



# GUIA DE APLICAÇÃO PARA A PROTEÇÃO DE **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS ELÉTRICOS



## INTRODUÇÃO

Fundada em 1991, a CLAMPER é uma empresa inovadora, especializada em soluções técnicas para proteção de equipamentos e sistemas contra raios e surtos elétricos.

Os sistemas fotovoltaicos evoluíram muito ao longo dos últimos anos, atingindo a maturidade em termos de confiabilidade, vida útil, além da grande vantagem de serem sustentáveis.

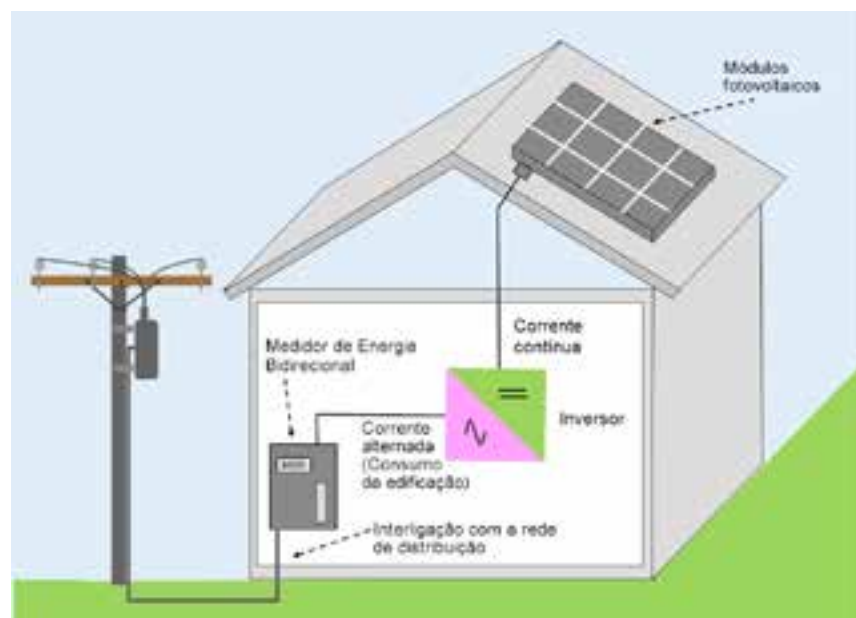
Como todo sistema elétrico, os sistemas fotovoltaicos estão sujeitos a surtos elétricos provocados por descargas atmosféricas ou chaveamento de cargas no sistema de distribuição da concessionária. Surge, então, a necessidade da utilização de Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS).

## COMO OS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS FUNCIONAM

Sistemas fotovoltaicos têm como objetivo a conversão direta de energia solar em energia elétrica. Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR) são formados basicamente por módulos fotovoltaicos e inversor. Os sistemas isolados, utilizados em locais sem rede pública de distribuição de energia elétrica, possuem, além dos módulos e do inversor, controlador de carga e baterias. As funções de cada um destes itens serão apresentadas a seguir:

- **Módulos fotovoltaicos:** responsáveis por transformar a energia solar diretamente em eletricidade. São utilizados um ou mais módulos, sendo a quantidade dimensionada de acordo com a energia a ser gerada.
- **Inversor:** responsável pela conversão da corrente contínua, originada nos módulos fotovoltaicos (ou das baterias), em corrente alternada com as características da rede elétrica.
- **Controlador de carga:** destinado a evitar sobrecarga ou descarga excessiva nas baterias, preservando a vida útil e o desempenho das mesmas.
- **Baterias:** armazenam a energia elétrica para que o sistema possa fornecer energia quando não há sol.

Neste Guia são abordados aspectos da proteção de SFVCR de pequeno porte, instalados em edificações como o ilustrado na **Figura 1**, e também de sistemas de grande porte (usinas fotovoltaicas - UFV).



Como se observa na **Figura 1**, a energia fornecida pelo SFVCR é injetada diretamente na rede elétrica da edificação, sendo utilizada pelos aparelhos elétricos da mesma.

Caso não seja consumida na edificação, a energia é medida (medidor bidirecional), enviada para a rede da distribuidora e contabilizada como crédito em quilowatt-hora (kWh).

**Figura 1:** Ilustração simplificada dos componentes de um SFVCR instalado em uma edificação.

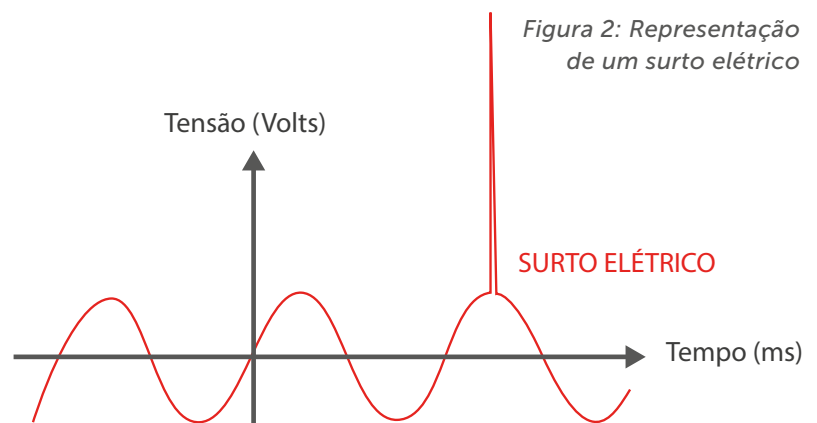
## SURTOS ELÉTRICOS

A operação de sistemas eletrônicos pode ser severamente afetada em função da ocorrência de surtos elétricos provocados por descargas atmosféricas ou eventos de chaveamento no sistema elétrico de potência.

Esses fenômenos causam, por um período curto de tempo, uma elevação brusca na tensão nominal do sistema, como ilustrado na **Figura 2**, com consequências muitas vezes devastadoras.

As descargas atmosféricas podem causar surtos elétricos tanto em sistemas de energia elétrica quanto em sistemas de telecomunicações, possuindo correntes que podem ultrapassar 200 kA.

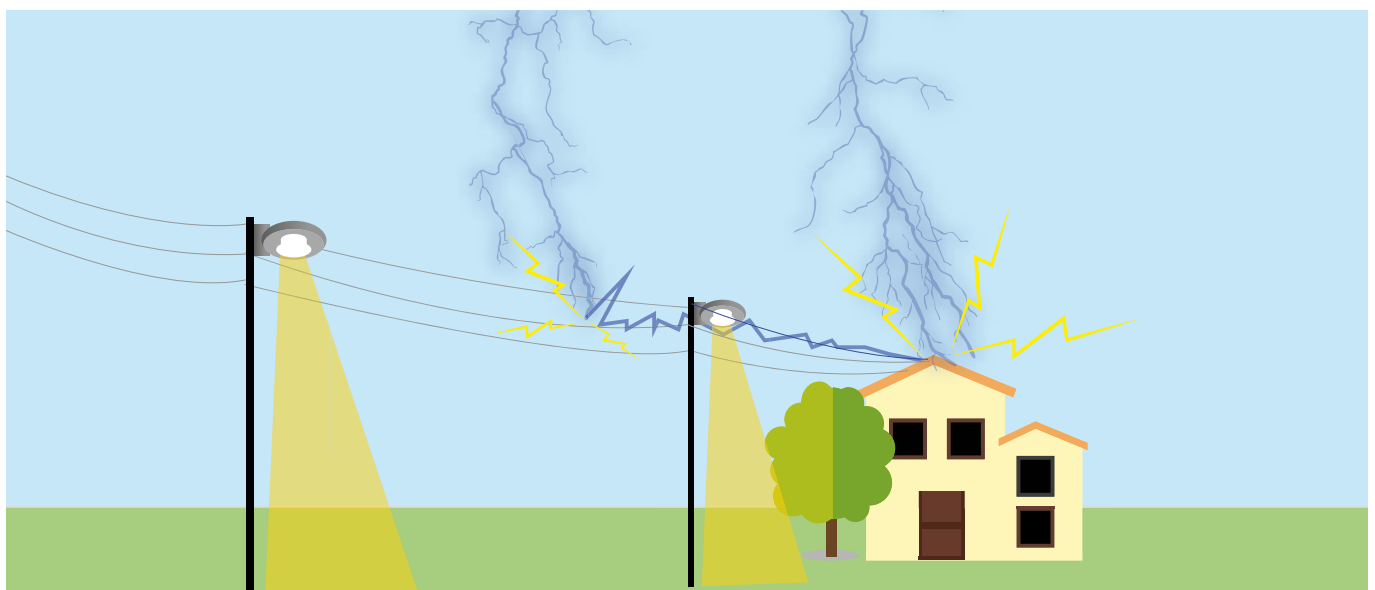
Do ponto de vista da avaliação dos efeitos das descargas atmosféricas (raios), sobre esses sistemas, existem duas situações a serem consideradas:



### 1. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DIRETAS

Ao atingir diretamente as instalações ou à rede elétrica (*ver Figura 3*), a descarga se propaga, estabelecendo valores elevados de sobretensões em diferentes pontos da instalação em função das impedâncias dos caminhos percorridos.

Quando uma descarga atmosférica atinge uma edificação sem SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas), as correntes buscarão caminhos alternativos para a terra, gerando sobretensões ao longo de toda edificação e deixando um rastro de danos, inclusive com possibilidade de incêndio.



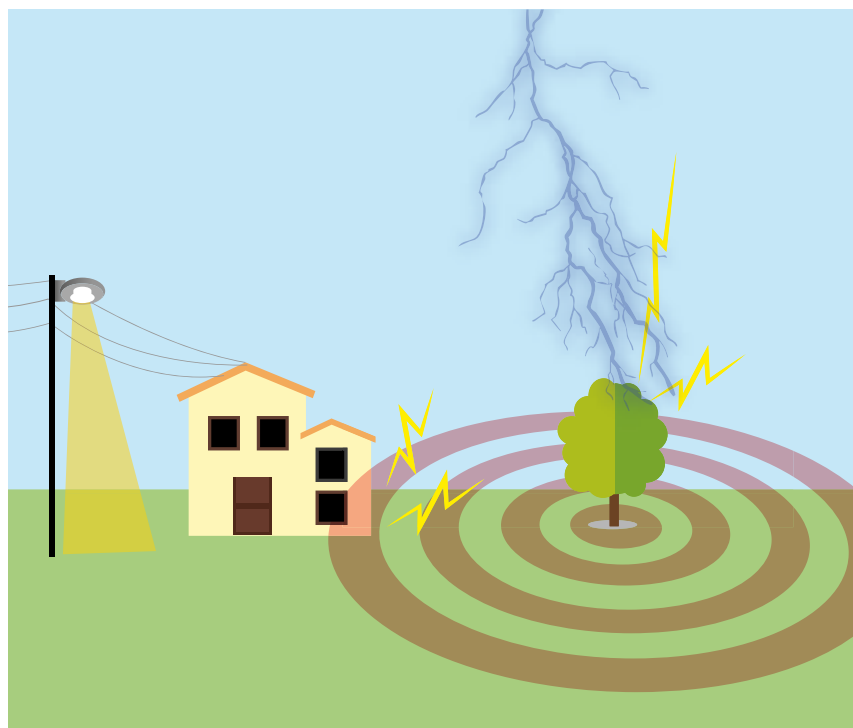
*Figura 3 - Propagação da descarga atmosférica direta.*

No entanto, quando atingem uma edificação devidamente protegida com SPDA, as correntes serão conduzidas através de caminhos pré-determinados para o sistema de aterramento. Durante este trajeto, serão induzidas sobretensões transitórias ao longo da instalação em função de acoplamentos resistivos, capacitivos e indutivos.

Nos locais onde as redes são aéreas, descargas atmosféricas nas linhas de distribuição de energia elétrica de média e alta tensão são bastante comuns. Nessas situações as elevações de potenciais, resultantes da operação dos pára-raios de média tensão, provocam sobretensões no lado de baixa tensão, muitas vezes superior aos valores suportados pelos equipamentos instalados nas proximidades.

## 2. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS INDIRETAS

Quando a descarga atmosférica atinge as proximidades de uma instalação ou linha elétrica, a existência de diferentes formas de acoplamento (resistivo, indutivo ou capacitivo) permitirá que parte da energia desta descarga seja transferida, de forma indireta, para as instalações e/ou linha elétrica, provocando sobretensões transitórias nos diferentes circuitos da instalação (*ver Figura 4*).



Como fonte de interferência, a descarga atmosférica possui energia instantânea bastante elevada, da ordem de alguns milhões de joules (MJ), em contraste com alguns milijoules (mJ) que podem ser suficientes para interferir e até danificar equipamentos eletrônicos.

Os surtos elétricos podem afetar os equipamentos eletrônicos tanto no modo diferencial, que ocorre entre condutores vivos, quanto em modo comum, que ocorre entre um condutor vivo e o condutor de aterramento (terra).

*Figura 4 - Propagação da descarga atmosférica indireta.*

## PROTEÇÃO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

A seguir são apresentadas alternativas para a proteção de sistemas fotovoltaicos conectados à rede contra surtos de tensão. Entretanto, é importante ressaltar que os circuitos de telecomunicação e de transmissão de dados e sinais, eventualmente existentes nos sistemas fotovoltaicos, também estão expostos a danos causados por surtos elétricos, o que torna necessário a devida proteção por meio de DPS.

## SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE PEQUENO PORTE

Neste guia, considera-se como de pequeno porte, o sistema fotovoltaico conectado à rede, conforme ilustrado na **Figura 1**. Esse tipo de sistema fotovoltaico está sujeito a surtos de tensão provocados por descargas atmosféricas ou por chaveamento nas linhas de energia. Os surtos elétricos podem reduzir a vida útil ou danificar os módulos fotovoltaicos e os inversores, causando perdas que impactarão nos custos de manutenção e consequente aumento do tempo de amortização do investimento.

As sobretensões em sistemas fotovoltaicos podem ter várias origens, como as listadas abaixo:

- Descarga direta no SPDA externo da instalação;
- Descarga próxima à instalação;
- Descarga direta ou próxima à rede de distribuição de energia da concessionária de energia;
- Sobretensões oriundas da rede de distribuição de energia em função de faltas ou chaveamentos (operações de comutação).

Como solução faz-se necessária a utilização de dispositivos de proteção contra surtos (DPS) apropriados para mitigar os riscos de danos, protegendo assim o investimento realizado no sistema fotovoltaico.

A seleção e instalação de DPS em sistemas fotovoltaicos dependerão de vários fatores conforme a seguir:

- Densidade de descargas para a terra,  $N_g$  (descargas/km<sup>2</sup>/ano);
- Características do sistema de energia de baixa tensão (por exemplo, linhas aéreas ou subterrâneas) e do equipamento a ser protegido;
- Suportabilidade dos equipamentos frente à sobretensões;
- Existência ou não de um SPDA.

Os critérios para a instalação de DPS, descritos a seguir, são baseados na proposta de norma IEC 61643-32. Do ponto de vista da suportabilidade dos equipamentos instalados nas linhas de corrente contínua, os DPS devem possuir nível de proteção inferior à suportabilidade dos equipamentos.

A **Tabela 1** mostra valores de suportabilidade a tensões impulsivas para equipamentos que compõem um sistema fotovoltaico, onde  $U_{OC\ MÁX}$  representa a máxima tensão do sistema fotovoltaico em corrente contínua e  $U_w$  representa a suportabilidade dos equipamentos à sobretensões impulsivas.

$U_{OC\ MÁX}$ (V)	Suportabilidade a tensões impulsivas – $U_w$ (kV)			
	Módulo Classe B Isolação básica	Inversor	Outros equipamentos	Módulo Classe A Isolação reforçada
100	0,8	2,5 (mínimo)	0,8	1,5
150	1,5		1,5	2,5
300	2,5		2,5	4
424	4		4	4
600	4	4	4	6
800	5		5	6
849	6		6	8
1000	6	6	6	8
1500	8	8	8	12

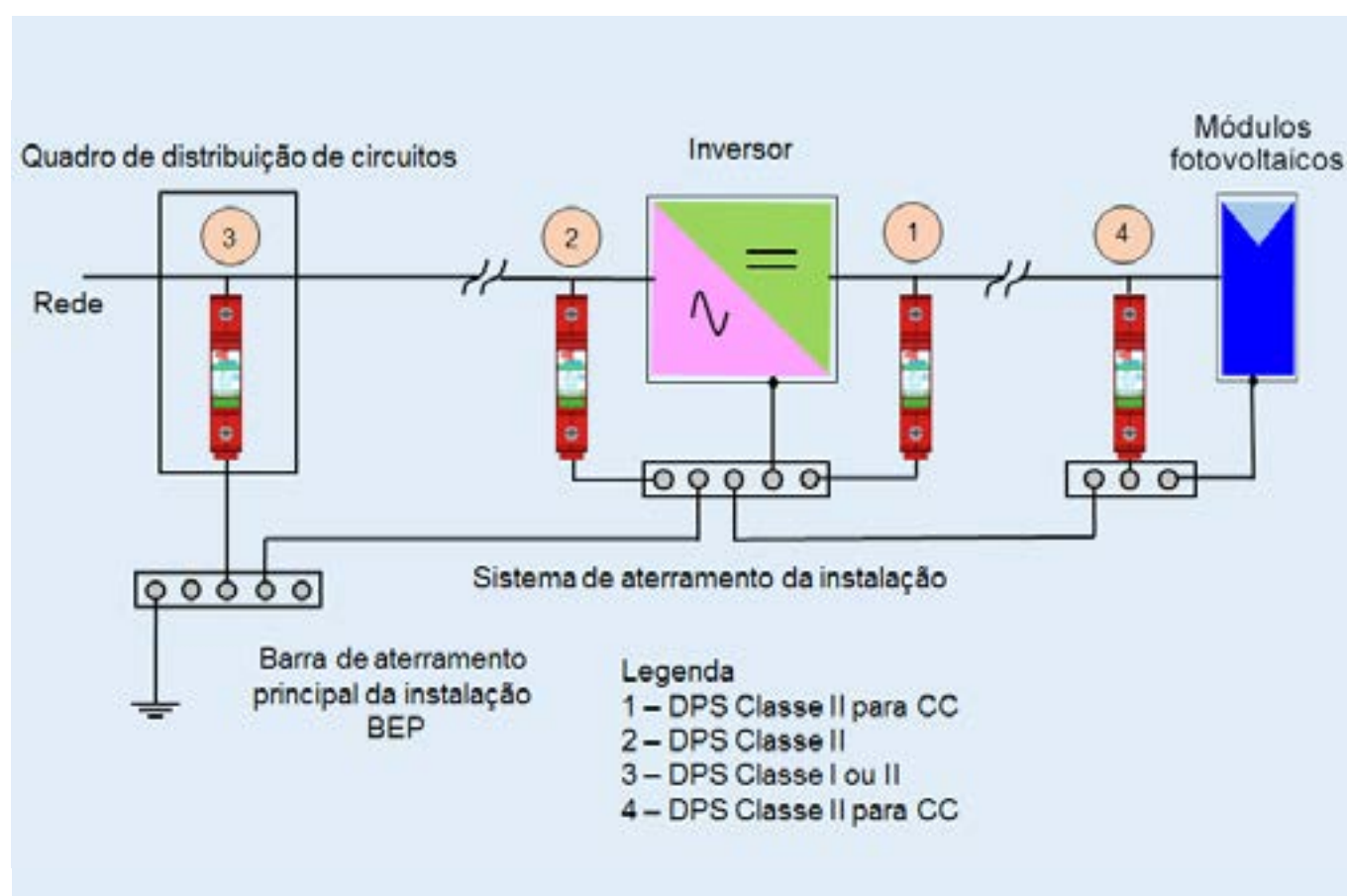
**Tabela 1 - Suportabilidade a tensões impulsivas de equipamentos que compõem um sistema fotovoltaico.**



## PROTEÇÃO CONTRA SURTOS ELÉTRICOS GERADOS POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS INDIRETAS

No caso de sistemas instalados onde a probabilidade de incidência de uma descarga atmosférica direta seja baixa, poderá ser instalada apenas proteção contra os surtos induzidos pelas descargas que incidem nas proximidades dos módulos fotovoltaicos e das linhas de energia.

A localização e o tipo de DPS instalados em um SFVCR, para proteção contra surtos provocados por descargas atmosféricas indiretas, estão mostrados no diagrama da **Figura 5**. É considerado que a edificação não possui SPDA.



*Figura 5 - Diagrama de localização e tipo de DPS em um sistema fotovoltaico.*

O DPS 2 mostrado na **Figura 5** não será necessário se a distância entre o quadro de distribuição de circuitos e o inversor for menor que 10m. O DPS 4 também não será necessário se a distância entre os módulos fotovoltaicos e o inversor for menor que 10m.

A **Tabela 2** sugere modelos de DPS a serem utilizados nessa aplicação.

Item	Modelo	Classe	Máxima tensão de operação contínua $U_{CPV}$	Corrente de descarga máxima $I_{máx}$ @8/20 $\mu$ s	Corrente de descarga total $I_{total}$ @8/20 $\mu$ s	Corrente de descarga nominal $I_n$ @8/20 $\mu$ s	Nível de proteção $U_p$ L+/Pe L-/Pe
1 e 4	CLAMPER Solar 150V 40kA	II	150 Vcc	20 kA	40 kA	10 kA	0,4 kV
	CLAMPER Solar 300V 40kA	II	300 Vcc	20 kA	40 kA	10 kA	0,8 kV
	CLAMPER Solar 600V 40kA	II	600 Vcc	20 kA	40 kA	10 kA	1,2 kV
	CLAMPER Solar 1000V 40kA	II	1000 Vcc	20 kA	40 kA	10 kA	2,5 kV
2	VCL SP 275V 20kA	II	275 Vca	20 kA	-	10 kA	1,2 kV
3	VCL SP 275V 20kA	II	275 Vca	20 kA	-	10 kA	1,2 kV

*Nota: Os modelos indicados para aplicação em corrente contínua possuem 3 módulos integrados, preparados para conexão tipo estrela, conforme detalhado em "Sistemas com os dois pólos não aterrados" (pág. 16).*

Tabela 2 - Modelos e especificações de DPS sugeridos para proteção contra descargas atmosféricas indiretas.

A **Figura 6** ilustra a instalação de DPS no lado CC e os comprimentos dos cabos de conexão, L1 e L2, cuja soma dos comprimentos ( $L1 + L2$ ) deve ser inferior a 0,5m.

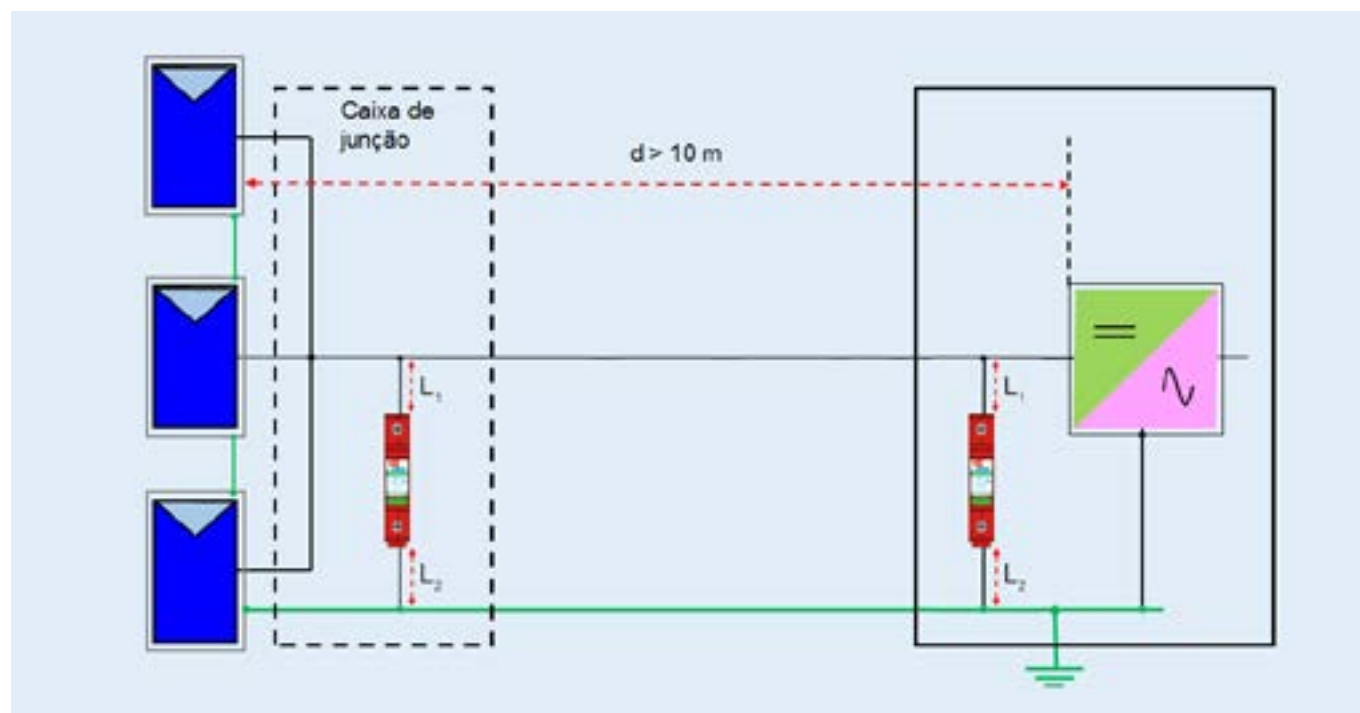
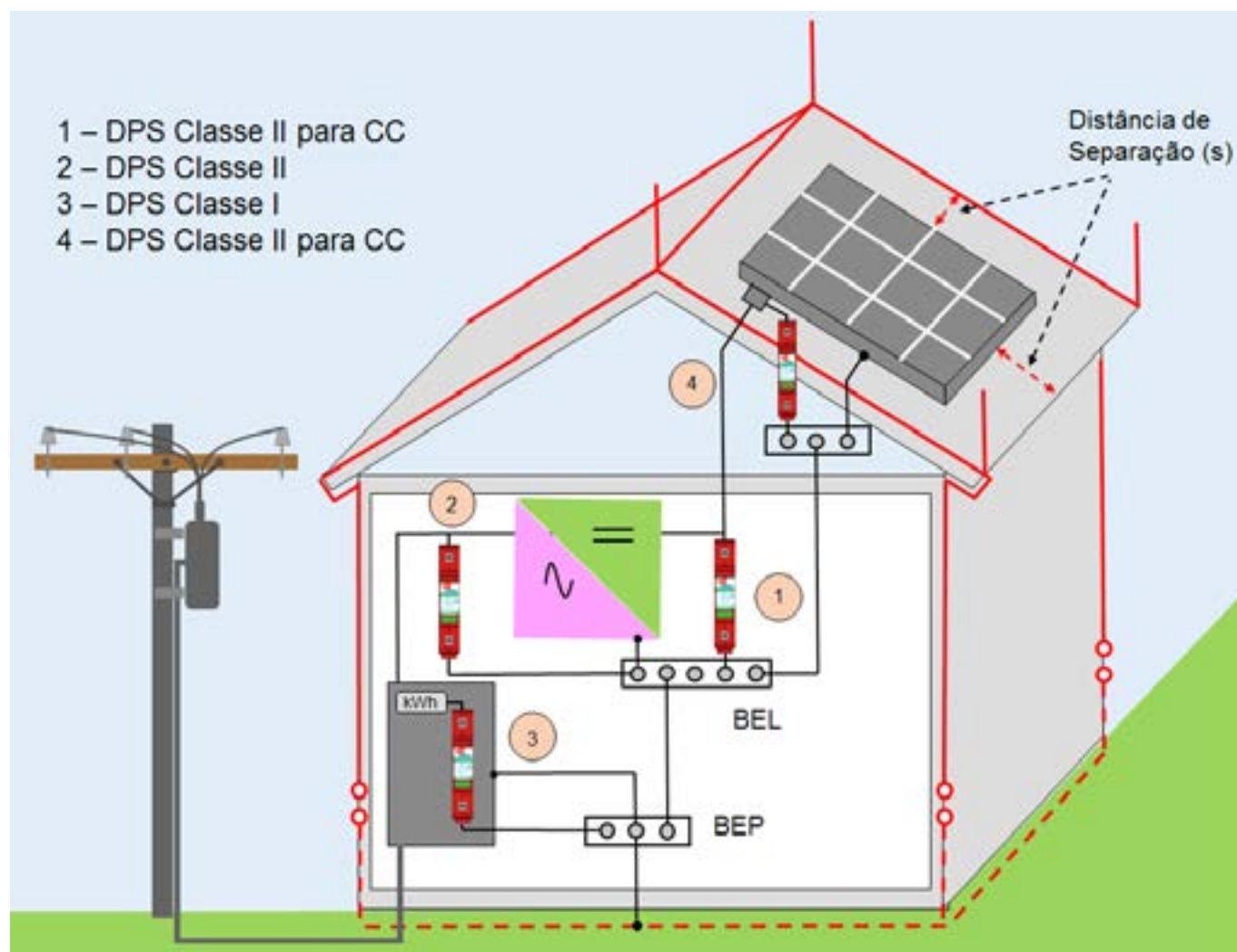


Figura 6 - Esquema de instalação de DPS no lado CC de sistema fotovoltaico.



## MÓDULOS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS EM EDIFICAÇÃO COM SPDA EXTERNO E NÃO CONECTADOS AO SPDA

A **Figura 7** ilustra um sistema com módulos fotovoltaicos instalados em uma edificação com SPDA e a localização e tipo de DPS indicados para este caso, no qual os módulos fotovoltaicos não estão conectados ao SPDA.



**Figura 7** - Esquema de localização e tipo dos DPS em um sistema fotovoltaico com módulos não conectados ao SPDA.

Conforme NBR 5419, mesmo que a distância de separação (s) seja mantida entre os módulos do sistema fotovoltaico e os componentes do SPDA, a descarga atmosférica provocará uma parcela de corrente induzida e conduzida via linhas de energia elétrica. Neste caso, o DPS 3 deverá ser Classe I, ou seja, com capacidade para drenar uma parcela da corrente da descarga (**Figura 7**).

O DPS 2 não será necessário se o inversor estiver localizado junto ao quadro de distribuição de circuitos, conectado à mesma barra de terra (PE) do quadro, e o DPS 3 for Classe I, com nível de proteção adequado para proteção do inversor.

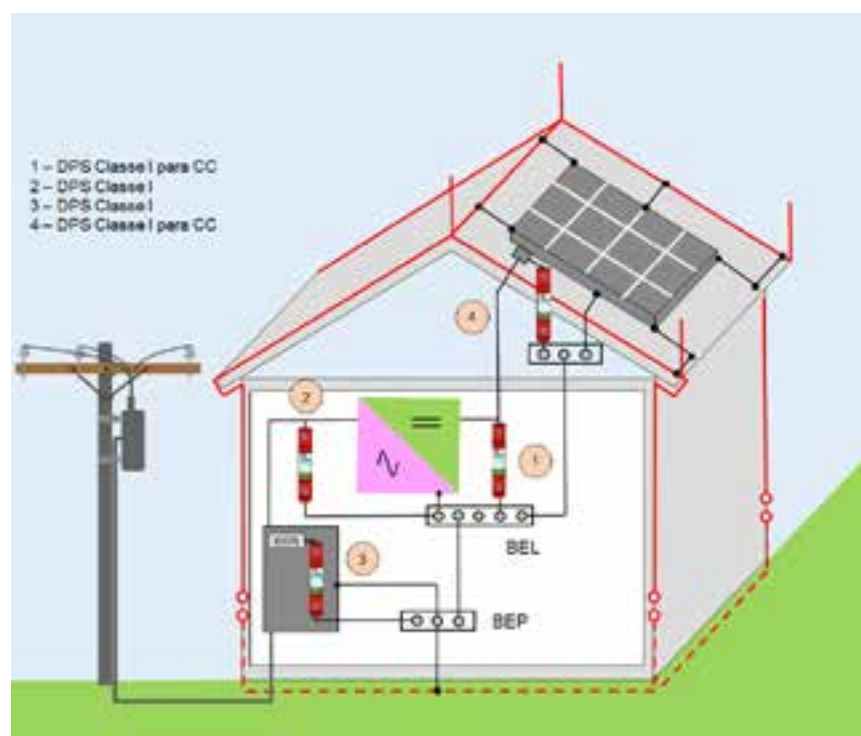
A **Tabela 3** sugere modelos de DPS a serem utilizados nessa aplicação.

Item	Modelo	Classe	Máxima tensão de operação contínua $U_{CPV}$	Corrente de descarga máxima $I_{m\acute{a}x}$ @8/20 $\mu$ s	Corrente de descarga total $I_{total}$ @8/20 $\mu$ s	Corrente de descarga nominal $I_n$ @8/20 $\mu$ s	Nível de proteção $U_p$ L+/Pe L-/Pe
1 e 4	CLAMPER Solar 150V 40kA	II	150 Vcc	20 kA	40 kA	10 kA	0,4 kV
	CLAMPER Solar 300V 40kA	II	300 Vcc	20 kA	40 kA	10 kA	0,8 kV
	CLAMPER Solar 600V 40kA	II	600 Vcc	20 kA	40 kA	10 kA	1,2 kV
	CLAMPER Solar 1000V 40kA	II	1000 Vcc	20 kA	40 kA	10 kA	2,5 kV
2	VCL SP 275V 20kA	II	275 Vca	20 kA	-	10 kA	1,2 kV
3	VCL 275V 12,5/60kA	I/II	275 Vca	60 kA	-	30 kA	1,3 kV

*Nota: Os modelos indicados para aplicação em corrente contínua possuem 3 módulos integrados, preparados para conexão tipo estrela, conforme detalhado em "Sistemas com os dois pólos não aterrados" (pág. 16)*

Tabela 3 - Modelos e especificações de DPS indicados para proteção no caso de módulos fotovoltaicos não conectados ao SPDA.

## MÓDULOS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS EM EDIFICAÇÃO COM SPDA EXTERNO E CONECTADOS AO SPDA



A **Figura 8** ilustra um sistema fotovoltaico instalado em uma edificação com SPDA, cujos módulos estão conectados ao SPDA.

Nesta situação, os condutores de energia, tanto de corrente alternada quanto de corrente contínua, estarão em paralelo com os condutores de aterramento, portanto, sujeitos a receber uma parcela da corrente de descarga.

**Figura 8 - Esquema de localização e tipo dos DPS em um sistema fotovoltaico com módulos conectados ao SPDA.**

A parcela da corrente que será drenada via DPS dependerá:

- Do nível de proteção do SPDA, conforme estabelecido na NBR 5419;
- Da impedância do aterramento da edificação;
- Do número de condutores de descida do SPDA;
- Da distância entre os módulos e o inversor e barra de aterramento local;
- Da impedância do DPS (curto circuitante ou limitador de tensão).

A **Figura 9** mostra um exemplo de distribuição de corrente em uma instalação de SPDA com dois cabos de descida.

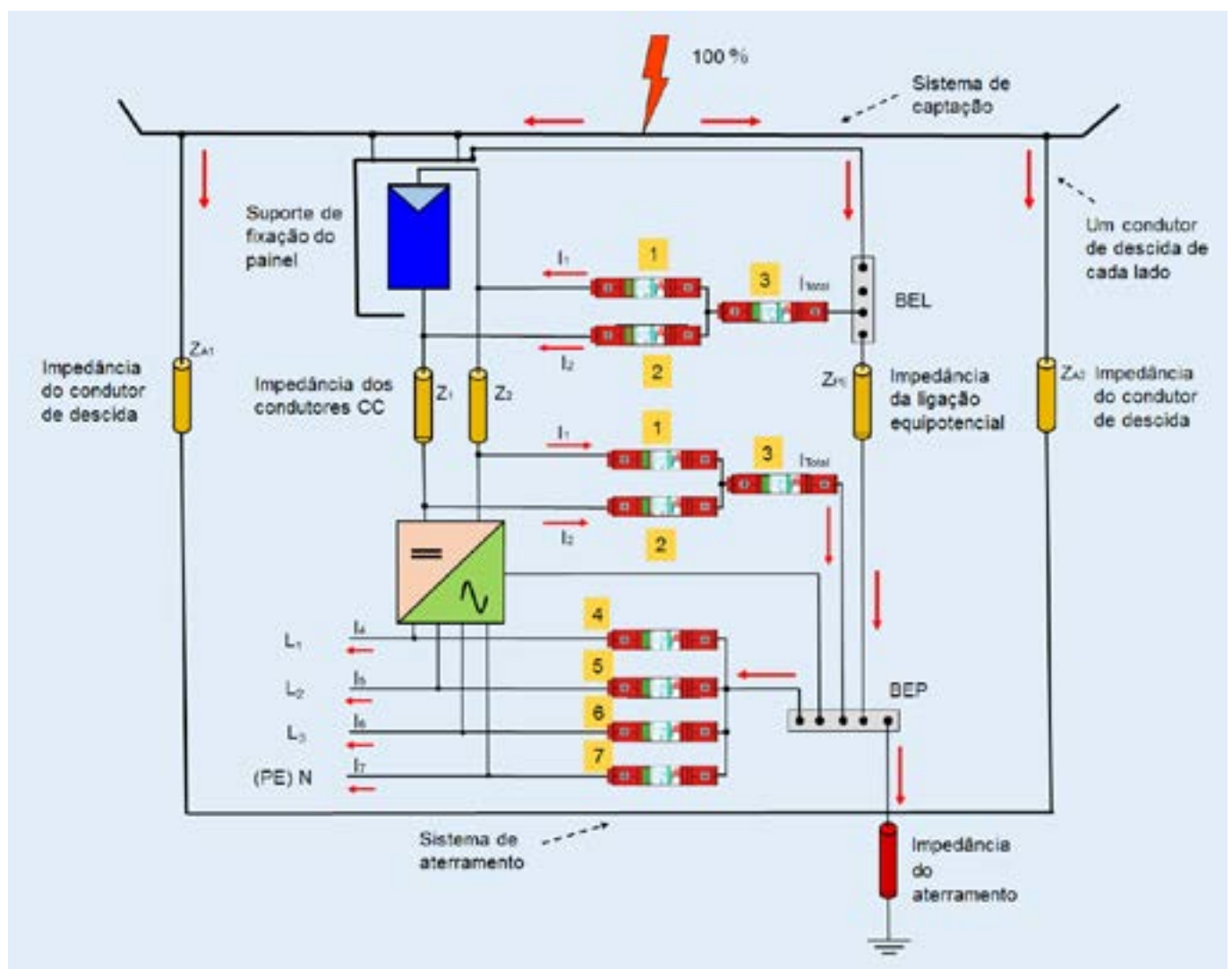


Figura 9 - Diagrama de instalações dos DPS em estrutura com dois cabos de descida do SPDA.

A **Tabela 4** mostra valores mínimos para corrente nominal ( $I_n$ ) e corrente de impulso ( $I_{imp}$ ), para DPS do tipo limitador de tensão, a serem instalados nas linhas de corrente contínua.

O número de cabos de descida influenciará na parcela da corrente que será desviada via condutores do sistema fotovoltaico, conforme recomendado na referência na norma IEC 61643-32.

Nível de proteção do SPDA - Corrente de descarga		Número de condutores de descida							
		< 4				≥ 4			
		Valores mínimos de $I_n$ para @8/20μs e $I_{imp}$ para @10/350μs para seleção de DPS							
		$I_{DPS1} = I_{DPS2}$		$I_{DPS3} = I_{DPS1} + I_{DPS2} = I_{Total}$		$I_{DPS1} = I_{DPS2}$		$I_{DPS3} = I_{DPS1} + I_{DPS2} = I_{Total}$	
		$I_n$ @8/20μs	$I_{imp}$ @10/350μs	$I_n$ @8/20μs	$I_{imp}$ @10/350μs	$I_n$ @8/20μs	$I_{imp}$ @10/350μs	$I_n$ @8/20μs	$I_{imp}$ @10/350μs
I	200 kA	17	10	34	20	10	5	20	10
II	150 kA	12,5	7,5	25	15	7,5	3,75	15	7,5
III e IV	100 kA	8,5	5	17	10	5	2,5	10	5

**Tabela 4 - Valores estimados de  $I_n$  e  $I_{imp}$  para DPS do tipo limitador de tensão, para instalação nas linhas de corrente contínua.**

Por exemplo, para uma instalação com SPDA Nível de Proteção III, deve-se utilizar DPS nos cabos de corrente contínua com corrente de impulso  $I_{imp}$  mínima de 5kA e corrente nominal de descarga  $I_n$  de 8,5 kA.

Como os condutores estarão em paralelo com os condutores de aterramento, os DPS devem ser Classe I, conforme mostra a **Figura 8**.

O DPS 2 da **Figura 8** não será necessário se o inversor estiver localizado junto ao quadro de distribuição de circuitos, conectado à mesma barra de terra do quadro e o DPS 3 for Classe I, com nível de proteção adequado para proteção do inversor.

A **Tabela 5** apresenta sugestões de modelos de DPS a serem aplicados, considerando um SPDA com Nível de Proteção III e até 4 descidas.

DPS	Modelo	Classe	Máxima tensão de operação contínua $U_{CPV}$	Corrente de descarga máxima $I_{m\acute{a}x}$ @8/20 $\mu$ s	Corrente de descarga total $I_{total}$ @8/20 $\mu$ s	Corrente de descarga $I_{imp}$ @10/350 $\mu$ s	Corrente de descarga nominal $I_n$ @8/20 $\mu$ s	Nível de proteção $U_p$ L+/L-
1 e 4	CLAMPER Solar 150V 5/60kA*	I/II	150 Vcc	-	60 kA	5,0 kA	20 kA	1,2 kV
	CLAMPER Solar 300c 5/60kA*	I/II	300 Vcc	-	60 kA	5,0 kA	20 kA	3,0 kV
	CLAMPER Solar 600V 5/60kA*	I/II	600 Vcc	-	60 kA	5,0 kA	20 kA	2,5 kV
	CLAMPER Solar 1000V 5/60kA*	I/II	1000 Vcc	-	60 kA	5,0 kA	20 kA	5,0 kV
2	VCL 275V 12,5/60kA	I/II	275 Vca	60 kA	-	12,5 kA	30 kA	0,8 kV
3	VCL 275V 12,5/60kA	I/II	275 Vca	60 kA	-	12,5 kA	30 kA	0,8 kV
<p><i>Nota: Os modelos indicados para aplicação em corrente contínua possuem 3 módulos integrados, preparados para conexão tipo estrela, conforme detalhado em "Sistemas com os dois pólos não aterrados" (pág. 16)</i></p> <p><i>* Itens sob consulta</i></p>								

**Tabela 5 - Modelos indicados e especificações de DPS para proteção contra descargas diretas, no caso da estrutura dos módulos fotovoltaicos conectada ao SPDA.**

## SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GRANDE PORTE - USINAS FOTOVOLTAICAS (UFV)

Os sistemas fotovoltaicos de grande porte - Usinas Fotovoltaicas (UFV) - normalmente possuem SPDA e malha de aterramento, o que reduz os valores da corrente de descarga a serem drenados pelos DPS.

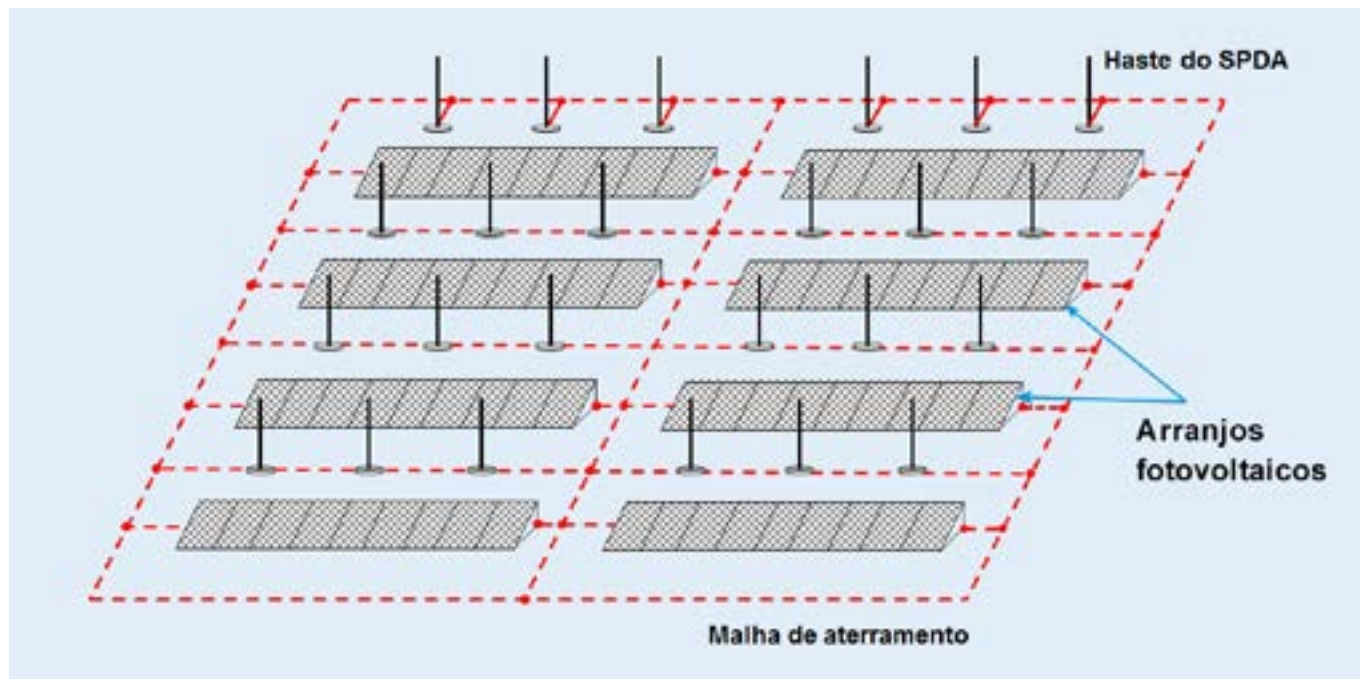
A parcela da corrente de descarga que circula pelo DPS depende:

- Do nível de proteção do SPDA, conforme NBR 5419;
- Da resistência de aterramento (resistência de aterramento de valor elevado resultará em correntes mais elevadas para os DPS instalados nas linhas de corrente contínua);
- Do reticulado da malha de aterramento;
- Da impedância do DPS;
- Do tipo de inversor utilizado, centralizado ou distribuído.



No caso de sistema centralizado, a corrente parcial de descarga será drenada pelo DPS instalado na linha de corrente contínua. No caso de sistema com inversores distribuídos, a corrente parcial será drenada pelos DPS instalados nas linhas de corrente alternada.

A **Figura 11** mostra, de forma simplificada, uma usina fotovoltaica com vários arranjos fotovoltaicos, cujas estruturas são conectadas à malha de aterramento.



**Figura 11** - Usina fotovoltaica com estrutura dos arranjos conectadas à malha de aterramento.

A **Tabela 6** mostra valores mínimos para corrente nominal ( $I_n$ ) e corrente de impulso ( $I_{imp}$ ), tanto para DPS tipo limitador de tensão quanto para tipo comutador de tensão, a serem instalados nas linhas de corrente contínua conforme recomendado em norma IEC 61643-32.

Nível de proteção do SPDA - Corrente de descarga, @10/350µs		DPS conectado nas linhas de corrente contínua $I_{imp}$ em kA @10/350µs, $I_n$ em kA @8/20µs					
		DPS tipo limitador de tensão				DPS tipo comutador de tensão (Spark Gap)	
		@10/350		@8/20		@10/350	
		Cada modo* (kA)	$I_{total}$ (kA)	Cada modo* (kA)	$I_{total}$ (kA)	Cada modo* (kA)	$I_{total}$ (kA)
III e IV	100kA	5	10	15	30	10	20

\* Cada modo se refere aos modos de proteção (pólo positivo para o pólo negativo, pólo positivo para a terra e pólo negativo para a terra).

**Tabela 6** - Especificação e modelos indicados para proteção contra descargas diretas, SPDA conectado à estrutura dos módulos fotovoltaicos.



A **Tabela 7** sugere os modelos a serem aplicados, considerando um SPDA com Nível de Proteção III-IV e instalação com até 4 descidas.

Item	Modelo	Classe	Máxima tensão de operação contínua $U_{CPV}$	Corrente de descarga máxima $I_{m\acute{a}x}$ @8/20 $\mu$ s	Corrente de descarga total $I_{total}$ @8/20 $\mu$ s	Corrente de descarga $I_{imp}$ @10/350 $\mu$ s	Corrente de descarga nominal $I_n$ @8/20 $\mu$ s	Nível de proteção $U_P$ L+/L-
1 e 4	CLAMPER Solar 150V 5/60kA*	I/II	150 Vcc	-	60 kA	5,0 kA	20 kA	1,2 kV
	CLAMPER Solar 300V 5/60kA*	I/II	300 Vcc	-	60 kA	5,0 kA	20 kA	3,0 kV
	CLAMPER Solar 600V 5/60kA*	I/II	600 Vcc	-	60 kA	5,0 kA	20 kA	2,5 kV
	CLAMPER Solar 1000V 5/60kA*	I/II	1000 Vcc	-	60 kA	5,0 kA	20 kA	5,0 kV
2	VCL 275V 12,5/60kA	I/II	275 Vca	60 kA	-	12,5 kA	30 kA	0,8 kV
3	VCL 275V 12,5/60kA	I/II	275 Vca	60 kA	-	12,5 kA	30 kA	0,8 kV
<p><i>Nota: Os modelos indicados para aplicação em corrente contínua possuem 3 módulos integrados, preparados para conexão tipo estrela, conforme detalhado em "Sistemas com os dois pólos não aterrados" (pág. 16)</i></p> <p><i>*Itens sob consulta</i></p>								

**Tabela 7 - Modelos indicados e especificações para proteção de sistemas fotovoltaicos de grande porte (Usinas Fotovoltaicas, UFV).**

O lado de corrente contínua (CC) dos sistemas fotovoltaicos possui dois pólos: o positivo e o negativo. Em alguns casos nenhum dos dois pólos é aterrado e, em outros casos, um dos pólos é aterrado.

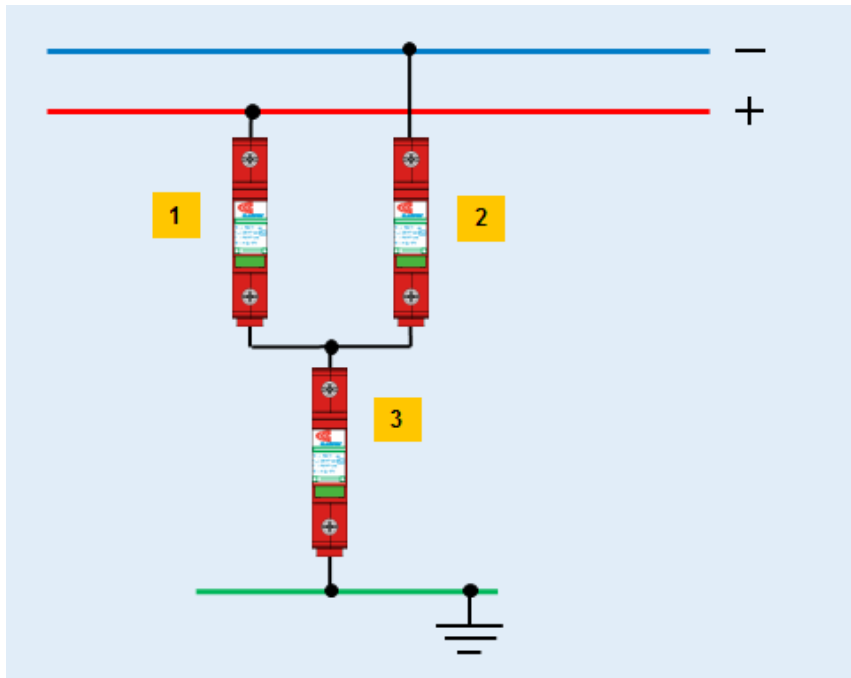
O aterramento normalmente é feito por um acessório específico instalado junto ao inversor. Dependendo do tipo de aterramento do sistema, existe mais de uma possibilidade para a conexão dos DPS e estas possibilidades são descritas a seguir.

Podem ser utilizados DPS tripolares ou uma combinação de DPS monopolares de maneira a proporcionar proteção em todos os modos, ou seja, do pólo positivo para a terra, do pólo negativo para a terra e entre os dois pólos.

## SISTEMAS COM OS DOIS PÓLOS NÃO ATERRADOS

Três tipos de conexão são utilizados em sistemas isolados:

- conexão tipo estrela;
- conexão tipo delta;
- conexão em modo comum.

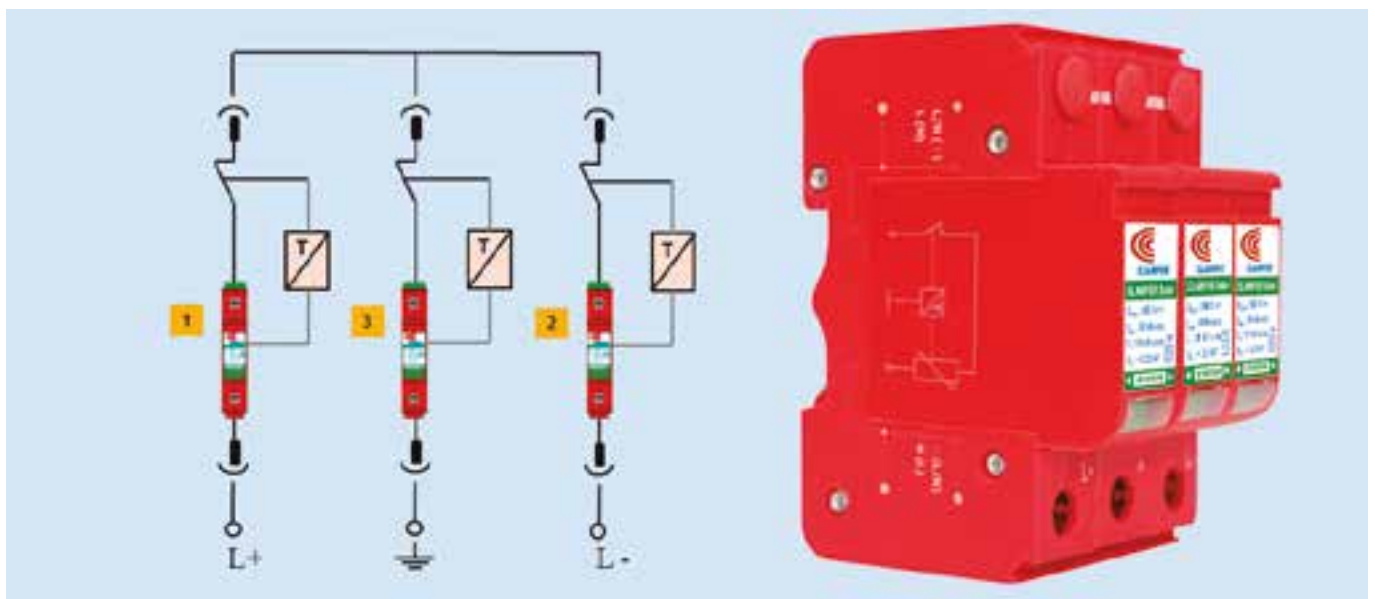


Para aplicação de DPS em sistemas com tensões contínuas entre 100 Vcc e 1000 Vcc, recomenda-se o uso de uma combinação de DPS ligados em série.

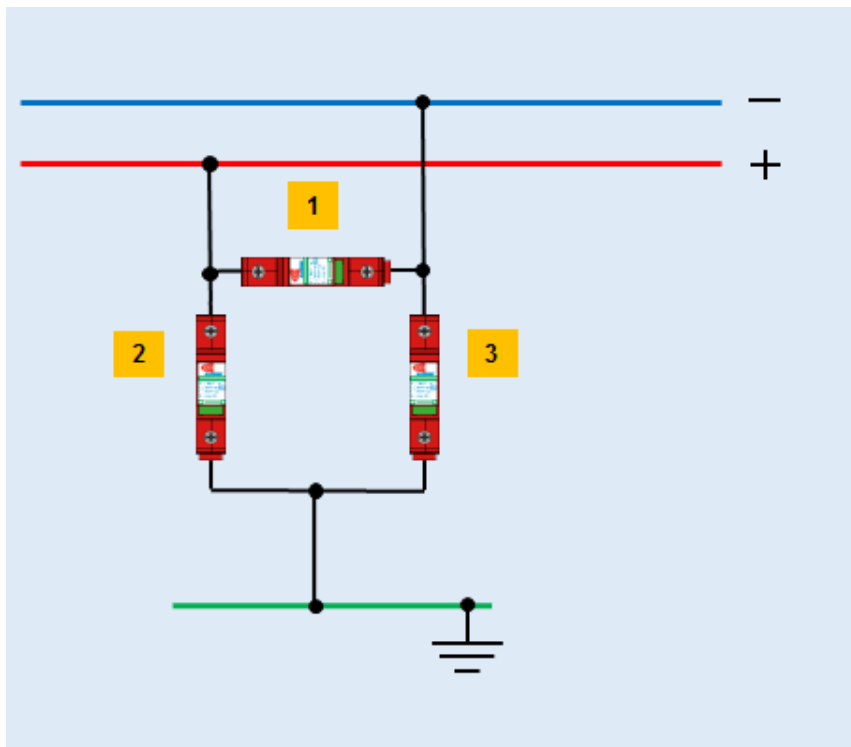
A **Figura 12** detalha uma ligação tipo estrela onde os DPS 1, DPS 2 e DPS 3 devem ser iguais no que se refere à tensão nominal e de acordo com a **Tabela 4** o DPS 3 deverá ter valor de corrente nominal diferente dos DPS 1 e 2. A soma das tensões nominais dos DPS 1 e DPS 2, DPS 1 e DPS 3 e dos DPS 2 e DPS 3 deve ser superior à tensão máxima do sistema ( $U_{OC\text{MÁX}}$ ), obtida entre os terminais positivo (+) e negativo (-).

*Figura 12 – Conexão tipo estrela para sistema com os dois polos isolados da terra.*

A **Figura 13** mostra um exemplo de produto adequado para instalação em sistema fotovoltaico de 1000 Vcc, preparado para conexão tipo estrela.



*Figura 13 - Exemplo de produto com circuito preparado para conexão tipo estrela, CLAMPER Solar 1000 Vcc 40kA.*



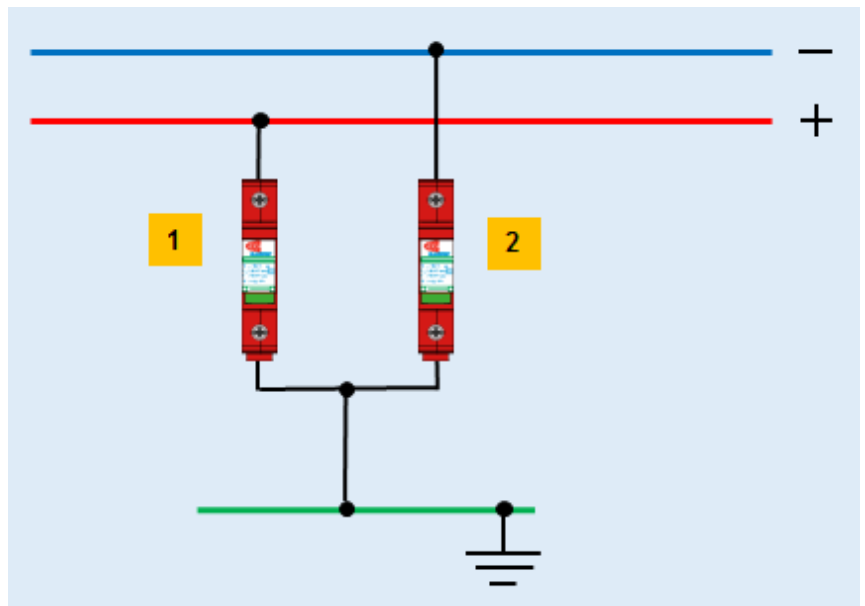
A conexão em delta, detalhada na **Figura 14**, representa a conexão clássica utilizada para proteção em modo comum, ou seja, entre linha e terra e modo transversal, entre linhas.

Os DPS 1, DPS 2 e DPS 3 devem ser iguais no que se refere à tensão nominal e capacidade de corrente nominal. O DPS 1, conectado em modo transversal, deve possuir tensão nominal superior à tensão máxima do sistema ( $U_{OC\ MÁX}$ ) entre o pólo positivo e negativo.

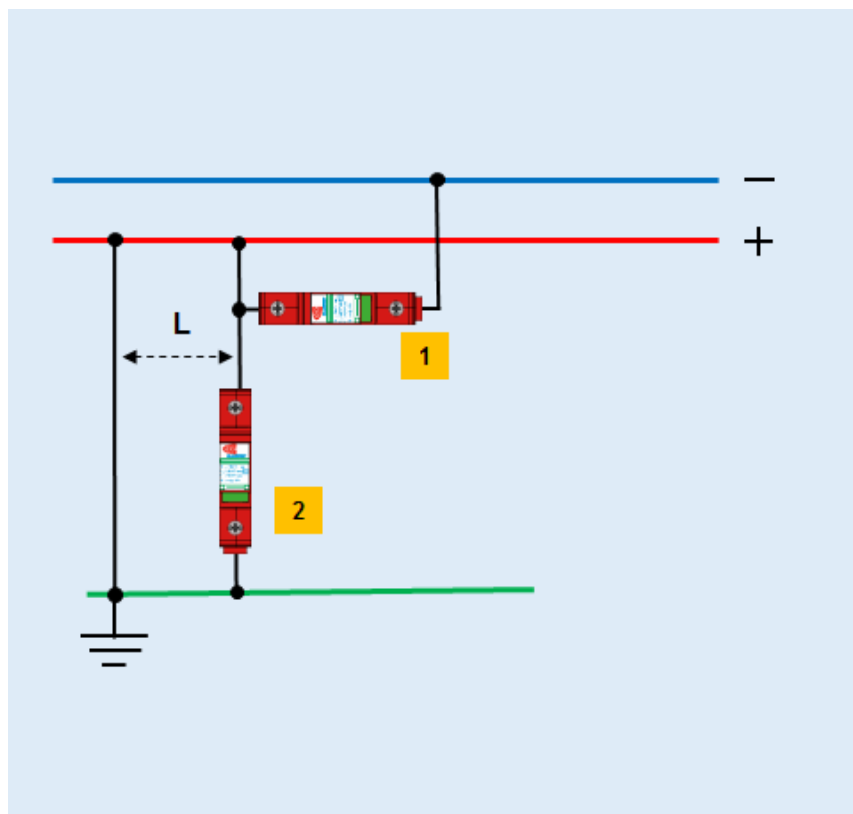
*Figura 14 - Conexão em delta para sistema com os dois pólos isolados da terra.*

A **Figura 15** detalha a conexão em modo comum, na qual deve ser levada em consideração a suportabilidade dos equipamentos às sobretensões, uma vez que a tensão residual a ser estabelecida entre os pólos positivo e negativo, quando da operação dos DPS, será a soma das tensões residuais dos DPS 1 e DPS 2.

*Figura 15 - Conexão em modo comum para sistema com os dois pólos isolados da terra.*



## SISTEMAS COM UM DOS PÓLOS ATERRADO



Em sistema com um dos pólos aterrado deve ser previsto um DPS entre o pólo positivo e o negativo (DPS 1) e outro entre pólo aterrado e a barra de aterramento da instalação (DPS 2), conforme detalhado na **Figura 16**.

O DPS 2 poderá ser suprimido se a conexão do DPS 1 for executada na mesma barra de aterramento do pólo, ou se a distância (L) for inferior a 1 m.

O DPS 1, conectado em modo transversal, deve possuir tensão nominal superior à tensão máxima do sistema ( $U_{OC\ MAX}$ ) entre o pólo positivo e negativo. O DPS 2, quando necessário, poderá ter tensão nominal inferior à tensão entre os pólos positivo e negativo.

Figura 16 - Conexão de DPS em sistema com um dos pólos aterrado.

## CLAMPER SOLAR

Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS), desenvolvido pela CLAMPER, para aplicação em Sistemas Fotovoltaicos.

Um DPS Classe II (IEC 61643-11 e IEC 61643-31), com tecnologia de proteção Varistor de Óxido Metálico (MOV).

- Plugues removíveis que facilitam a manutenção;
- Sinalização eletromecânica de status de operação;
- Sinalização remota (opcional);
- Fixação em trilho DIN 35 ou com garras padrão NEMA;
- Conexão direta aos barramentos dos quadros de distribuição de energia.



Modelo	150V 40KA		300V 40KA		600V 40KA		1000V 40KA	
Código	012337	012336	012334	012335	012333	012332	012331	012330





www.clamper.com.br



RODOVIA LMG 800, KM 01, Nº 128 | LAGOA SANTA - MG  
(31) 3689-9500 | ATENDIMENTO@CLAMPER.COM.BR

CDI 012015/01