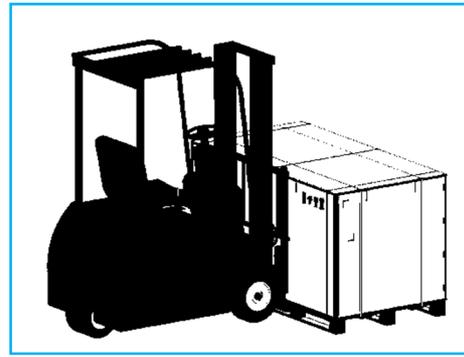


Figura 7 – Transporte da embalagem.

7.3. ARMAZENAMENTO DO PRODUTO

Para o armazenamento da embalagem, favor respeitar as observações a seguir:

- 7.3.1. Os módulos deverão ser armazenados na embalagem original BYD;
- 7.3.2. O empilhamento máximo permitido da embalagem **original BYD é de 01 unidade**;
- 7.3.3. As embalagens devem ser mantidas em locais planos e cobertos para proteção contra chuva e demais intempéries;
- 7.3.4. Quando retirados da embalagem, os módulos devem ser mantidos em local seguro, seco e ventilado, evitando impactos e incidência de raios solares ou luz artificial direta;
- 7.3.5. Após aberto e retirado da embalagem, garanta que o módulo seja mantido sempre com os conectores MC4 conectados (em curto-circuito).

8. MANUSEIO DOS MÓDULOS

Ao realizar o manuseio dos módulos BYD, sempre utilize os equipamentos de proteção individual (EPI) e siga os selos de observações para o correto manuseio dos produtos.

1

Figura 8 – Selos presentes na embalagem.

- Não utilizar os cabos, caixas de junção ou suportes para manuseio ou transporte dos módulos;
- Evitar impactos com superfícies ou outros materiais que possam causar riscos ou quebra do módulo;

- Não é permitido inserir cargas localizadas que causem pressão excessiva sobre a superfície do módulo, pois poderá causar micro trincas internas nas células fotovoltaicas, comprometendo assim o rendimento e durabilidade do produto;
- Não coloque os módulos em contato direto com o solo ou outra superfície rígida, sob risco de danificar o produto e comprometer seu correto funcionamento e durabilidade. Os produtos devem ser acomodados somente em superfícies contendo as devidas proteções (ex.: espuma ou papelão);
- Nunca conectar ou desconectar os módulos fotovoltaicos quando estes estiverem em processo de geração de energia;
- Não retire as tampas das caixas de junção e/ou viole as conexões internas dos diodos de “bypass”;
- O máximo empilhamento permitido estático para os módulos é de 28 unidades, desde de que seja realizado de forma segura e em um local plano, sendo necessário manter o correto alinhamento e utilizar espumas espaçadoras entre os módulos, evitando interferências que possam causar danos ao produto;
- Não é permitido pisar ou manter-se sentado ou em pé sobre a superfície dos módulos;
- Não realize a instalação de módulos danificados que ofereçam riscos de problemas funcionais, evitando assim, choques elétricos causados pelas partes internas dos produtos;
- Não realize o reparo do módulo fotovoltaico. Caso haja algum problema funcional no produto, encaminhe-o à empresa responsável para devida manutenção.

8.1. AMBIENTE DE INSTALAÇÃO

As células fotovoltaicas necessitam da luz solar para geração da corrente elétrica, sendo assim, o módulo deverá ser instalado em local aberto e condições normais de umidade e temperatura (Figura 9). Não é recomendado instalar o produto em locais fechados, próximos a materiais inflamáveis (Figura 10), locais submersos, próximos ao mar e/ou enxofre (fontes de enxofre: vulcões), pois isto expõe o módulo a risco de corrosões.

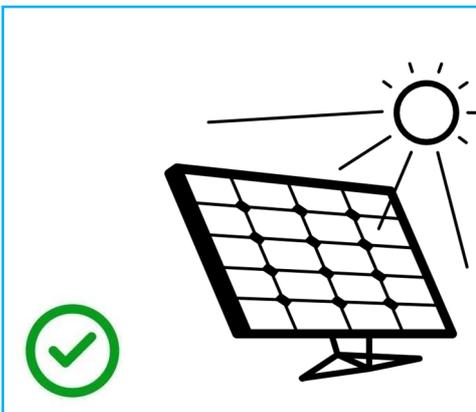


Figura 9 – Ambiente de instalação correto.

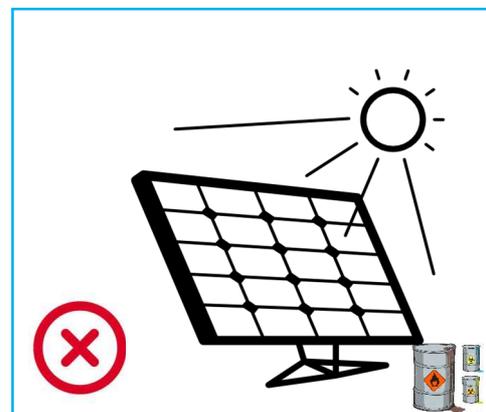


Figura 10 – Instalação em ambiente perigoso.

8.2. INCLINAÇÃO DO MÓDULO EM RELAÇÃO AO SOL

Para que haja um melhor aproveitamento da absorção dos raios solares pelas células, é necessário encontrar a melhor orientação/inclinação para os módulos. Para obter um maior rendimento, os raios solares devem atingir o módulo de forma perpendicular, sendo que, para cada região existe uma inclinação adequada. O melhor desempenho do arranjo fotovoltaico normalmente é obtido orientando-se para o equador com uma inclinação próxima à latitude do local. A Figura 11 demonstra as diferentes inclinações em relação ao sol. A Figura 12 mostra o rendimento do módulo conforme a orientação do sol. Acesse o site <http://www.cresesb.cepel.br> para maiores informações.

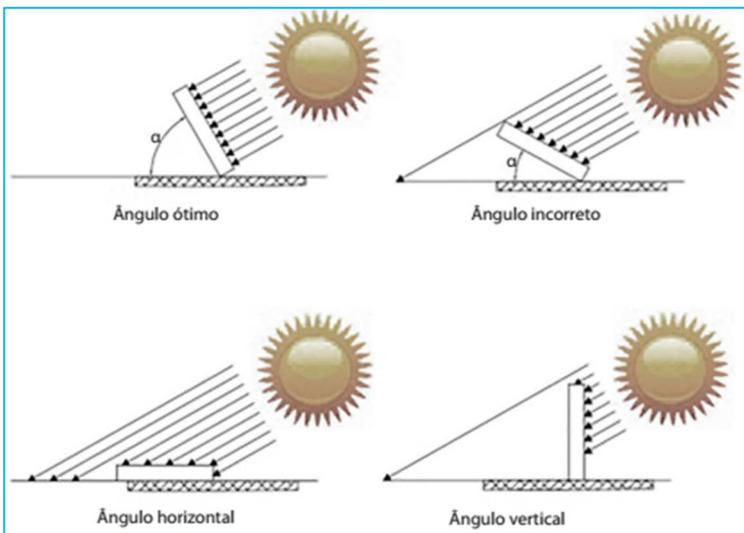


Figura 11 – Ângulos de inclinação do módulo.

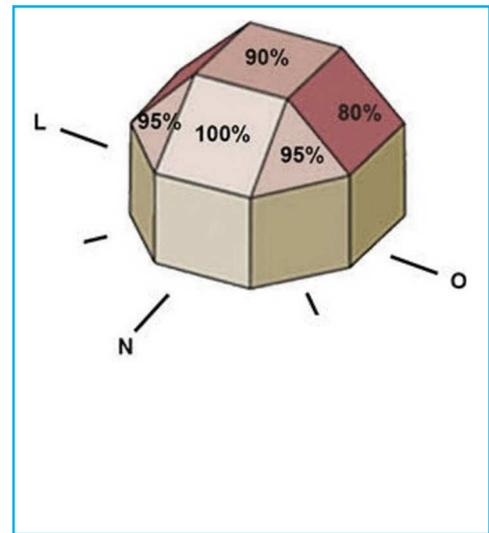


Figura 12 – Rendimento x Orientação.

8.3. SOMBREAMENTO

O sombreamento é um grande ofensor do módulo fotovoltaico, pois além de reduzir o rendimento do produto, pode reduzir a vida útil do mesmo se sujeito à condições extremas. Mesmo em tamanhos reduzidos, sombreamentos constantes causados por dejetos de pássaros, sujidade ou objetos, causam o efeito de *hot spot* (ou ponto quente), ou seja, quando as células afetadas são forçadas a uma polarização inversa, dissipando energia que pode causar sobreaquecimento, danificando o seu encapsulamento e degradando o desempenho de todo o módulo. À esquerda da Figura 13 mostra o comportamento correto do módulo e à direita é ilustrado algumas perdas causadas pelo sombreamento.

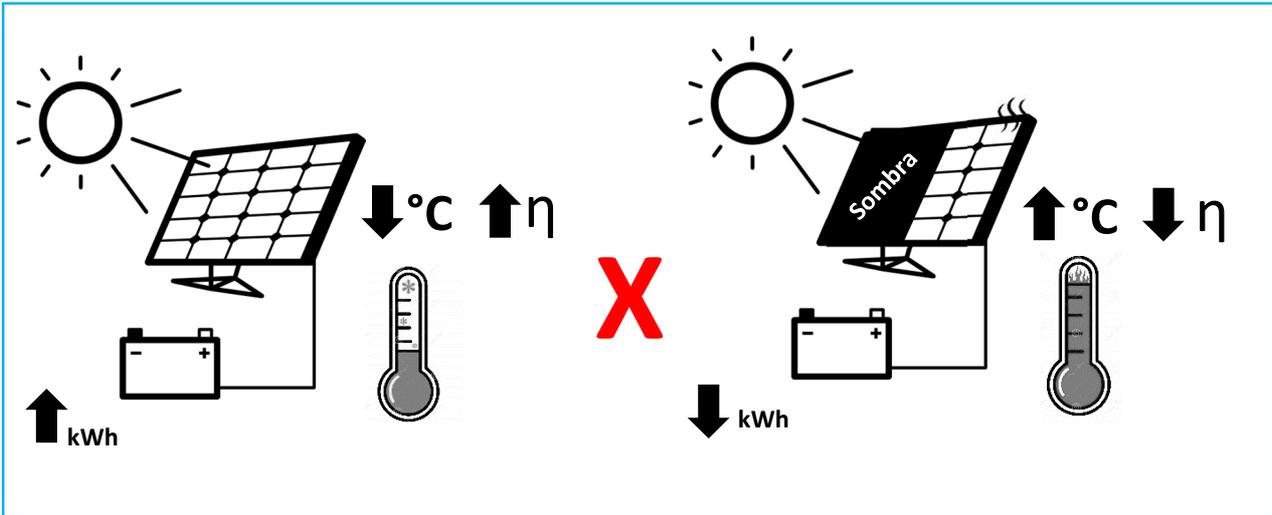


Figura 13 – Correto funcionamento do módulo VS perdas por sombreamento.



ATENÇÃO: Antes de projetar e instalar um sistema fotovoltaico, é necessário observar o grau de corrosão do ambiente conforme a norma ISO12944, garantindo assim, a aplicação dos materiais metálicos de forma correta e garantindo a vida útil do sistema. Não são permitidas quaisquer alterações nos furos da moldura de fixação do módulo. As alterações nos diâmetros dos furos, ou a criação de novos furos nos perfis, ocasionam a quebra do módulo e alterações nas propriedades de fixação do produto.

8.4. VENTILAÇÃO

Independentemente do local de instalação ou tipo de telhado, o módulo deverá ser instalado a uma distância mínima de 100mm da superfície, conforme Figura 14. O objetivo é a circulação de ar e evitar altas temperaturas na região inferior do módulo.



Figura 14 – Ambiente de instalação correto.

9. INSTALAÇÃO

- Antes de instalar os módulos, obtenha informações sobre quaisquer requisitos e aprovações necessárias para o local, instalação e inspeção junto das autoridades competentes.
- Fazer uma análise preliminar de avaliação dos tipos de telhados e estruturas de sustentação, quanto ao estudo de cargas para suportar a instalação de sistemas fotovoltaicos.

- Os módulos solares foram qualificados para Aplicação Classe A (equivalente à Classe de Requisitos de Segurança II). Módulos classificados nesta classe devem ser usados em sistemas operacionais de tensão acima de 50 V ou potência acima de 240 W.
- Ao instalar os módulos, certifique-se de que a superfície seja resistente ao fogo. Os Módulos da BYD são eficazes contra exposições de teste de fogo leve (Classe C – UL790).
- O módulo destina-se ao uso em climas abertos ao ar livre, conforme definido na IEC 60721-2-1: Classificação das condições ambientais Parte-2-1: Condições ambientais que aparecem na natureza - Temperatura e umidade.

9.1. REQUISITOS DE INSTALAÇÃO

- Certifique-se de que o módulo atenda aos requisitos gerais do sistema técnico (tensão, potência, etc.)
- Certifique-se de que outros componentes do sistema não danifiquem o módulo mecanicamente ou eletricamente.
- Ligue apenas a quantidade de módulos que corresponda às especificações de tensão dos inversores utilizados no sistema.
- Número máximo de duas strings pode ser conectado em paralelo sem a necessidade de incorporar um dispositivo de proteção de sobrecorrente (fusíveis, etc.) em série dentro de cada string. Três ou mais strings podem ser conectadas em paralelo se um dispositivo de proteção de sobrecorrente certificado e apropriado for instalado em série dentro de cada string.
- Somente módulos com características elétricas similares devem ser conectados na mesma string para evitar efeitos de incompatibilidade em matrizes.
- A inclinação vai depender do projeto, mas elas devem acompanhar a latitude do local de instalação.
- Os módulos necessitam estar orientados para a face norte ou leste/oeste, conforme o projeto, desta forma aproveitando o máximo da incidência da luz do sol durante o dia.
- É fundamental ficar atento ao tipo de telha, porque determinará o sistema de fixação dos painéis fotovoltaicos.
- É necessário ficar atento a possíveis interferências no telhado, por exemplo, se houver chaminés ou caixas d'água, eles podem fazer sombra nos módulos, interferindo diretamente no funcionamento.
- Para dimensionar o fusível de proteção, consultar o valor nominal da corrente máxima do fusível no *datasheet* do módulo.
- Os módulos devem ser fixados com segurança para suportar todas as cargas esperadas, incluindo cargas de vento e neve. Uma distância mínima de 6,5 mm entre os módulos é necessária para permitir a expansão térmica dos frames.

10. MÉTODOS DE INSTALAÇÃO

Aconselhamos os usuários a usar métodos de instalação como na seção 10.1, devido a sua maior resistência às forças exercidas nos módulos pelas intempéries da natureza (chuva, neve, vento).

Sistema	Método	P_{\max} para baixo	P_{\max} para cima
Parafuso	Pelo Frame Longo	5400 Pa	2400 Pa
Grampo	Pelo Frame Longo	5400 Pa	2400 Pa
Grampo	Pelo Frame Curto	1000 Pa	1000 Pa

Tabela 3 – Relação de forças suportadas pelo método de instalação utilizado.

10.1. MÉTODO DE INSTALAÇÃO PELO FRAME LONGO

Este método, por reduzir a área em balanço mais ao centro do módulo, acaba tendo melhor desempenho com relação à resistência em geral.

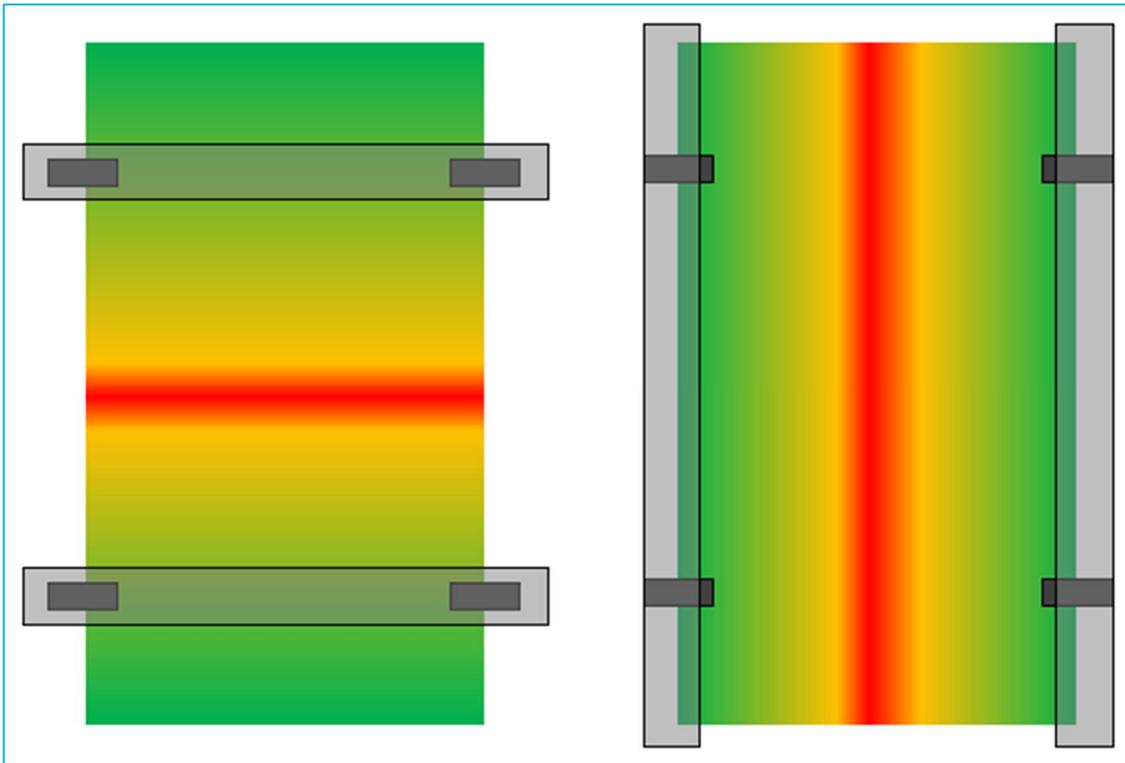


Figura 15 – Método de instalação pelo Frame Longo: exemplos de análise de estresse.

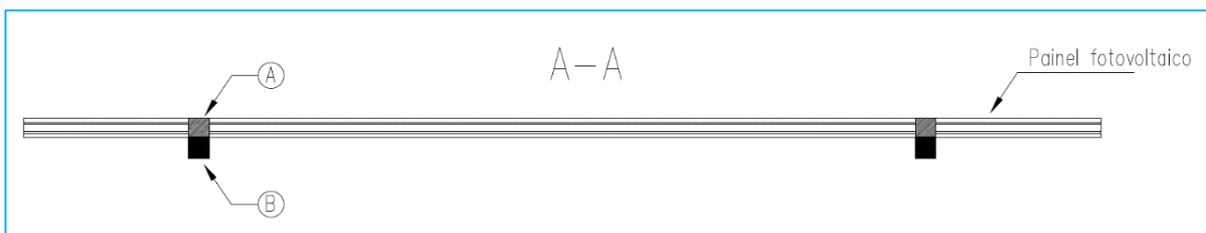


Figura 16 – Método de instalação pelo Frame Longo vista lateral.



Figura 17 – Exemplo de instalação pelo Frame Longo.

10.2. MÉTODO DE INSTALAÇÃO PELO FRAME CURTO

Este método expõe o painel a tensões elevadas na região central, região vermelha nas imagens a seguir, devido à distância entre os pontos de apoio ser maior. Se exposto às mesmas condições físicas que um módulo fixado pelo método anterior, esse painel terá uma performance mecânica reduzida, conforme a Tabela 3.

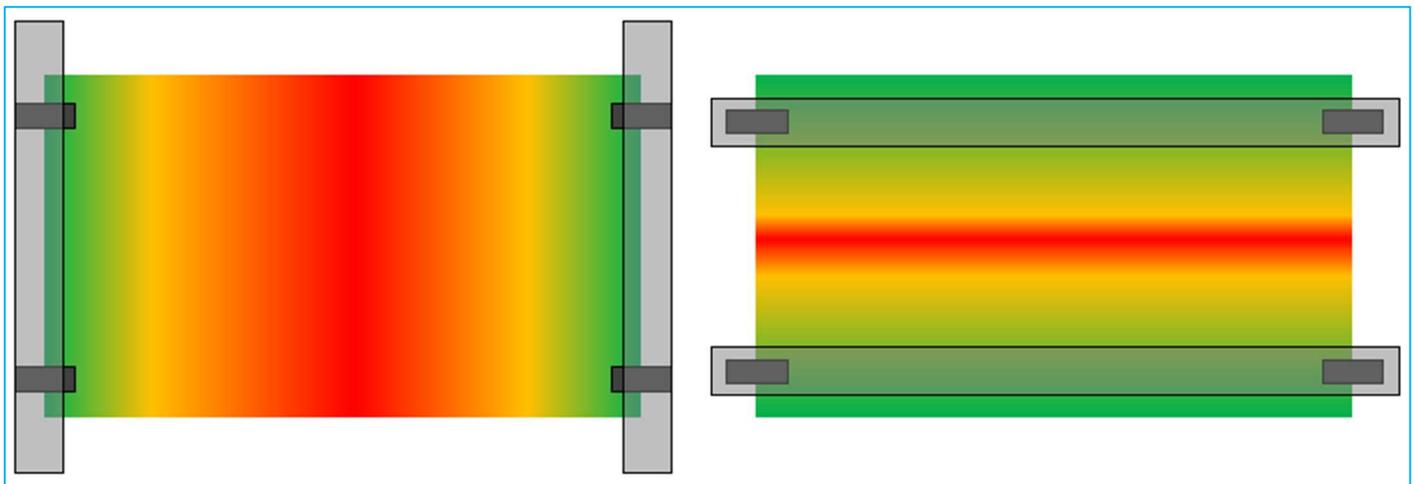


Figura 18 – Método de instalação pelo Frame Curto: exemplos de análise de estresse.

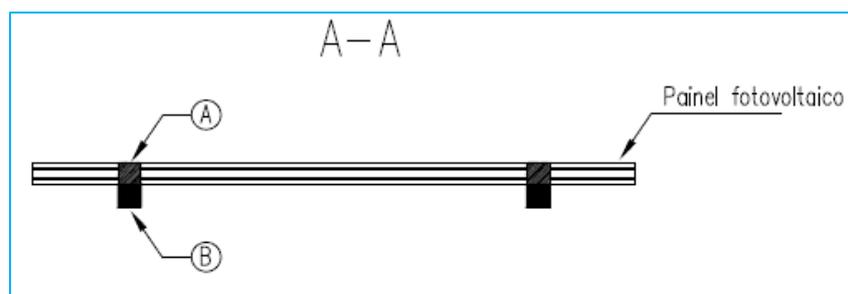


Figura 19 – Método de instalação pelo Frame Curto vista lateral.



Figura 20 – Exemplo de instalação pelo Frame Curto.



ATENÇÃO: a carga máxima que pode ser depositada sobre o painel **varia**, de acordo com o **método de instalação** utilizado, de acordo com a **Tabela 3**. Caso a carga seja superior ao recomendado, o produto automaticamente perderá a garantia.

11. SISTEMAS DE FIXAÇÃO

11.1. FIXAÇÃO COM PARAFUSOS

Há duas posições para fixação do módulo por meio de parafusos, representados na Figura 21 por **CF** e **cf**. Uma carga de até 5400Pa pode ser suportada ao se utilizar todas as posições de fixação.

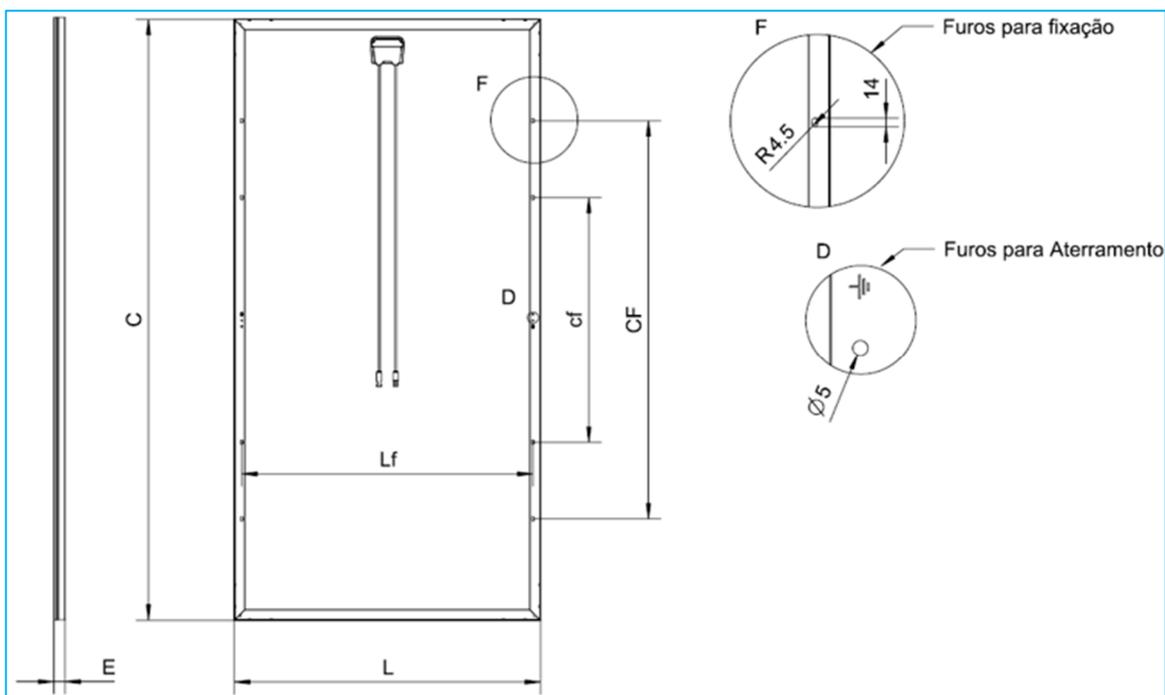


Figura 21 – Fixação por parafusos padrão.

A Tabela 4 apresenta as dimensões dos módulos convencionais Single Glass.

Módulos/Dimensões	P6K	M7K
C	1962	1978
L	992	999
E	35	35
Lf	942 ~ 952	949 ~ 959
cf	800	800
CF	1300	1300

Tabela 4 – Dimensões dos modelos de módulos.

11.2. FIXAÇÃO COM GRAMPOS

O uso de grampos padrão feitos de alumínio são recomendados, e sua estrutura **não deve** cobrir as células. Se um módulo é instalado com grampos seguindo o **método de instalação pelo Frame Longo** do quadro, os mesmos podem ser instalados como demonstrado na Figura 22, a 300mm (± 100) da borda do painel, recomenda-se a região entre os dois furos presentes para a fixação por parafusos (Figura 23), e quanto mais perto das bordas, menor sua capacidade de carga aplicada.

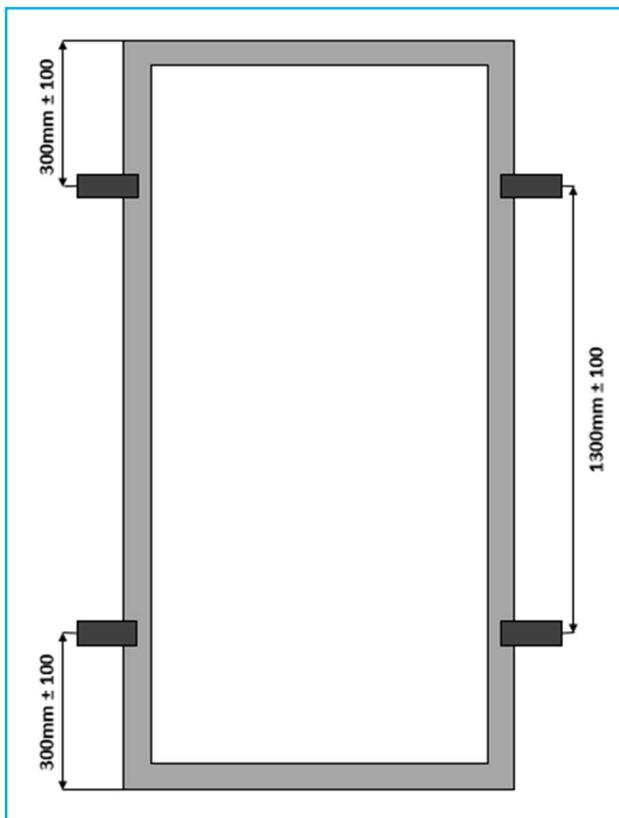


Figura 22 – Localização do grampo de fixação.

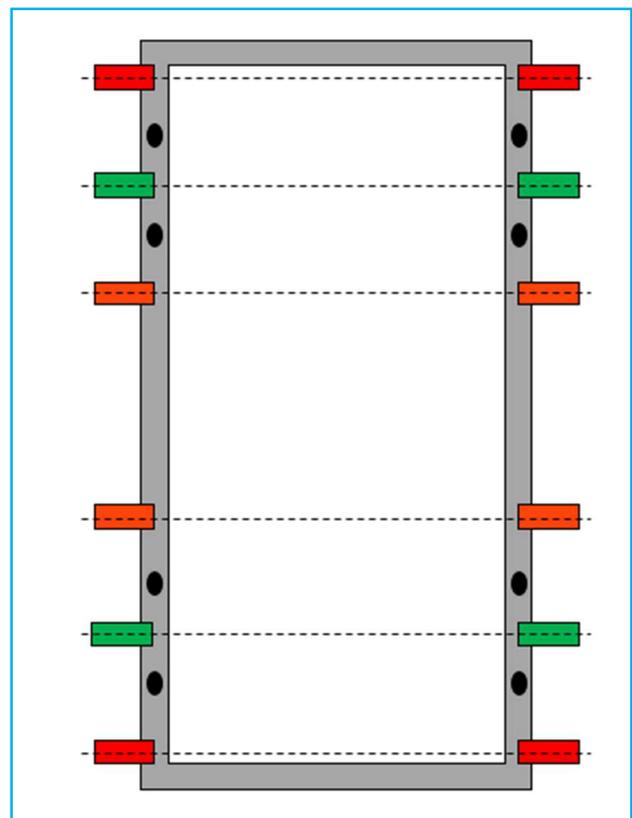


Figura 23 – Regiões de Ponto Ótimo e Crítico.

Já para o **método de instalação pelo Frame Curto** do painel, os grampos podem ser instalados como demonstrado na Figura 23, a 150mm (± 100) da borda do painel, recomenda-se o uso da distância de 650 a 550mm entre os dois grampos (Figura 24), e quanto mais perto das extremidades, menor sua capacidade de carga aplicada.

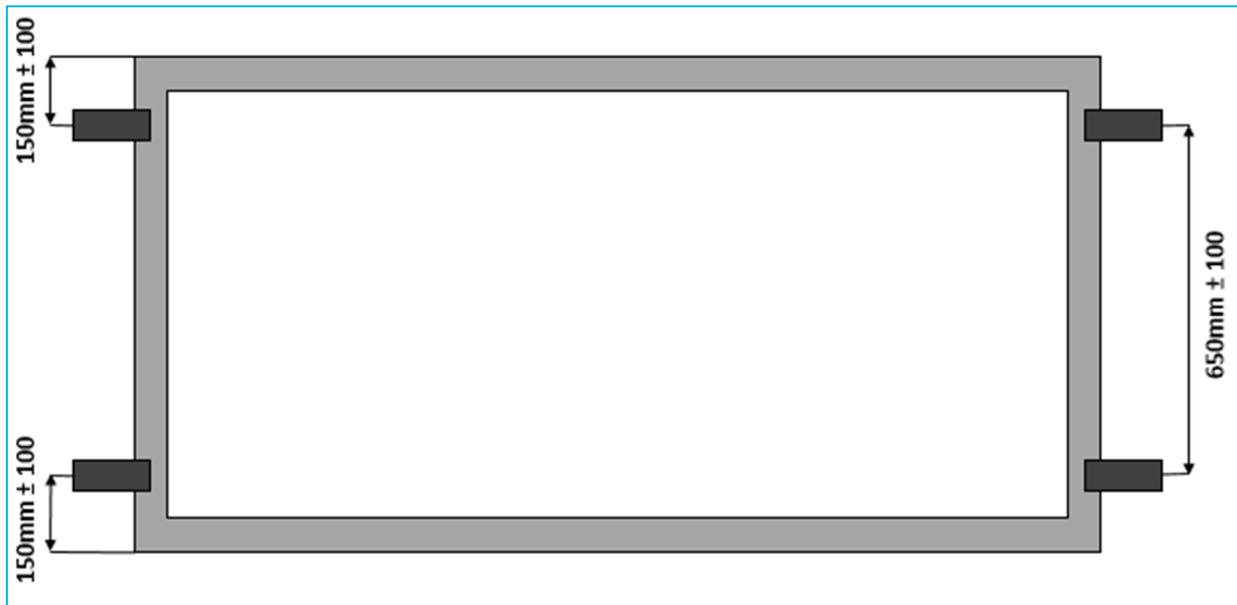


Figura 24 – Localização do grampo de fixação.

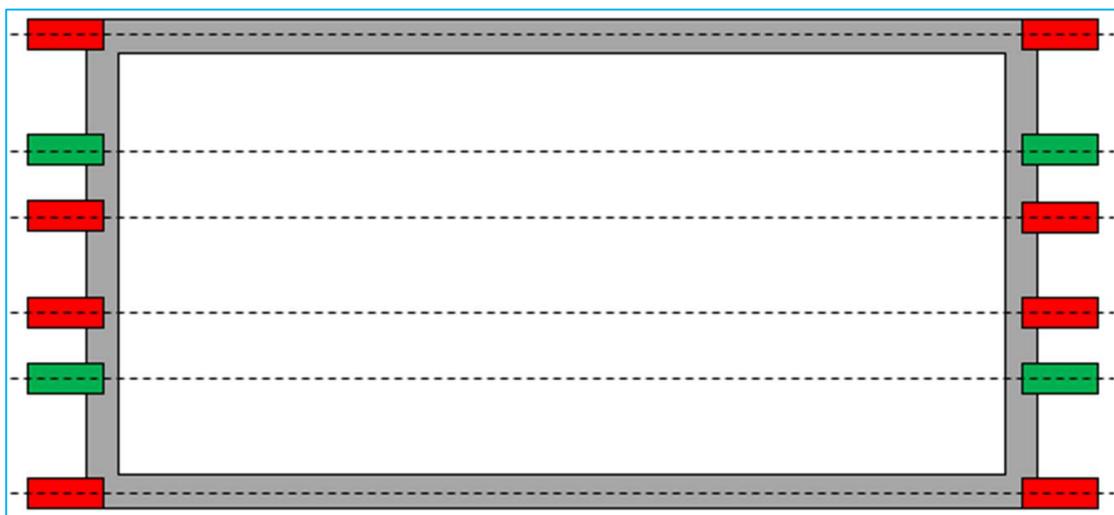


Figura 25 – Regiões de ponto ótimo e crítico.



ATENÇÃO!

- Não cobrir a parte frontal das células, deste modo gerando sombreamento e diminuindo a eficiência do módulo.
- Não sobrepor os furos de aterramento do lado traseiro do módulo.

12. ATERRAMENTO

Os módulos da BYD são compostos por silicones e polímeros de alta resistência elétrica, porém recomenda-se o aterramento individual, sendo necessário aterrar a sua estrutura metálica, conforme demonstrado na Figura 26. Sobrecorrentes em um arranjo fotovoltaico podem ser resultado de faltas à terra nos condutores. Para um correto projeto de aterramento, é importante levantar algumas informações, como:

- Análise da medida da resistividade do solo;
- Cálculo dos limites permitidos de tensão de toque e passo;
- Estudo da corrente de curto-circuito máxima do sistema;
- Verificação da performance do sistema de aterramento e segurança;
- Projeto do aterramento e/ou SPDA;
- Verificar a NBR 5419-2 e NBR 5419-3;

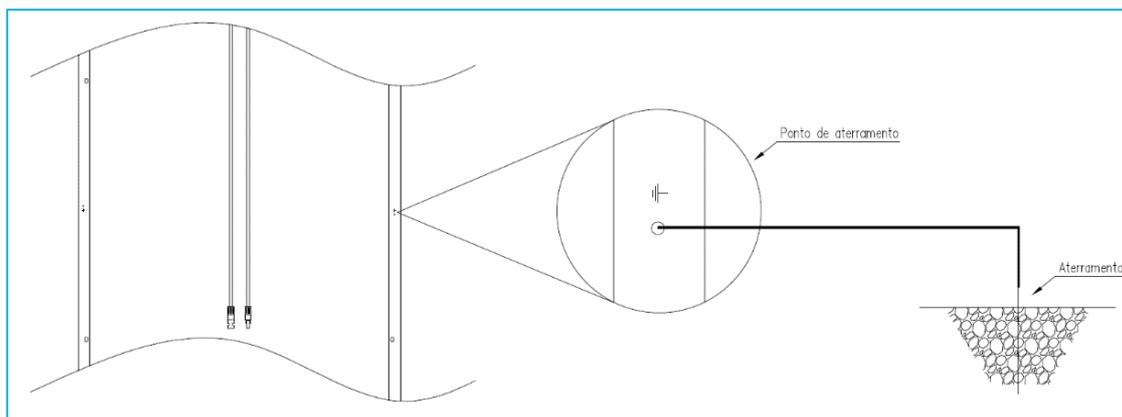


Figura 26 – Esquema de ligação à terra.

Além de seguir as normas e padrões de instalações/proteções elétricas e também as normas da concessionária do local onde será instalado.

13. CONEXÃO E CABEAMENTO

13.1. CONECTORES DOS MÓDULOS

Os módulos da BYD são compostos por uma caixa de junção (Figura 27), onde há um conector macho (Figura 28) e outro fêmea (Figura 29).

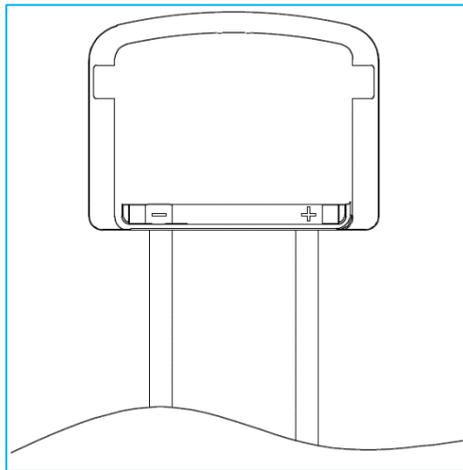


Figura 27 – Caixa de junção.

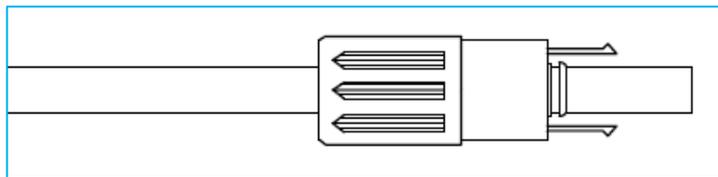


Figura 28 – Conector MC-04 (Macho).

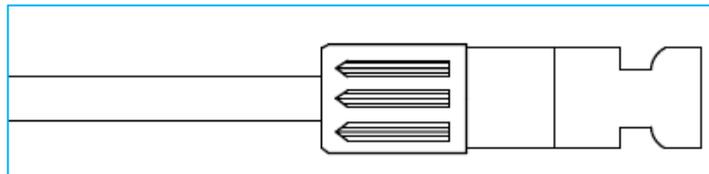


Figura 29 – Conector MC-04 (Fêmea).

A Tabela 5 demonstra as características dos conectores elétricos dos conectores utilizados.

Características elétricas	
Tensão máxima de isolamento	1500 V
Corrente nominal	15 A
Seção transversal do fio	4 mm ²
Tipo de conector	MC-04
Grau de proteção	IP67

Tabela 5 – características elétricas dos conectores.

13.2. CABOS DOS CONECTORES

Os cabos não devem ser dobrados ou esmagados, deverão ser encaixados de modo a evitar tensões no condutor ou nas ligações. Deve-se manter um raio de curvatura no cabo (mínimo $R \geq 4 \times$ diâmetro do cabo), como mostrado nas Figuras 30 e 31.

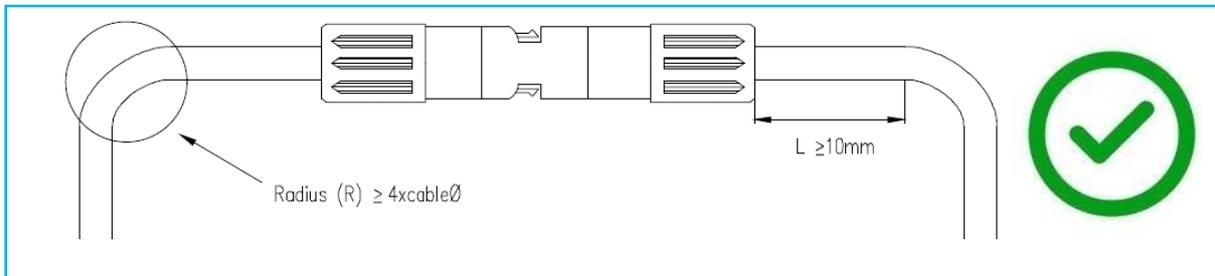


Figura 30 – Raio de curvatura correto.

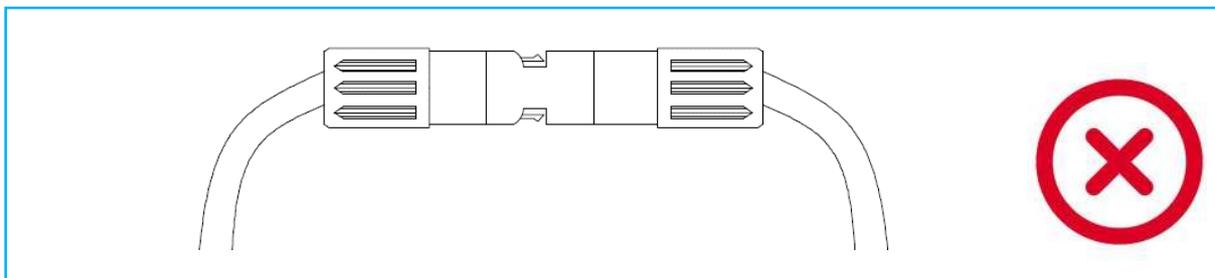


Figura 31 – Raio de curvatura incorreto.

13.3. DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES (CABOS)

O dimensionamento dos condutores do arranjo fotovoltaico afeta diretamente na queda de tensão sob condições de carga. Todos os cabos de um sistema fotovoltaico devem estar dimensionados de forma a diminuir o risco de superaquecimento e incêndio. Esta queda de tensão pode ser particularmente significativa em arranjos com baixa tensão e alta corrente de saída.

Sob condições de carga máxima, recomenda-se a queda de tensão não seja superior a 3% da tensão do arranjo fotovoltaico em seu ponto de máxima potência (nas STC). Os condutores utilizados dentro do arranjo fotovoltaico devem ser adequados para aplicações em corrente contínua, ter tensão nominal igual ou superior à tensão máxima do arranjo, ser dimensionado para a temperatura de operação de acordo com a aplicação, dentre outros requisitos.

14. TIPOS DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Os módulos da BYD podem ser ligados em série para aumentar a tensão ou em paralelo para aumentar a corrente.

14.1. INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS EM SÉRIE

Para realizar a ligação dos módulos em série, conecte os cabos do terminal positivo com o terminal negativo do módulo seguinte, conforme demonstrado na Figura 32. Essa ligação necessita o uso de cabos de retorno.

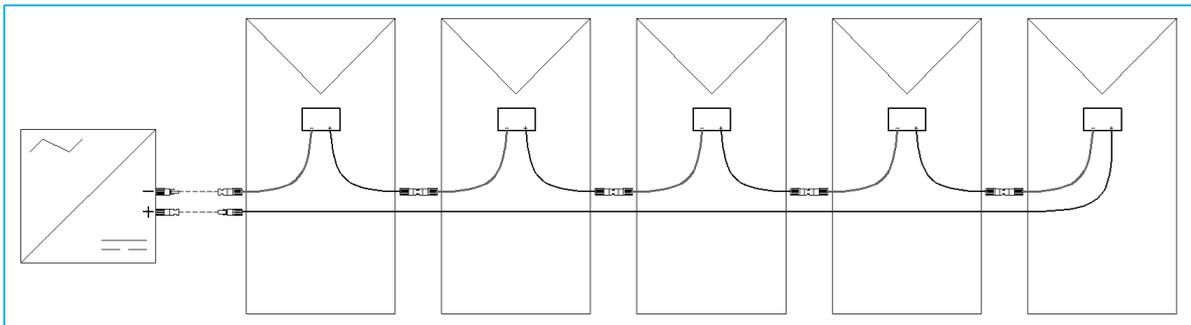


Figura 32 – Instalação dos módulos em série.

Onde:

$$V_{nominal} = V_{mp1} + V_{mp2} + \dots + V_{mpn} \quad (I)^*$$

$$I_{nominal} = I_{mp1} = I_{mp2} = \dots = I_{mpn} \quad (II)**$$



ATENÇÃO!

* - Cálculo levando em conta a tensão de circuito aberto (Voc) do datasheet, atentar para o coeficiente térmico da tensão, e principalmente para a sobretensão, explicada na seção 17.1.

** - Cálculo levando em conta a corrente de curto circuito (Isc) do datasheet, lembrar do coeficiente de térmico da corrente.

14.2. INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS EM PARALELO

Para estabelecer a ligação em paralelo, conecte os cabos do terminal positivo no terminal positivo do módulo seguinte. Conforme demonstrado na Figura 33.

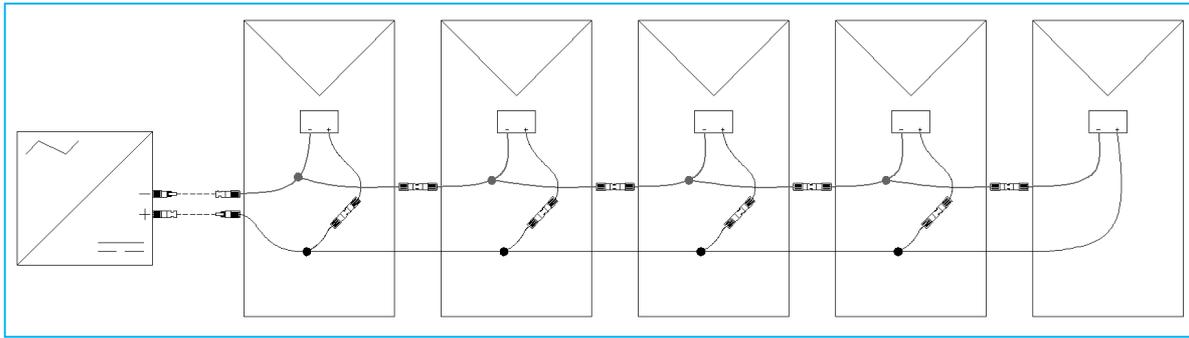


Figura 33 – Instalação dos módulos em paralelo.

Onde:

$$V_{nominal} = V_{mp1} = V_{mp2} = \dots = V_{mpn} \quad (III)^*$$

$$I_{nominal} = I_{mp1} + I_{mp2} + \dots + I_{mpn} \quad (IV)^{**}$$



ATENÇÃO!

* - Cálculo levando em conta a tensão de circuito aberto (Voc) do datasheet, atentar para o coeficiente térmico da tensão, e principalmente para a sobretensão, explicada na seção 17.1.

** - Cálculo levando em conta a corrente de curto circuito (Isc) do datasheet, lembrar do coeficiente de térmico da corrente.

14.3. INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS EM LEAP FROG

Uma maneira eficiente de realizar as conexões é conhecida como “*leap frog*”. Esse modo de ligação, ilustrado na Figura 34, é possível reduzir o custo com cabos elétricos nas instalações. As conexões de ida e volta são realizadas com os próprios cabos dos módulos fotovoltaicos, evitando o uso de cabos de retorno.

Em vez de ligar os módulos em sequência, que é o modo convencional, ligamos os módulos dando um salto, pulando sempre um módulo. No final da ligação voltamos ao mesmo ponto e as terminações do circuito série ficam próximas.

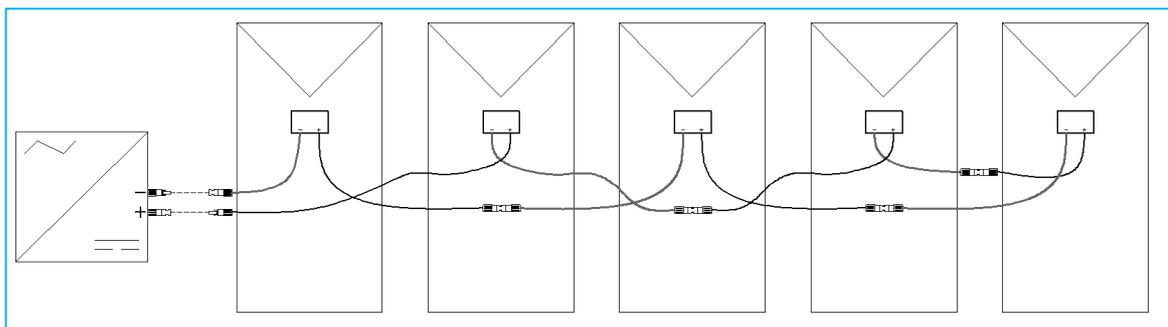


Figura 34 – Instalação dos módulos em Leap Frog.

Onde:

$$V_{nominal} = V_{mp1} + V_{mp2} + \dots + V_{mpn} \quad (I)^*$$

$$I_{nominal} = I_{mp1} = I_{mp2} = \dots = I_{mpn} \quad (II)**$$



ATENÇÃO!

* - Cálculo levando em conta a tensão de circuito aberto (Voc) do datasheet, atentar para o coeficiente térmico da tensão, e principalmente para a sobretensão, explicada na seção 17.1.

** - Cálculo levando em conta a corrente de curto circuito (Isc) do datasheet, lembrar do coeficiente de térmico da corrente.

15. DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

O número máximo de módulos conectados em série depende do projeto do sistema fotovoltaico, do tipo de inversor utilizado e também das condições ambientais.



O limite de temperatura superior para os conectores é de 90°C.

Não há limitação geral no número de módulos conectados em paralelo, mas o número de módulos é determinado por parâmetros de projeto do sistema, como corrente ou saída de energia. Em cada conjunto fotovoltaico conectado em paralelo, deve-se instalar um circuito de proteção.

Para evitar que os cabos e os conectores sobreaqueçam, a seção transversal dos cabos e a capacidade dos conectores devem ser selecionados de acordo com a corrente máxima de curto-circuito do sistema.

15.1. CÁLCULO DE SOBRETENSÃO NO INVERSOR

O cuidado com as proteções elétricas dentro de um sistema fotovoltaico é muito crítico, a falta de algumas margens de segurança pode causar danos e/ou queima, principalmente do inversor. Para evitar isso, os *datasheets* dos módulos vêm com algumas informações importantes para o dimensionamento do inversor.

Os coeficientes de temperatura são um parâmetro crucial no dimensionamento de arranjos fotovoltaicos, no caso abordado neste manual, será falado principalmente do coeficiente de tensão negativo. Por ele ser inversamente proporcional à temperatura, deve-se atentar aos dias frios, que desencadeiam um aumento na tensão do módulo, que, dependendo da temperatura e irradiância do local, pode fazer com que um inversor mal dimensionado venha a falhar.

Prosseguindo com um exemplo simples do dimensionamento de um inversor. Usando as informações do *datasheet*, obtém-se os coeficientes para uma temperatura de **25°C**, como exemplo, será usado o módulo **BYD400M7K-36-5B**, que tem seu coeficiente térmico de tensão **-0,28%/°C**. Um módulo desse tem $V_{oc} = 50V$ em STC (*Standard Test Conditions*).

Dados disponíveis até o momento:

- Coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto = $-0,28\%/^{\circ}C$
- $V_{oc} = 50V$
- Coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto traduzido para volts = $-0,14V/^{\circ}C$
 - A cada $+1^{\circ}C$ o módulo perde **0,14V (em NOCT)**
 - A cada $-1^{\circ}C$ o módulo ganha **0,14V (em NOCT)**
- **NOCT: temperatura da célula 25°C, irradiância 1000W/m²**

Seguindo com o exemplo, agora com todos os valores necessários, pode-se ter uma noção do quanto isso pode afetar o equipamento. Em um dia que faz $20^{\circ}C$, o módulo pode estar com $0,7V$ a mais. Agora, expandindo esse pensamento para 10 módulos em série, já se tem uma elevação de $7V$ no sistema, extrapolando para um sistema maior como uma usina, as tensões podem ser incrivelmente altas, e o inversor precisa ter uma faixa de sobretensão do sistema calculada, para evitar qualquer tipo de problema no equipamento, ou até mesmo, prevenir acidentes e incêndios.

16. MANUTENÇÃO E CUIDADOS

O módulo em si é considerado o principal ativo do sistema de geração de energia fotovoltaica. Para que o produto funcione de forma correta, é necessário que os raios solares sejam totalmente captados pelas células fotovoltaicas. Sendo assim, a superfície do módulo deverá ser mantida isenta de qualquer tipo de mancha, corpos estranhos ou sujeira que possam causar sombras nas células, caso contrário, o módulo não irá operar em sua potência máxima projetada.

16.1. LIMPEZA DOS MÓDULOS

A limpeza do módulo fotovoltaico é parte fundamental no processo de manutenção, sendo assim, deve ser realizada de forma muito cuidadosa, levando em consideração alguns fatores importantes como os intervalos do processo de limpeza e também os produtos e equipamentos utilizados para correta remoção da sujeira da superfície, garantindo assim, o desempenho do produto conforme projetado.





Não é permitido a utilização de produtos que contêm álcool ou aditivos em sua composição, pois tendem a deixar manchas na superfície do produto, estas por sua vez comprometem a captação da luz solar pelas células e consequentemente a potência gerada pelo módulo.

O momento correto do dia para realização deste processo é no início da manhã ou final da tarde, quando os módulos apresentam uma menor temperatura em sua superfície. Evitando possíveis danos causados ao vidro devido ao choque térmico, ou seja, o contato da água fria com a alta temperatura presente na superfície do módulo.



Cuidado ao utilizar equipamentos de limpeza que exerçam contato direto e pressões excessivas nas superfícies do produto, pois podem ocasionar danos ao módulo. Estes danos vão desde riscos nos vidros causado pelo efeito de abrasividade, até o comprometimento dos componentes do módulo, incluindo trincas e microfissuras nas células fotovoltaicas.

Para realização da limpeza do módulo, utilize água limpa com uma diferença de temperatura de $\pm 10^{\circ}\text{C}$ em relação a temperatura do módulo, uma escova macia de lã ou fibra sintética não abrasiva para eliminação das manchas e sujeiras.

Em caso de utilização de equipamentos de pressão, regule a pressão da água entre 500 a 700Pa a fim de evitar danos à superfície de vidro, perda da taxa de transparência da luz e danos aos elementos de vedação.



Para realização do processo de limpeza, deve-se seguir as recomendações abaixo:

- O processo de limpeza dos módulos deverá ser realizado a cada ano. Lembrando que, este intervalo poderá ser reduzido dependendo do ambiente em que os produtos estejam instalados, ou seja, em um ambiente onde haja grande incidência de poeira, dejetos, folhas e outros objetos, o intervalo deverá ser reduzido para evitar a perda de eficiência do sistema.
- Antes de realizar a limpeza, certifique que não há riscos ou fissuras na superfície do módulo. Caso haja alguma fissura ou risco, informe o instalador ou o provedor de serviços de manutenção;

- Não use relógio, joias ou acessórios que possam causar riscos ou fissuras no módulo durante a limpeza;
- Não utilize ferramentas rígidas para realização da limpeza do módulo. O processo de raspagem na superfície do módulo, causam riscos nos vidros e comprometem a transmissão da luz para as células;
- Não utilize produtos que contém álcool, hidróxido de sódio, benzeno, diluente nitro, ácido, produtos alcalinos, aditivos ou qualquer outro produto químico em sua composição. Estes produtos tendem a deixar manchas na superfície do produto, que comprometem a captação da luz solar pelas células fotovoltaicas e conseqüentemente a potência gerada pelo módulo.



Atenção: Qualquer atenuação de energia causada pelo uso de produtos e/ou procedimentos incorretos no processo de manutenção e limpeza dos módulos, ocasionarão em garantia improcedente pelo fabricante.



SAC: 0800 351 4255