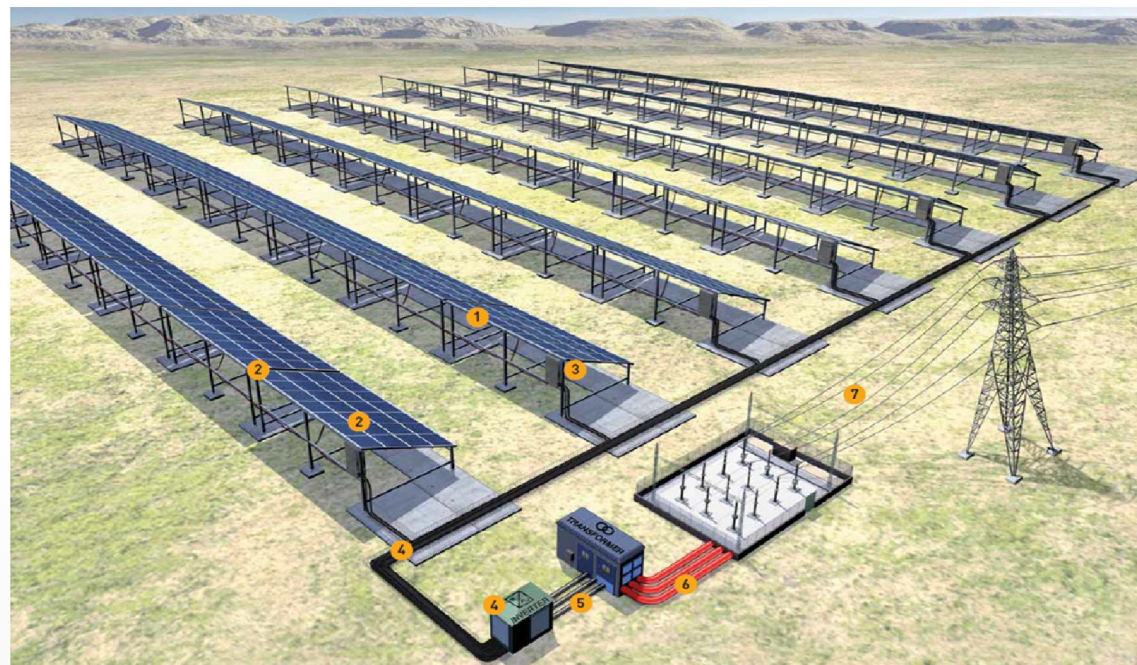


ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

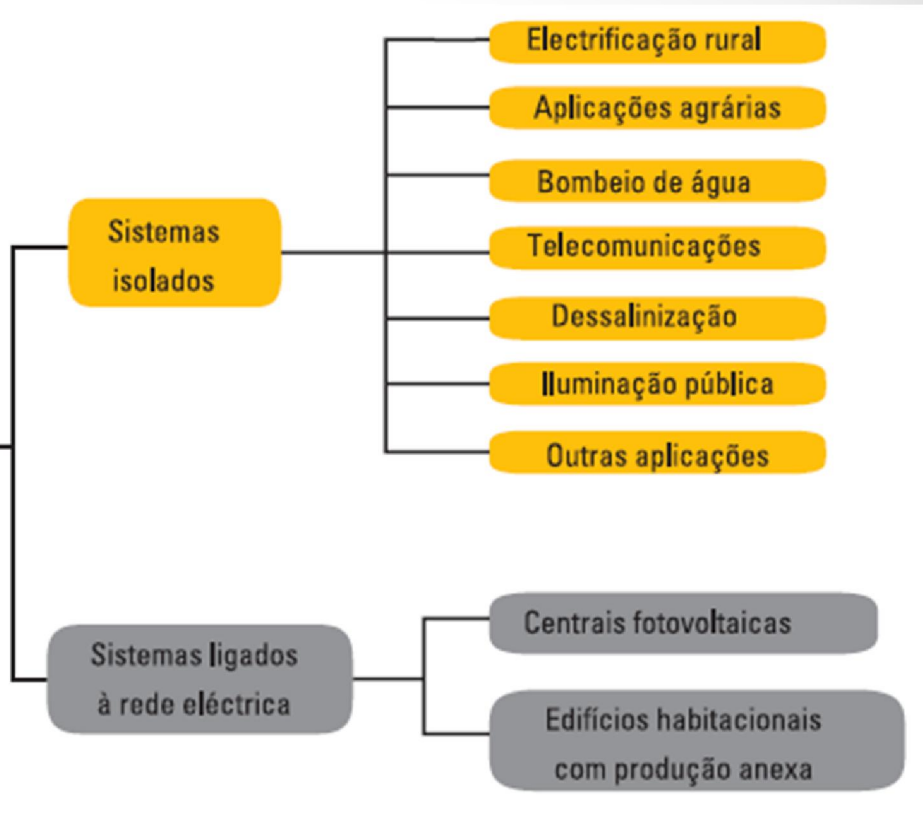
Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

Universidade Federal do Tocantins



Capítulo 3.4 – Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede

Aproveitamento da energia solar



Fonte: Weidmüller

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

Aproveitamento da energia solar

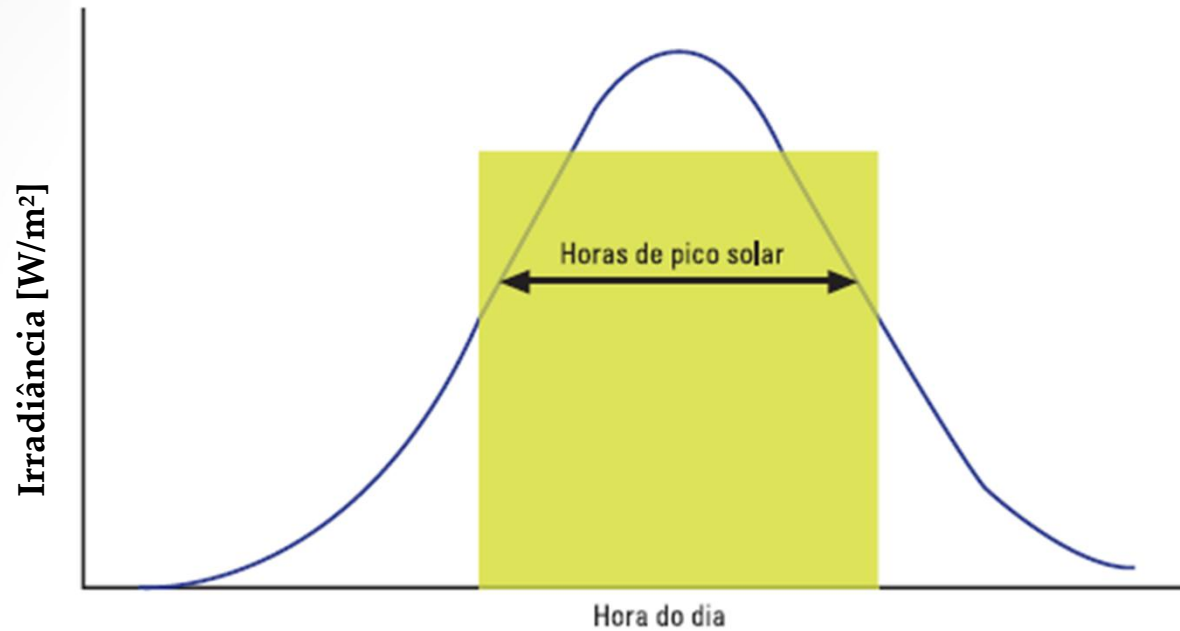


Fonte: Weidmüller

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes



Horas de Sol Pleno (HSP)

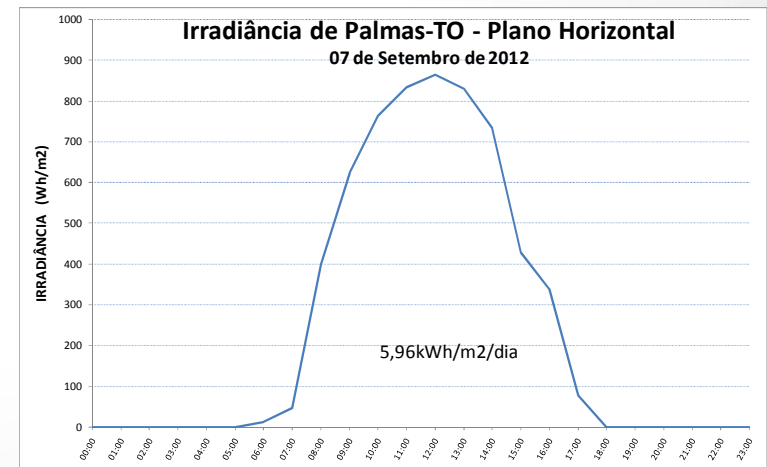


$$HSP = (G[Wh/m^2]/1000[W/m^2])$$

“Reflete o número de horas em que a radiação solar deve permanecer constante e igual a 1kW/m2 de forma que a energia resultante seja equivalente à energia acumulada para o dia em questão”.

No Brasil, HORAS DE SOL PLENO

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes



Sombreamentos

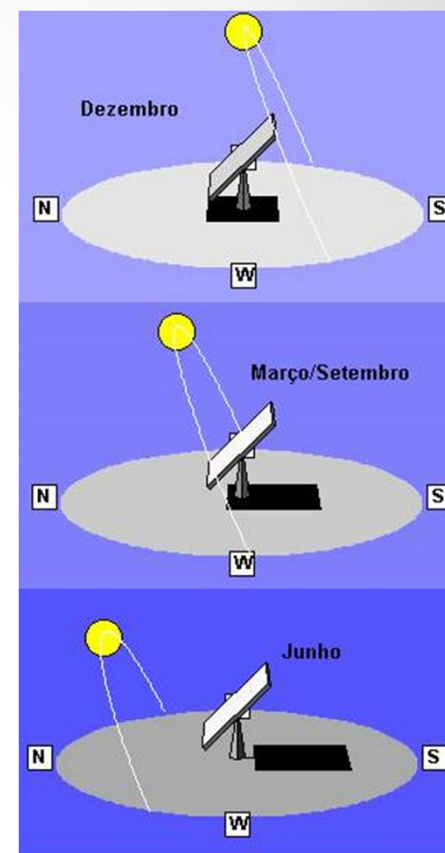


Trópico de Câncer (Lat. $23^{\circ} 26' 16''$ N = $23,43^{\circ}$ N)
Trópico de Capricórnio (Lat. $23^{\circ} 26' 16''$ S = $23,43^{\circ}$ S)

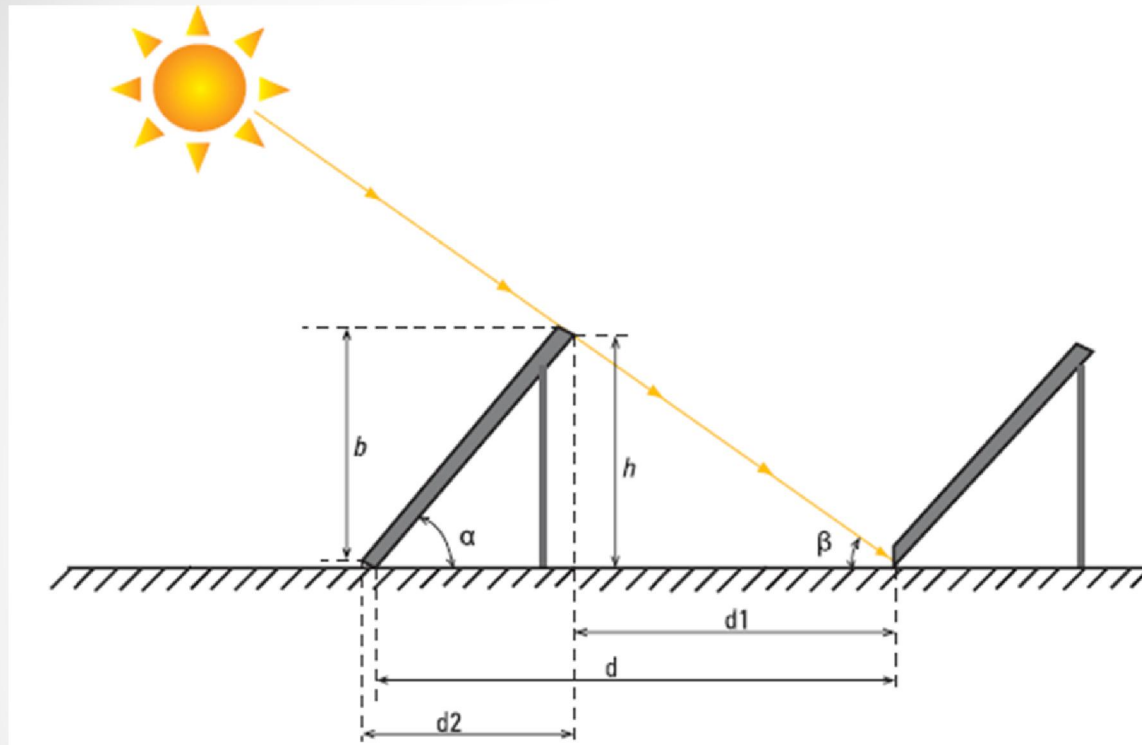
Fonte: KleanEnergie4Life, Lda.

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

São Paulo (Lat. $23^{\circ} 32' 51''$ S)



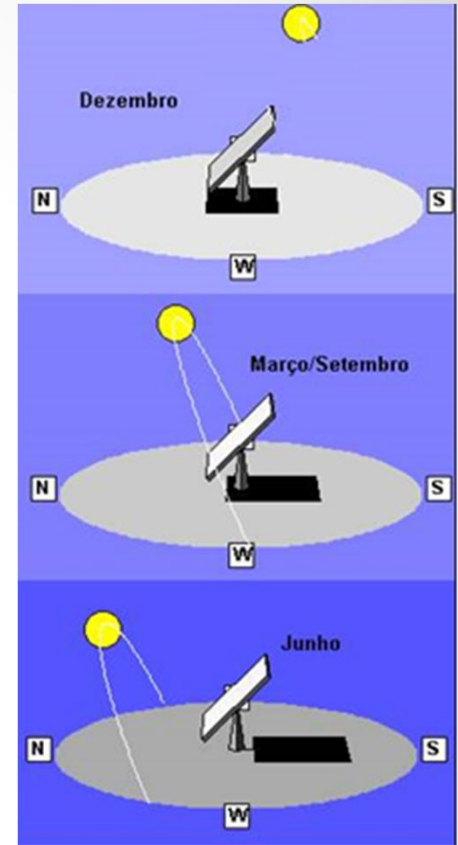
Sombreamentos



$$d = b * \left(\cos(\alpha) + \frac{\text{sen}(\alpha)}{\text{tg}(\beta)} \right)$$

$$\beta = ? (\text{Palmas} - TO)$$

Palmas (Lat. 10° 12' 46" S)



Fonte: KleanEnergie4Life, Lda.

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

Sombreamentos

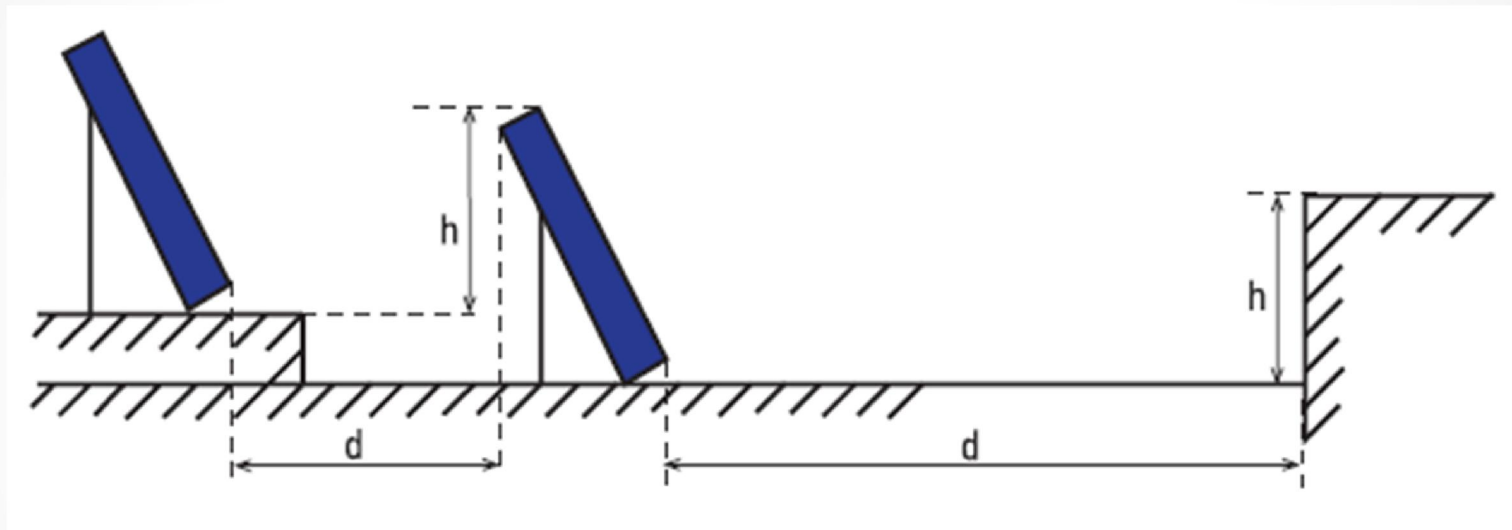


Fonte: ISQ

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes



Sombreamentos



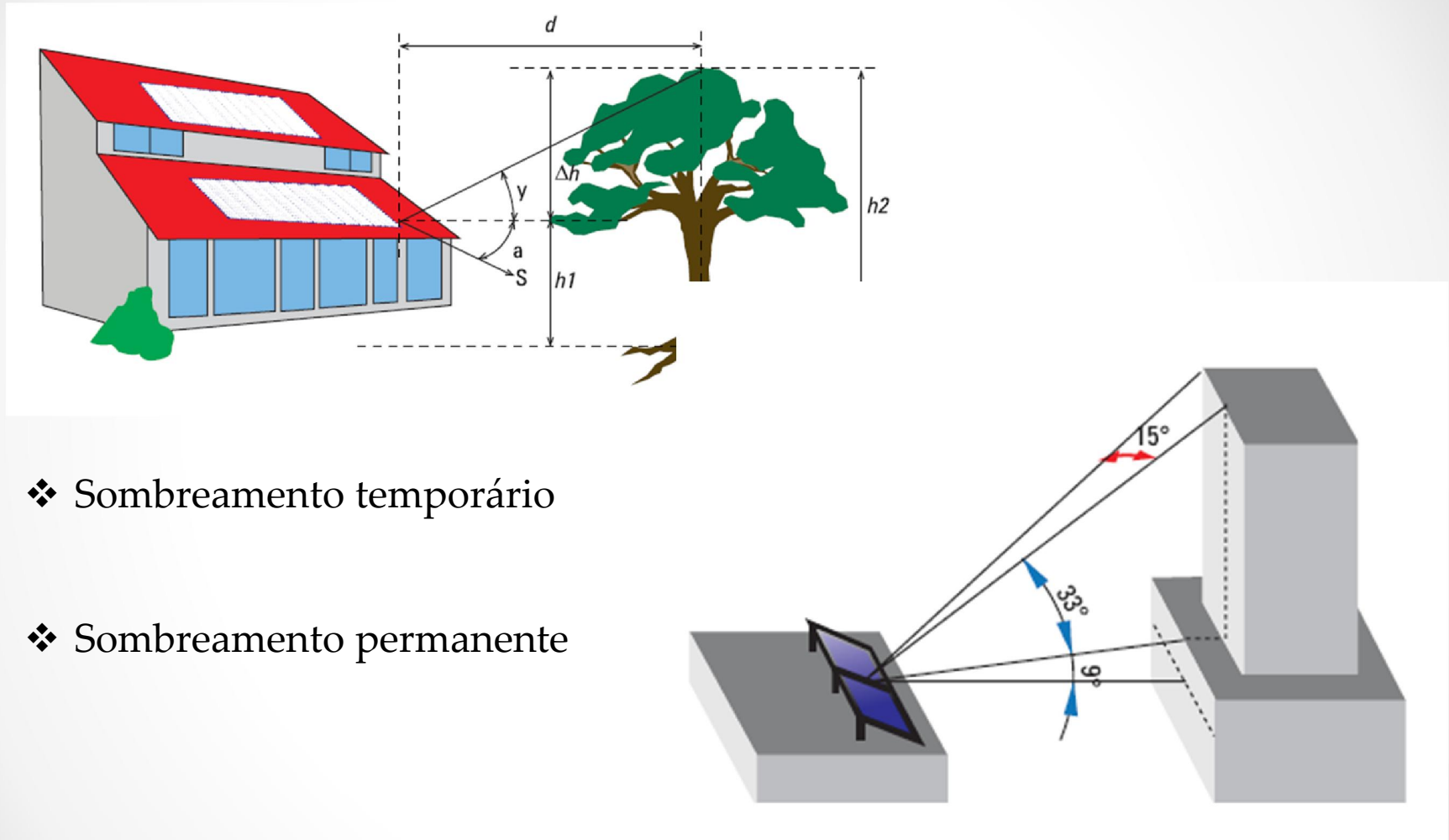
$$d = ?$$

Fonte: KleanEnergie4Life, Lda.

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes



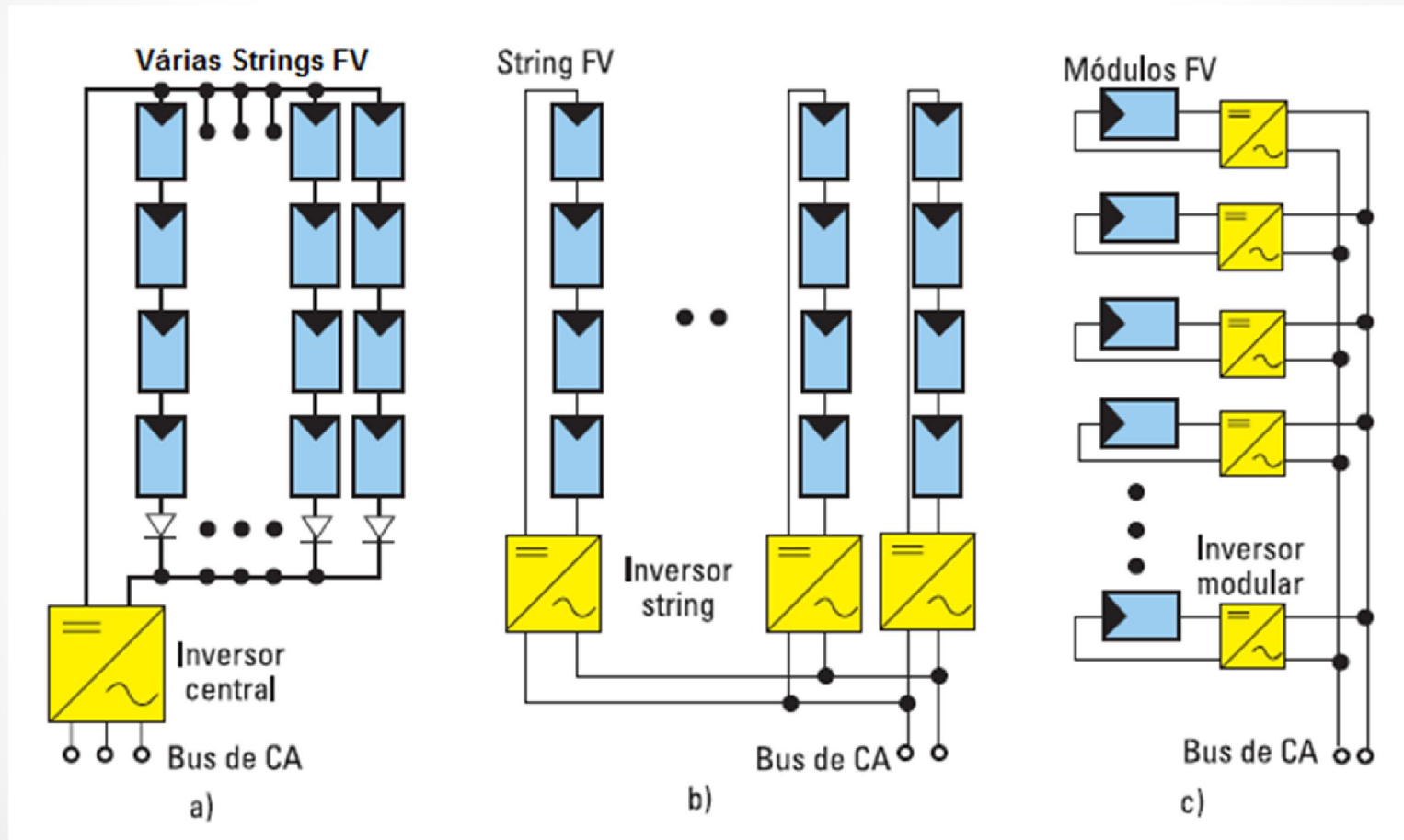
Sombreamentos



- ❖ Sombreamento temporário
- ❖ Sombreamento permanente

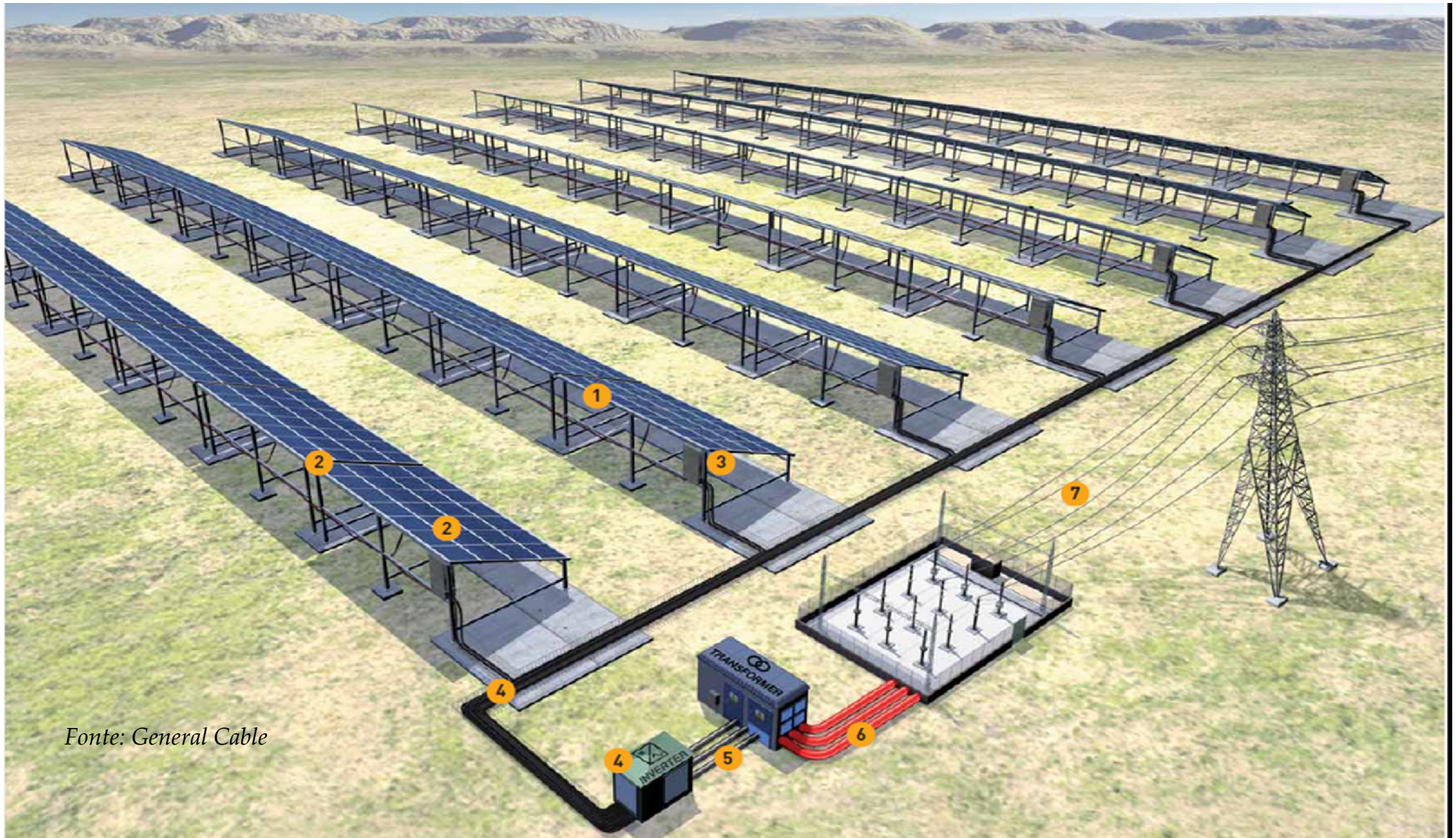
Topologia dos inversores

Legenda:
a) Inversor central;
b) Inversor string;
c) Inversor modular.



Fonte: SMA Ibérica

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes



Fonte: General Cable

1 Sistema de conexión rápida

ex270ent solar connect

Tipo MC4 • Int. Mx. 40A DC • Resistencia de contacto $\leq 1m\Omega$ • $-40^{\circ}C$ a $105^{\circ}C$ IP68 • Secciones de 2,5 a 10 mm² • Longitudes personalizables

2 Conexión entre placas y paneles fotovoltaicos

ex270ent SOLAR ZZ-F (AS)
1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

Será la más adecuada para: desde 1x2,5 hasta 1x35 mm² • Por petición expresa de cliente hasta 240 mm² • Certificado TÜV

3 Instalación BT DC entre paneles y cajas de conexión

ex270ent SOLAR ZZ-F (AS)
1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

Secciónes recomendadas desde 1x2,5 hasta 1x35 mm² • Por petición expresa de cliente hasta 240 mm² • Certificado TÜV

4 Instalación BT DC entre las cajas de conexiones y el inversor

ex270ent SOLAR XZ1FA3Z-K (AS)
1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

Según norma AENOR EA0038
Secciones desde 1x16 hasta 1x300 mm²
Cable con armadura

5 Instalación BT AC hasta el transformador

ex270ent SOLAR XZ1FA3Z-K (AS)
1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

Según norma AENOR EA0038
Secciones desde 1x16 hasta 1x300 mm²
Cable con armadura

6 Cables para el circuito de MT

HERSATENE RHZ1FA3Z1-OL VULPREN HEPRZ1FA3Z1

Cable recomendado MT hasta 30 kV
AT desde 45 kV hasta 400 kV en líneas subterráneas o aéreas
Cable con armadura

7 Cables para líneas aéreas

Conductores aéreos desnudos ACSR

Según norma UNE 21018 y UNE-EN 50182
AT desde 45 kV hasta 400 kV
Secciones desde 30 mm² hasta 635 mm²

Diagrama unifilar – NTD 18 Celtins

Conexão de microgeração fotovoltaica através de unidade consumidora do Grupo B com medição no padrão de entrada

- M** Medição bidirecional, direta ou indireta - instalada em caixa fixada no poste da rede de distribuição
- 1 Elemento de Desconexão (ED) - chave seccionadora instalada junto à caixa do padrão de entrada no limite da via pública com o imóvel
 - 2 Disjuntor de proteção instalado na caixa do padrão de entrada
 - 3 Caixa do Padrão de Entrada de Serviço da UC
 - 4 Quadro de Distribuição da UC
 - 5 Disjuntor de proteção geral da microgeração
 - 6 Elemento de Interrupção (EI)
 - 7 Inversor CC/CA
 - 8 Disjuntor em CC- proteção do gerador fotovoltaico
 - 9 Painel fotovoltaico

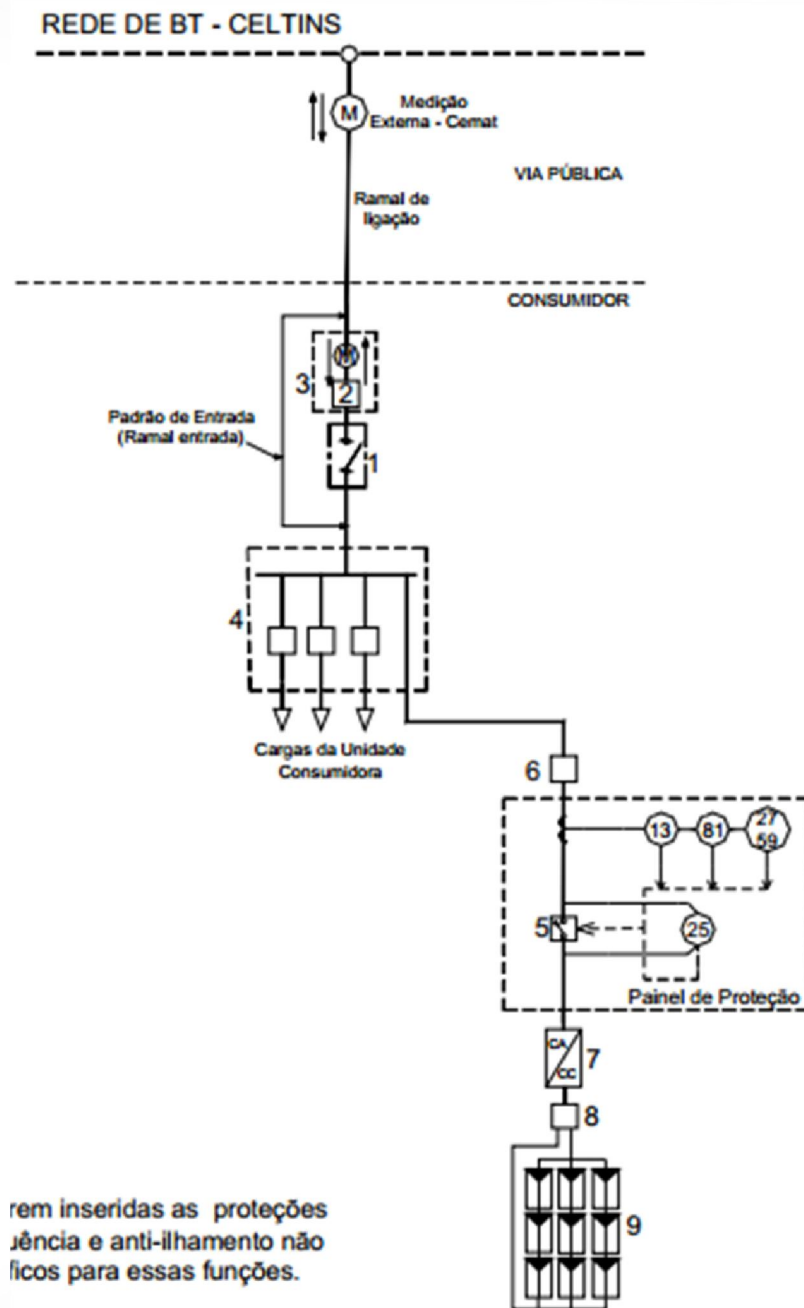
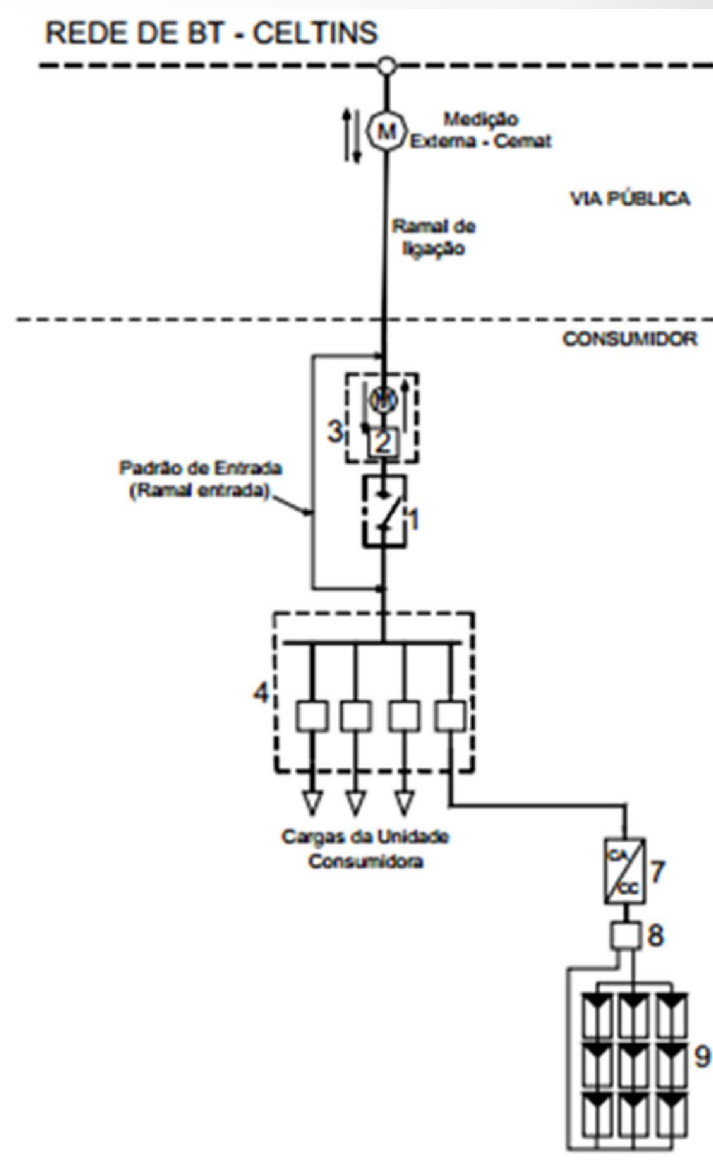


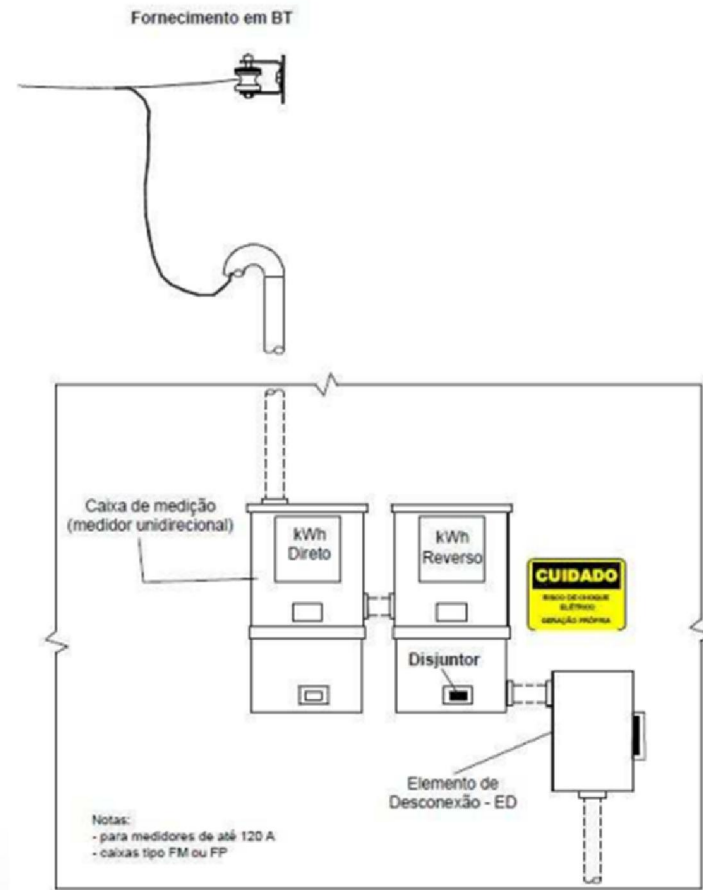
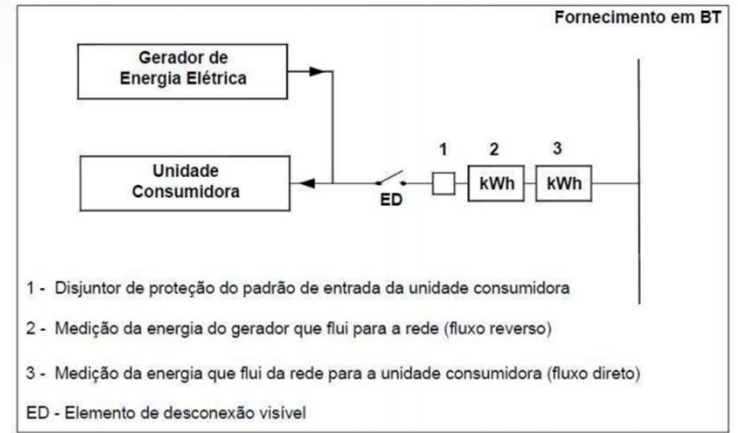
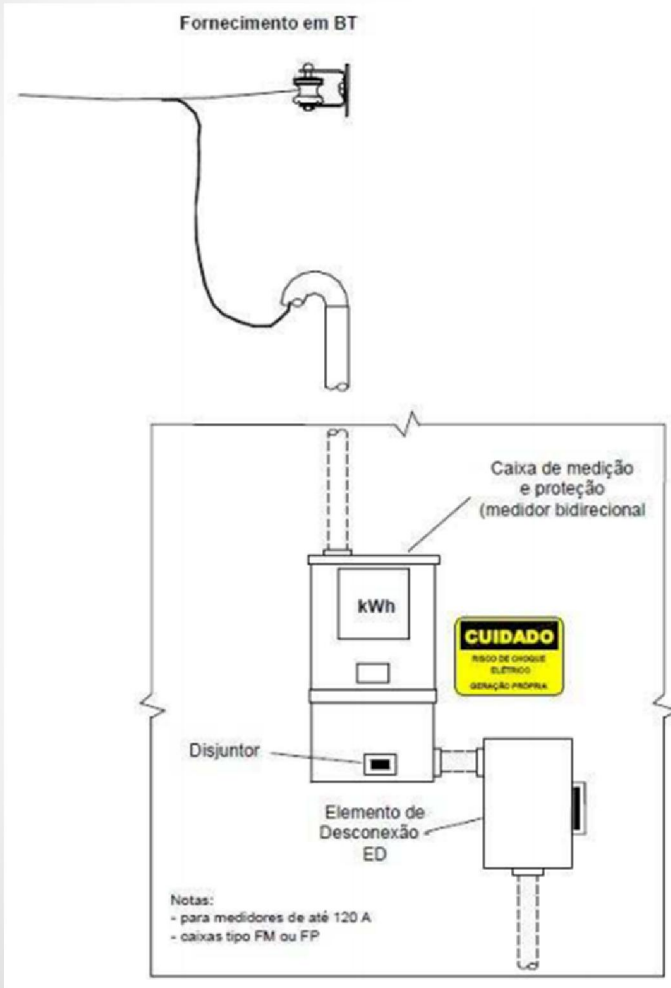
Diagrama unifilar – NTD 18 Celtins

Situação: O inversor já executa as proteções de sub e sobretensão, sub e sobrefrequência, sincronismo com a rede e anti-ilhamento.

- M** Medição bidirecional, direta ou indireta - instalada em caixa fixada no poste da rede de distribuição
- 1 Elemento de Desconexão (ED) - chave seccionadora instalada junto à caixa do padrão de entrada no limite da via pública com o imóvel
 - 2 Disjuntor de proteção instalado na caixa do padrão de entrada
 - 3 Caixa do Padrão de Entrada de Serviço da UC
 - 4 Quadro de Distribuição da UC
 - 5 Disjuntor de proteção geral da microgeração
 - 6 Elemento de Interrupção (EI)
 - 7 Inversor CC/CA
 - 8 Disjuntor em CC- proteção do gerador fotovoltaico
 - 9 Painel fotovoltaico



Detalhes – NTD 18 Celtins



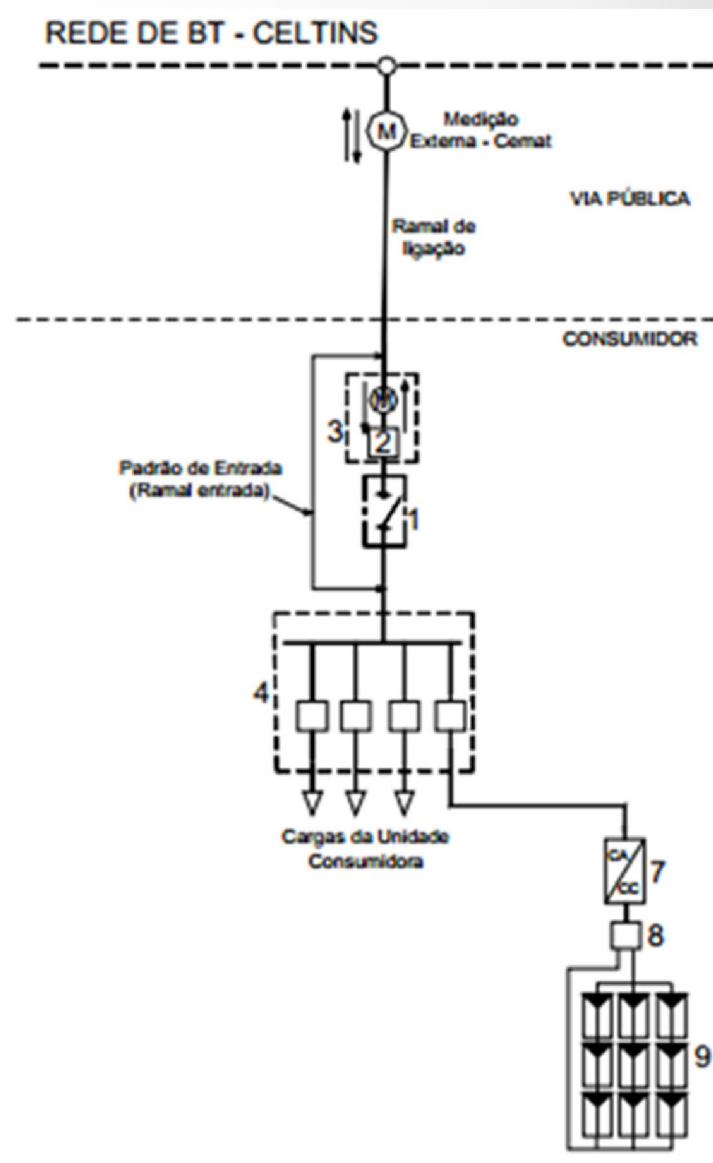
Dimensionamento dos cabos

NTD 18 – CELTINS: “É recomendável que o valor máximo de queda de tensão verificado entre o ponto de instalação do sistema de geração distribuída e o padrão de entrada da unidade consumidora seja de 3%”.

$$S = \frac{2L * \rho * I_n}{e * V} \text{ [mm}^2\text{]}$$



$$\rho = 1/56 \text{ (}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m)}$$



Dimensionamento dos cabos

Dimensiones					
Sección	Diámetro	Peso	Aire libre a 30°C	Enterrado a 20°C	Caída tensión
mm ²	mm	kg/km	A	A	V/A · km
1 x 1,5	5,7	41	21	22	29,5
1 x 2,5	6,2	53	29	29	17,7
1 x 4	6,7	69	40	37	11,0
1 x 6	7,2	89	53	46	7,32
1 x 10	8,2	134	74	61	4,23
1 x 16	9,3	193	101	79	2,68
1 x 25	10,9	284	135	101	1,73
1 x 35	12,1	377	169	122	1,23
1 x 50	13,8	522	207	144	0,860
1 x 70	15,9	721	268	178	0,603
1 x 95	17,6	913	328	211	0,457
1 x 120	19,5	1.156	383	240	0,357
1 x 150	21,7	1.450	444	271	0,286
1 x 185	23,9	1.745	510	304	0,235
1 x 240	26,9	2.285	607	351	0,178
1 x 300	29,6	2.844	703	396	0,142
1 x 400	33,8	3.726	823	464	0,108
1 x 500	37,4	4.728	946	525	0,085

Fonte: Top Cable, POWERFLEX

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

●

Proteção em corrente contínua

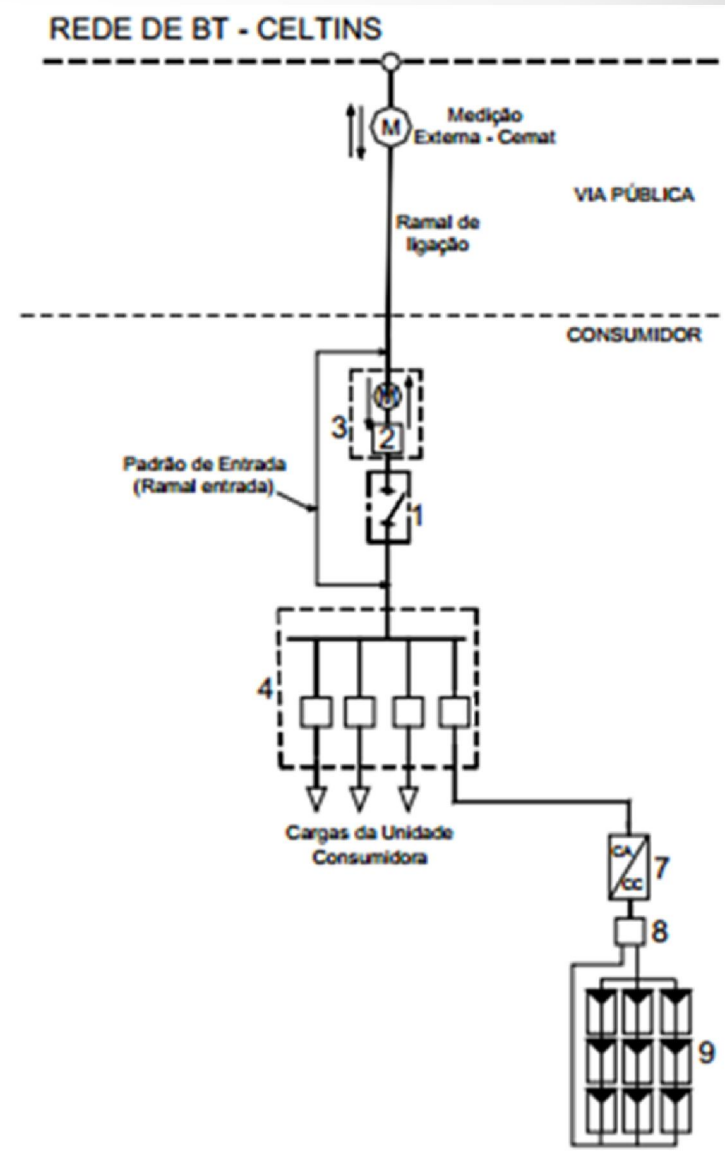


$$I_{ccarranjo} * 1,25 < I_D < I_Z$$

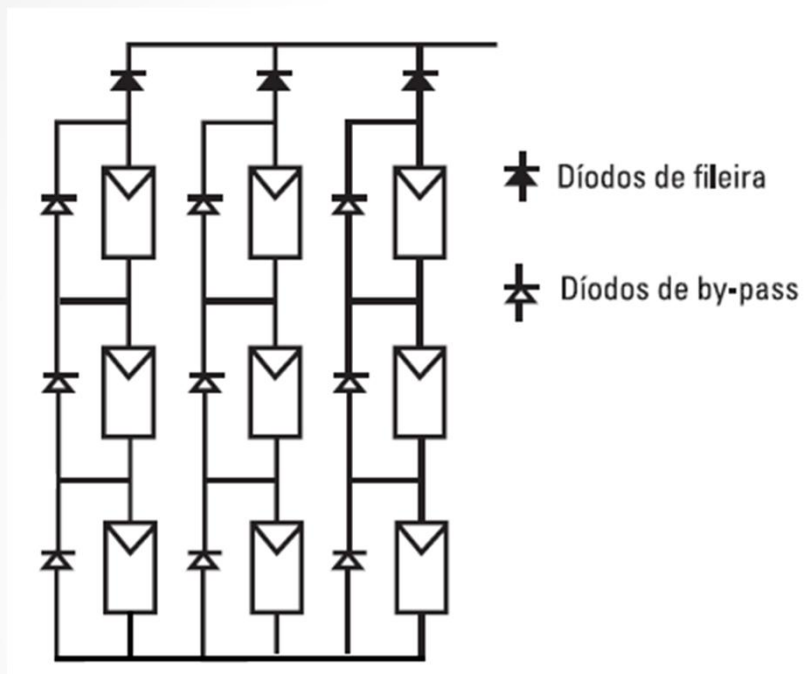
Proteção em corrente alternada

- Sub e sobretensão (27/59);
- Sub e sobrefrequência (81);
- Sincronismo com a rede (25);
- Anti-ilhamento (13).

$$I_{Ninversor} * 1,5 < I_D < I_Z$$



Proteção contra corrente reversa



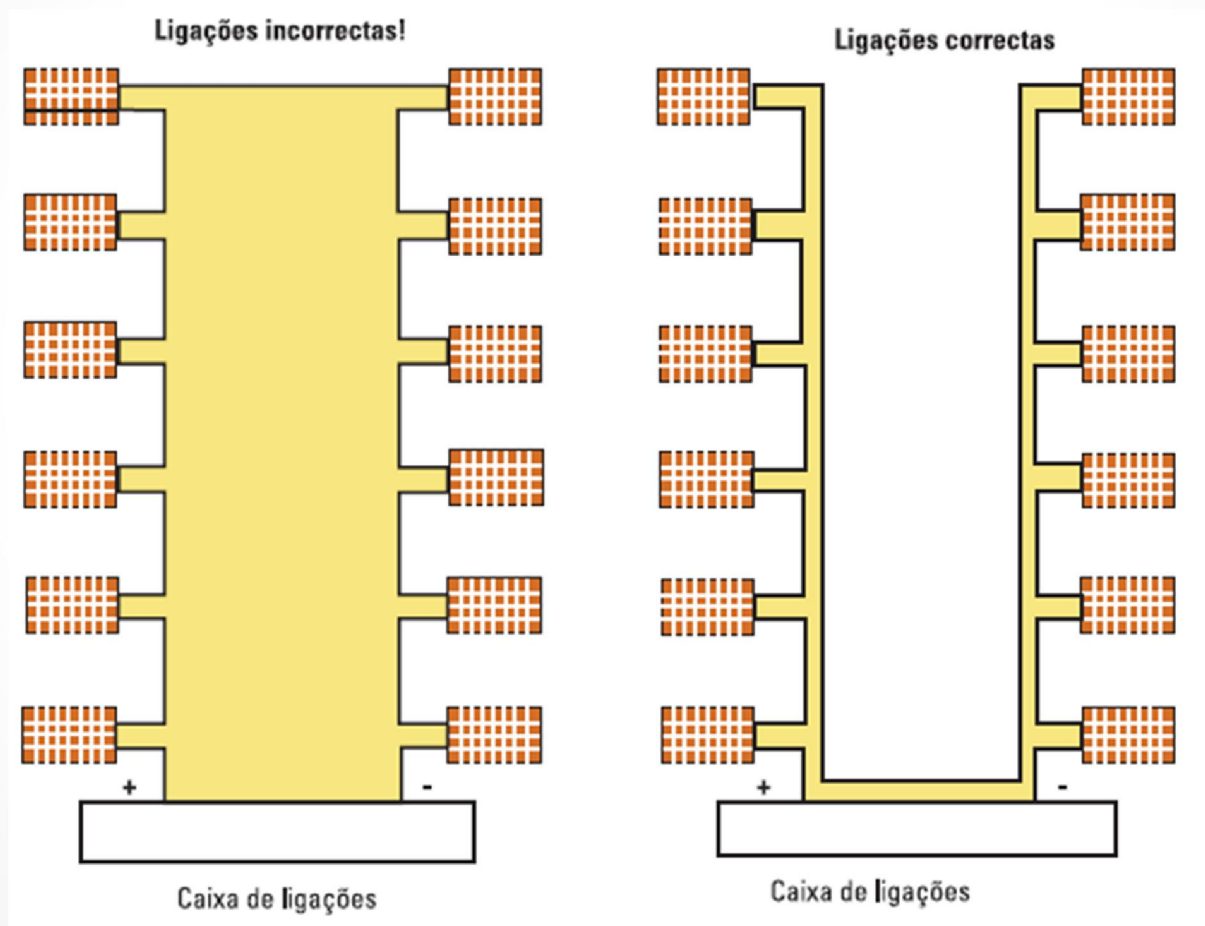
Diodo Schottky
Até 30A/60V



Fonte: SMA Ibérica

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

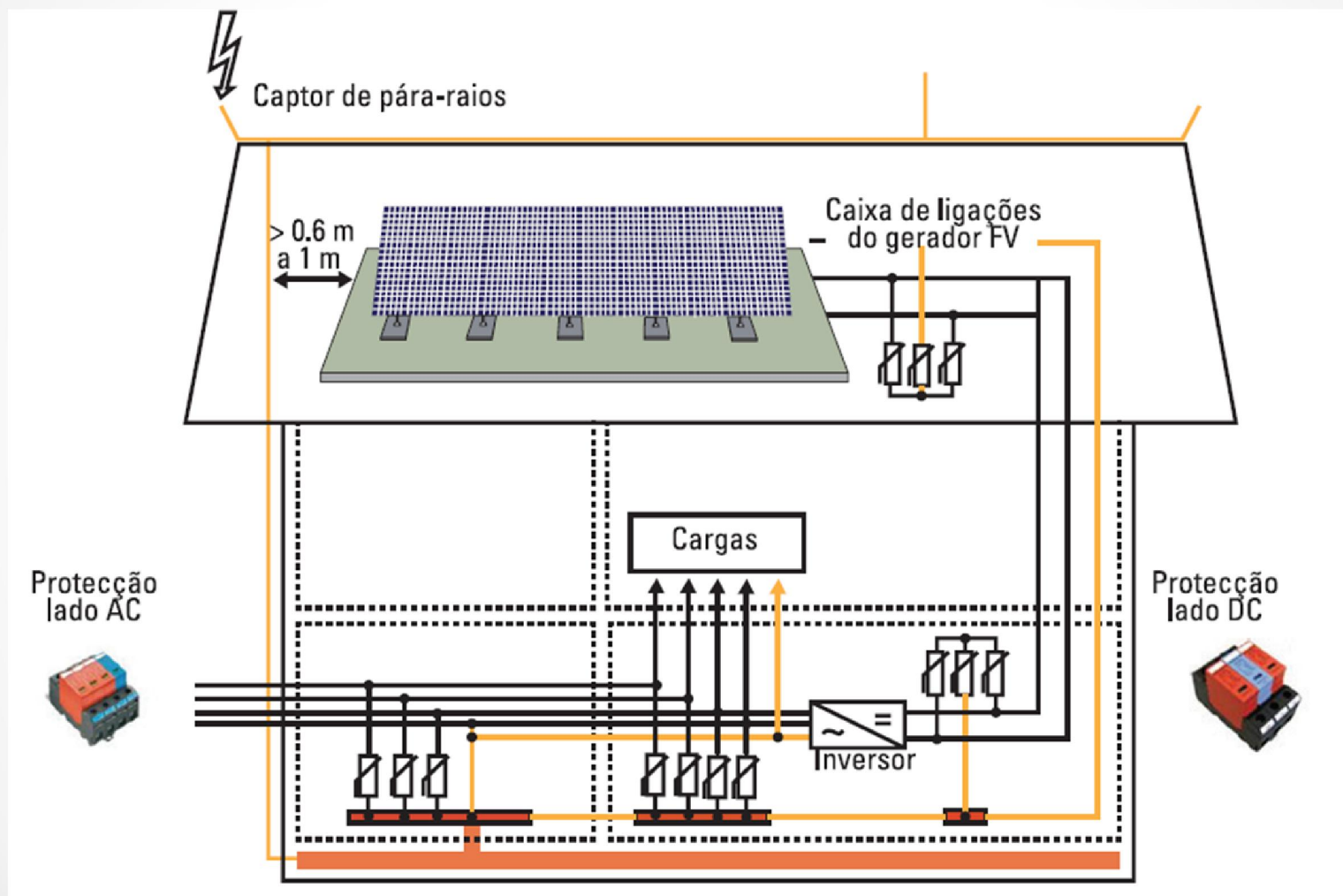
Acoplamento eletromagnético



Fonte: Weidmüller

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

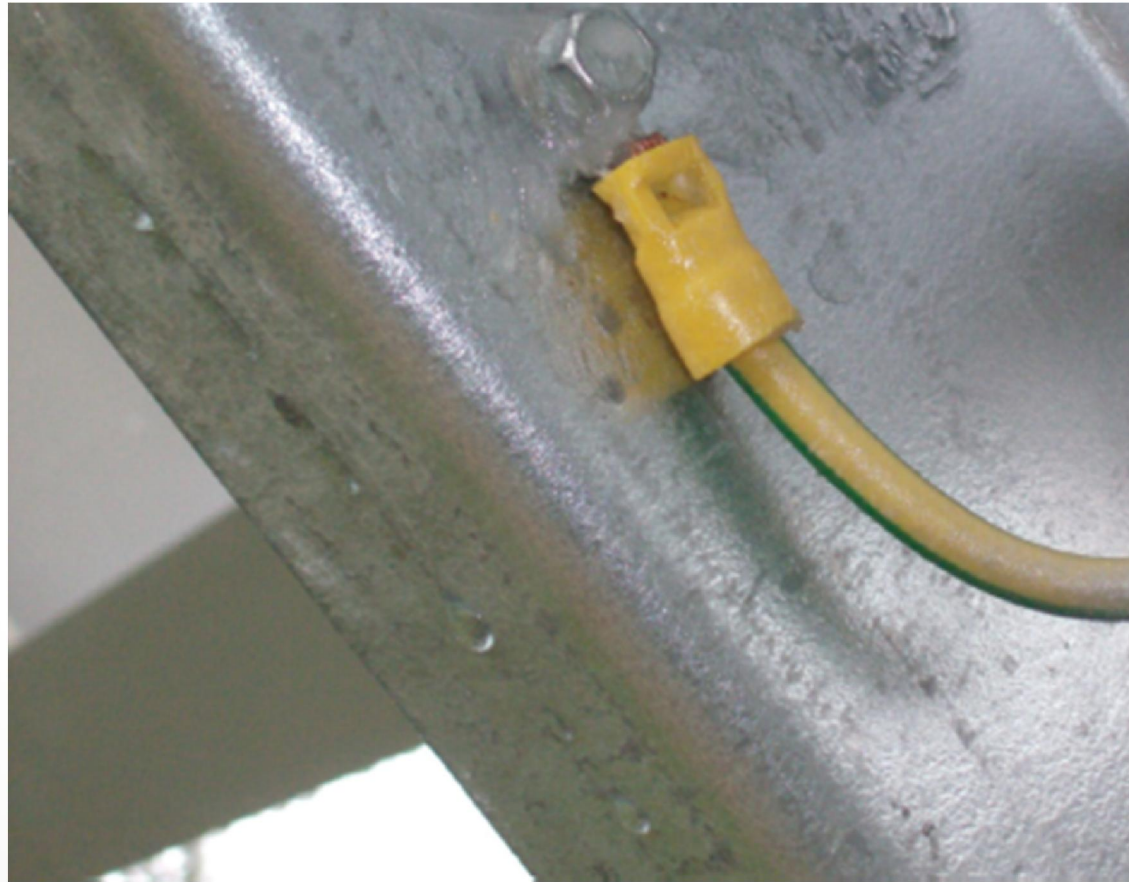
Proteção contra Descarga Atmosférica



Fonte: Weidmüller

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

Proteção contra Descarga Atmosférica

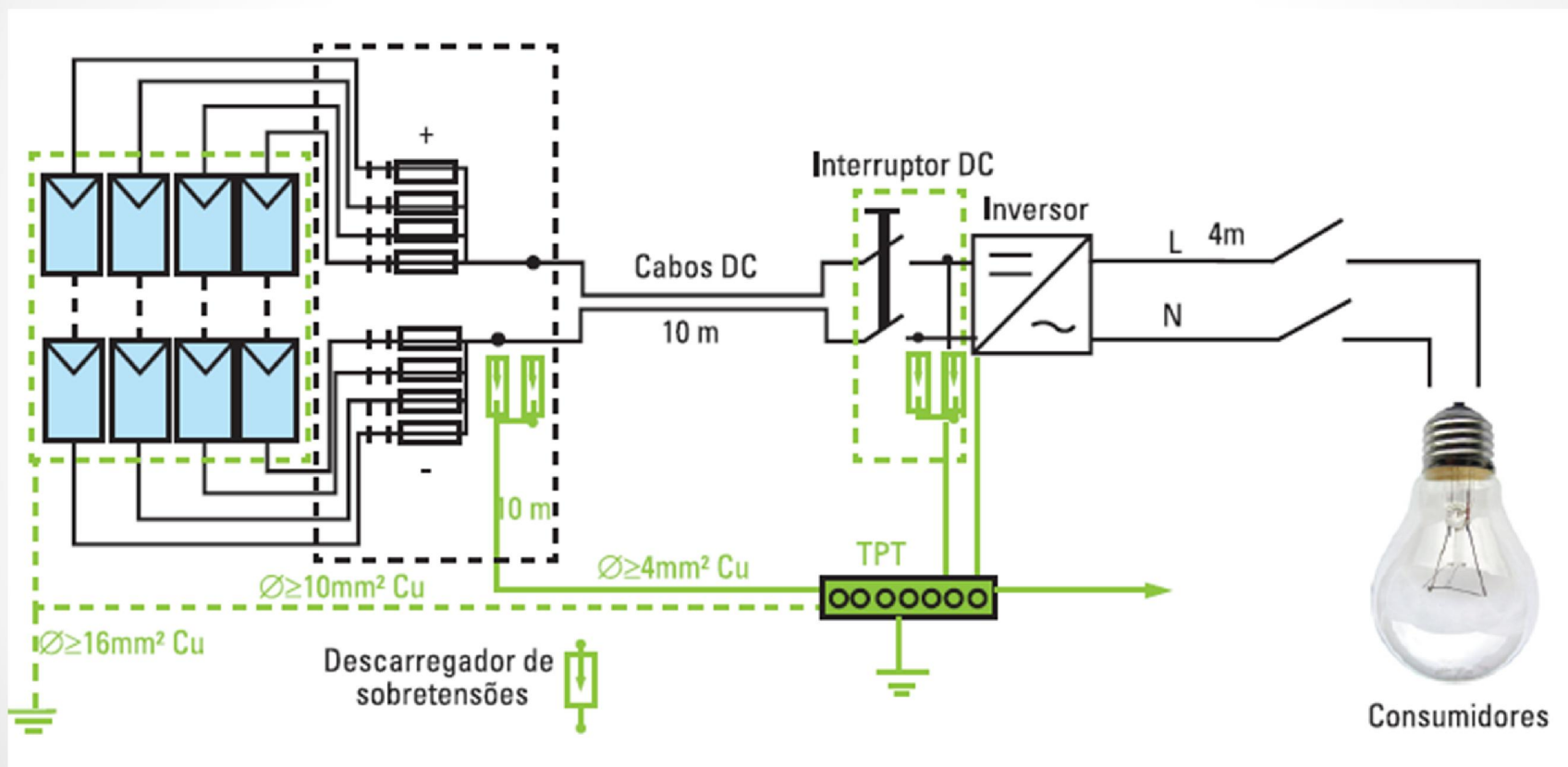


Fonte: KleanEnergie4Life, Lda.

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes



Proteção contra Descarga Atmosférica



Fonte: Adaptado de Seminários Weidmüller

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

Proteção contra Descarga Atmosférica



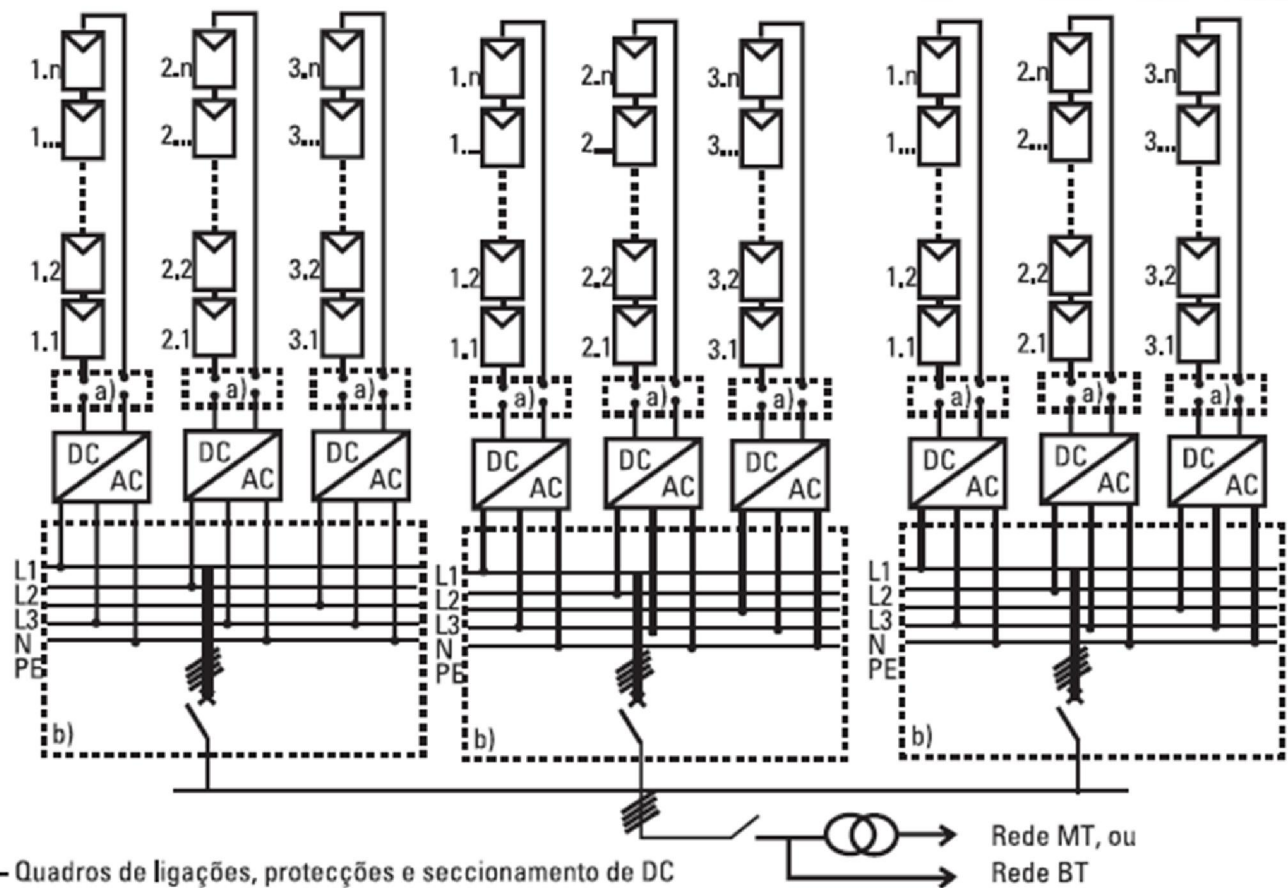
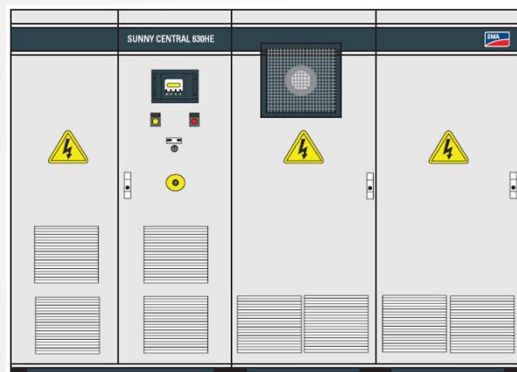
Fonte: KleanEnergie4Life, Lda.

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes



Visão geral de um SFCR

Sistema fotovoltaico de 45 kW
(9 inversores monofásicos de 5 kW)



a) - Quadros de ligações, protecções e seccionamento de DC
b) - Quadros de protecção e corte de AC

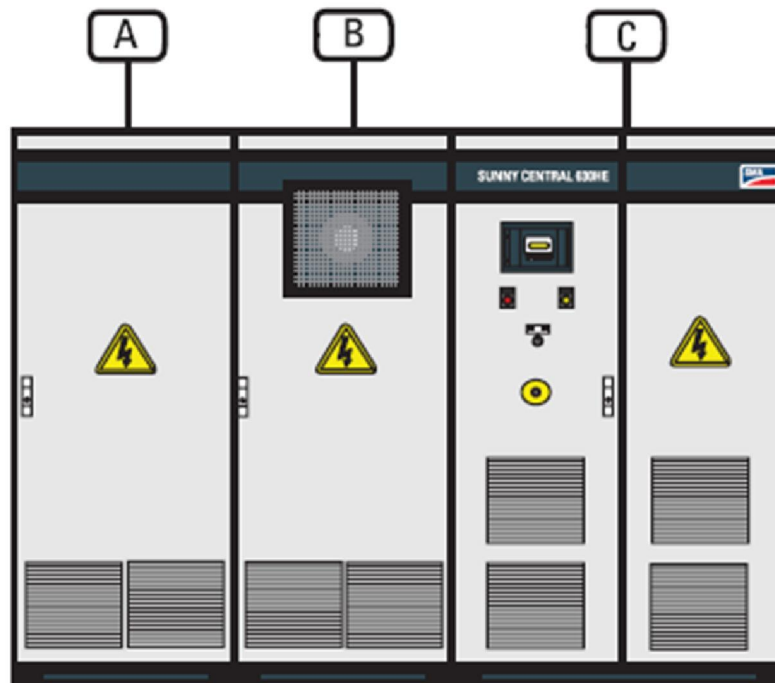
Fonte: Seminários Minigeração Weidmüller

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

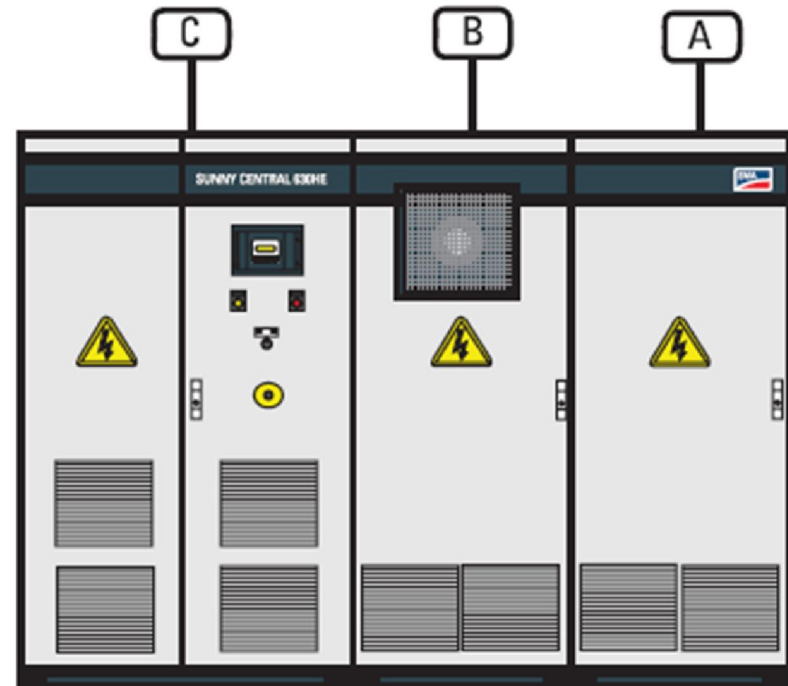
Visão geral de um SFCR

Legenda:
A – Cabine DC;
B – Cabine do inversor;
C – Cabine AC.

Sistema visto do lado esquerdo



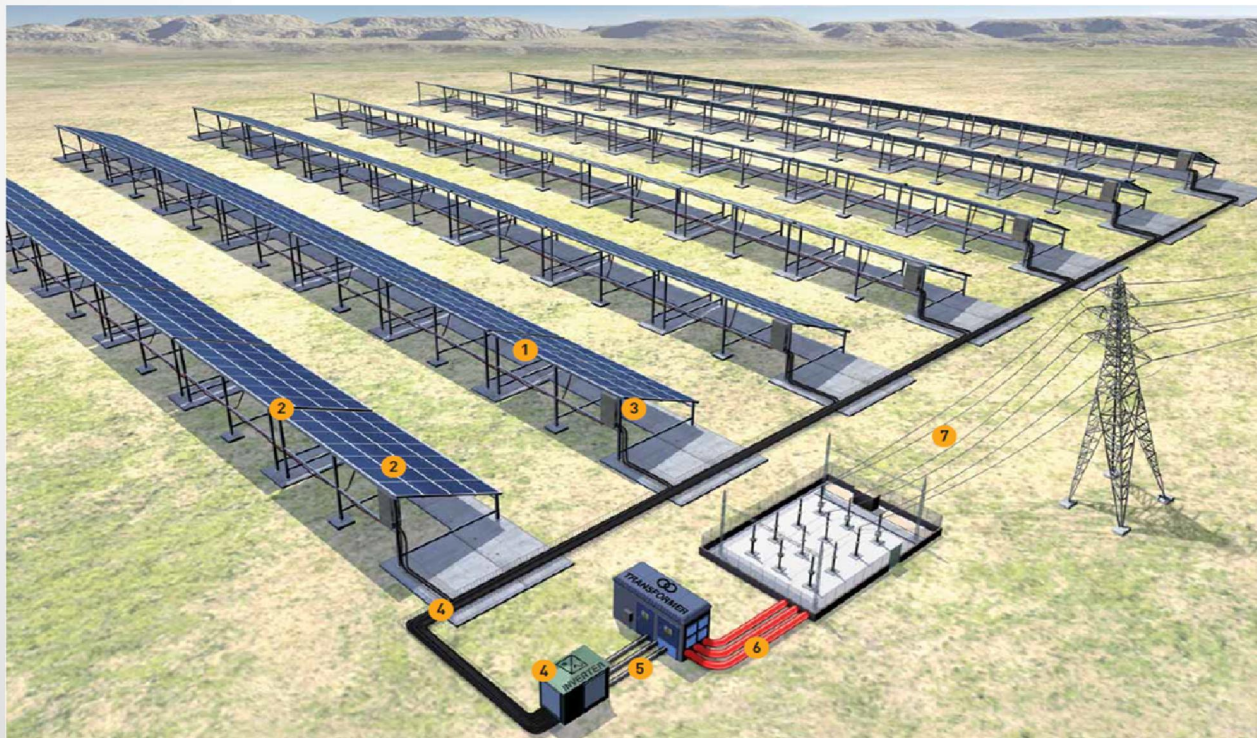
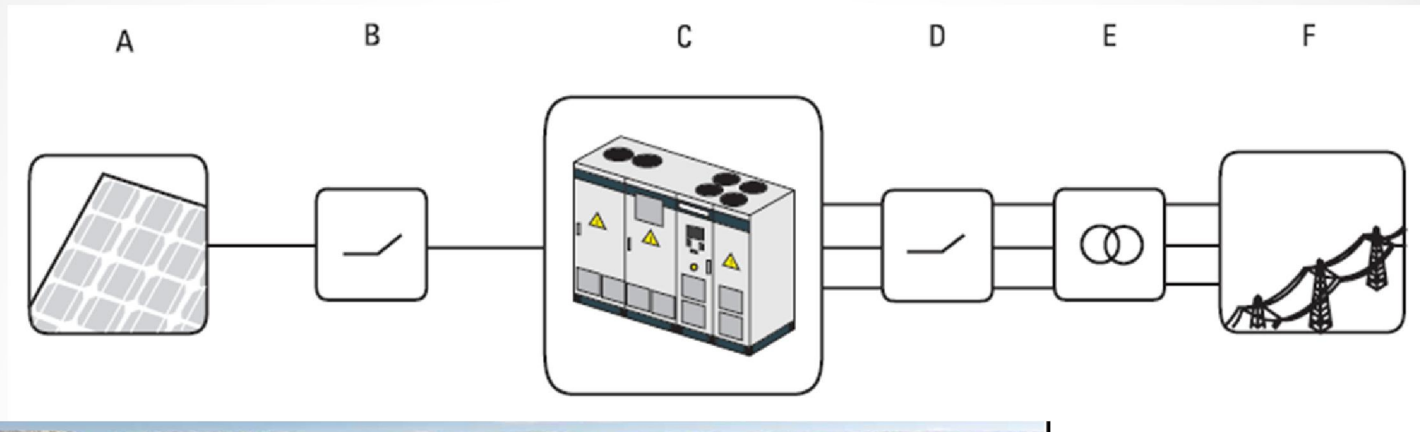
Sistema visto do lado direito



Fonte: SMA Ibérica Tecnología Solar, SL

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

Visão geral de um SFCR



Legenda:
A – Gerador FV;
B – Corte do lado DC;
C – Sunny MiniCentral;
D – Corte do lado AC;
E – Transformador;
F – Rede Pública.

Fonte: SMA Ibérica Tecnología Solar, SL

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes