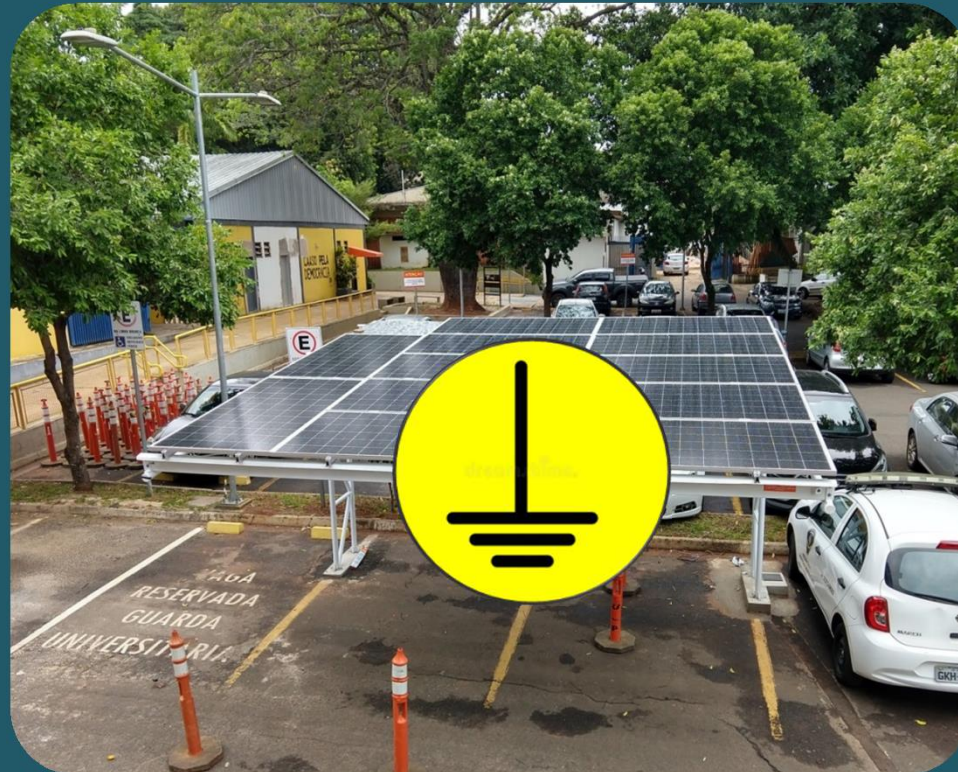




Curso solar USP



Aterramento em sistemas fotovoltaicos

Prof. Dr. Elmer Pablo Tito Cari

Email: elmerpab@sc.usp.br

Aterramento em sistemas fotovoltaicos

NBR 16690:2019

6.4.1. Aterramento e equipotenciação



NBR 5410:2004

**Instalações elétricas de
baixa tensão**

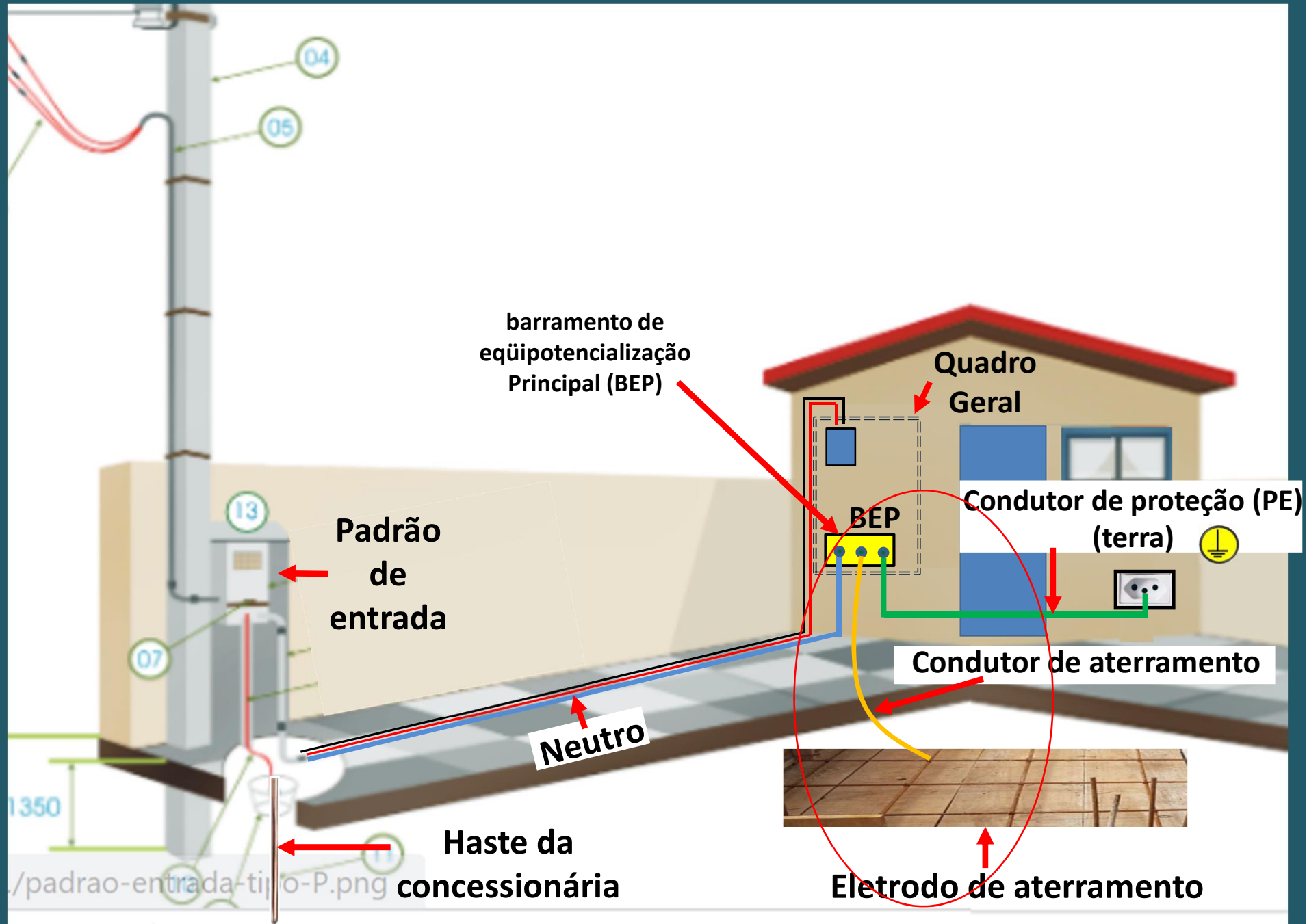
1500V (CC) e 1000V (CA)



NBR 5419:2015

**Proteção contra
descargas atmosféricas**

**5.4.1. “Única estrutura de
aterramento (TV, cabo, SPDA,
fotovoltaico, etc)”**



barramento de equipotencialização Principal (BEP)

Quadro Geral

Padrão de entrada

Condutor de proteção (PE) (terra)

Condutor de aterramento

Neutro

Haste da concessionária

Eletrodo de aterramento



Aterramento NBR 5410/2004

6.4 .1.1 Eletrodos de aterramento

6.4.1.1.1 Toda edificação deve dispor de uma infraestrutura de aterramento, denominada eletrodo de aterramento:

Opção 1:

a) Preferencialmente, uso das próprias armaduras de concreto das fundações (ver 6.4.1.1.9); ou

6.4.1.1.9 “As armaduras das fundações são suficientes para eletrodo de aterramento”.

NBR 5419/2015 (5.4.4)

Eletrodos de aterramento naturais

“Necessidade de teste de continuidade.”

Solda elétrica ou splitbolt



Barramento de Equipotencialização Principal (BEP)

Barra de cobre 16mm²
ou 50mm²
NBR 5419/2015
(6.2.2.4)

Aço zincado 10m²
(Rebar 3/8)
NBR 5410/2004
(6.4.1.2.3)

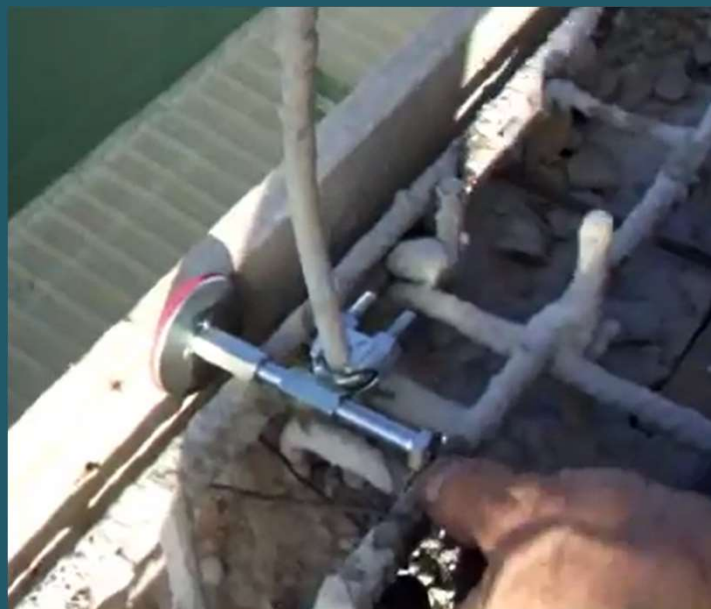


Solda exotérmica ou splitbolt bimetálico

Conectores para aterramento estrutural



1



2



3



4

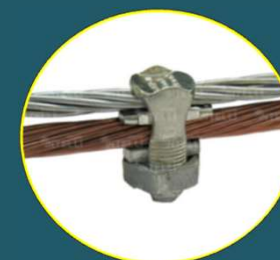
Fonte: Catálogo Metal Para Raios

<https://www.montal.com.br/>

Opção 2:

b) Uso de fitas, barras ou cabos metálicos, especialmente previstos, imersos no concreto das fundações (ver 6.4.1.1.10);ou...

6.4.1.1.10 Nas fundações em alvenaria, a infra-estrutura de aterramento pode ser constituída por fita, barra ou cabo de aço galvanizado imerso no concreto das fundações, formando um anel em todo o perímetro da edificação. A fita, barra ou cabo deve ser envolvido por uma camada de concreto de no mínimo 5 cm de espessura, a uma profundidade de no mínimo 0,5 m. As seções mínimas da fita, barra ou cabo são aquelas indicadas na **tabela 51**.



Usando solda exotérmica ou splitbolt bimetálico



Aço inox 95mm²



Cobre 50mm²

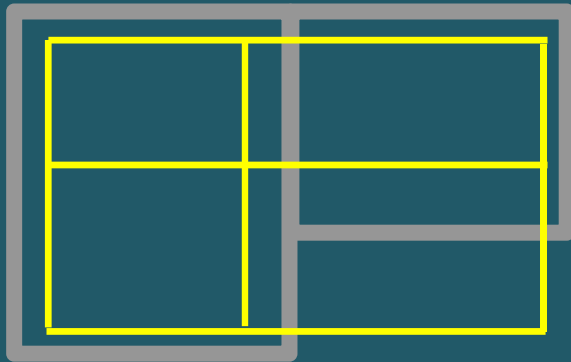
**Tabela 51 — Materiais comumente utilizáveis em eletrodos de aterramento
 – Dimensões mínimas do ponto de vista da corrosão e da resistência mecânica,
 quando os eletrodos forem diretamente enterrados**

Material	Superfície	Forma	Dimensões mínimas			
			Diâmetro mm	Seção mm ²	Espessura do material mm	Espessura média do revestimento μm
Aço	Zincada a quente ¹⁾ ou inoxidável ¹⁾	Fita ²⁾		100	3	70
		Perfil		120	3	70
		Haste de seção circular ³⁾	15			70
		Cabo de seção circular		95		50
		Tubo	25		2	55
	Capa de cobre	Haste de seção circular ³⁾	15			2 000
	Revestida de cobre por eletrodeposição	Haste de seção circular ³⁾	15			254
Cobre	Nu ¹⁾	Fita		50	2	
		Cabo de seção circular		50		
		Cordoalha	1,8 (cada veio)	50		
		Tubo	20		2	
	Zincada	Fita ²⁾		50	2	40

Opção 3:

c) uso de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações, cobrindo a área da edificação e complementadas, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente (“pés-degalinha”); ou

Vista da planta da casa



Malha metálica

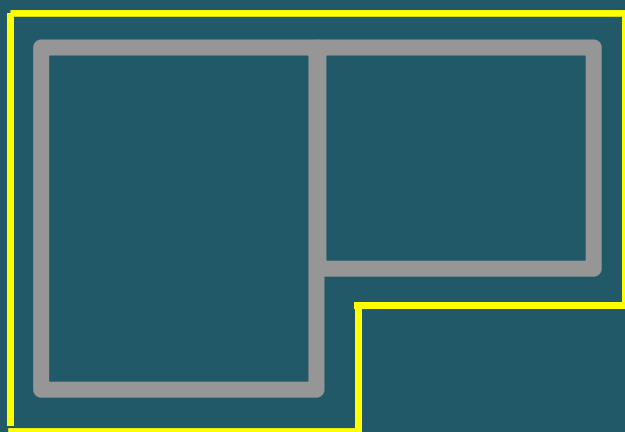
Vista 3D



Opção 4:

d) No mínimo, uso de anel metálico enterrado, circundando o perímetro da edificação e complementado, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente (pés-de-galinha)

Vista da planta da casa



Anel metálico externo

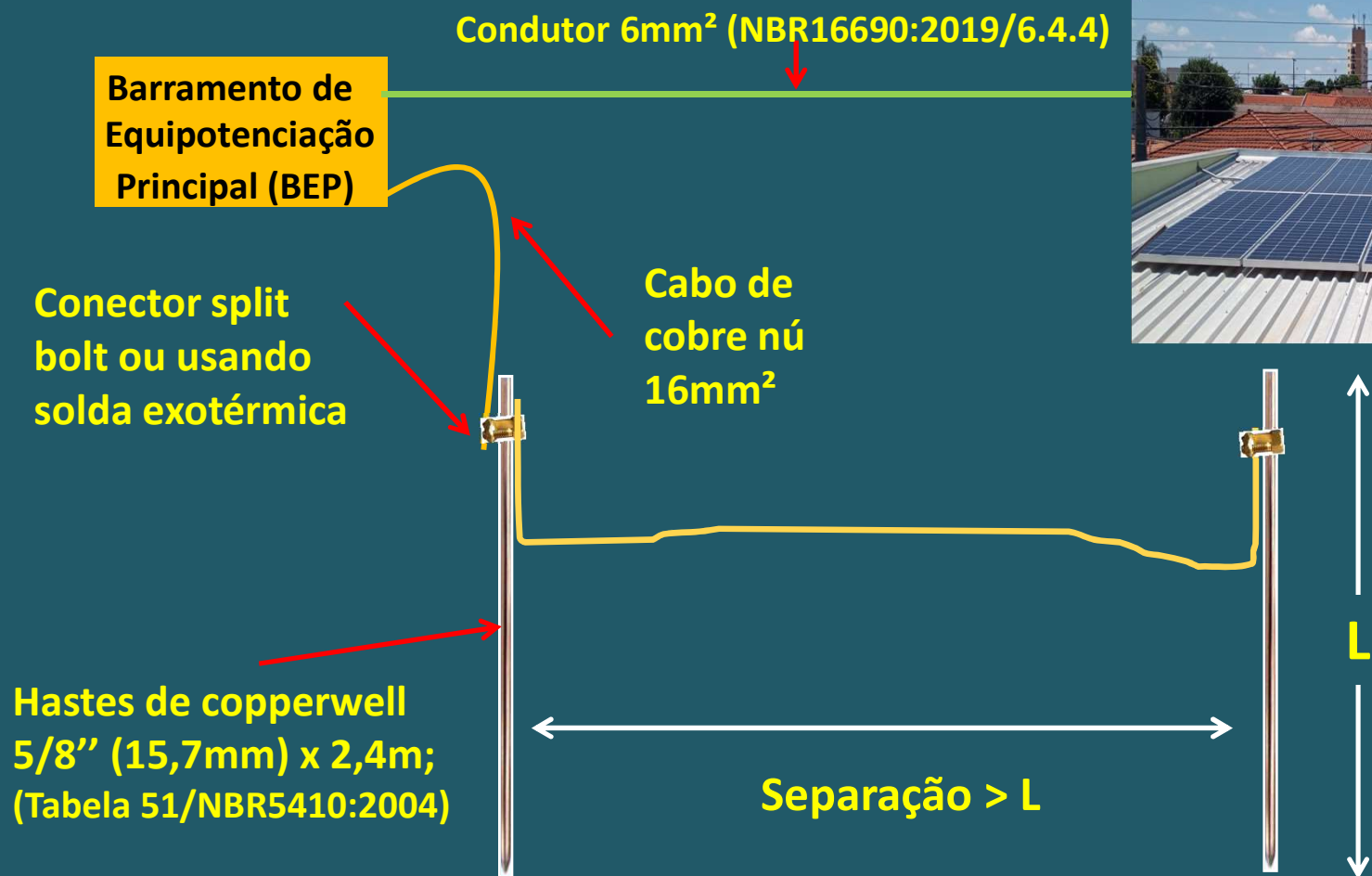
Vista 3D



Anel metálico externo

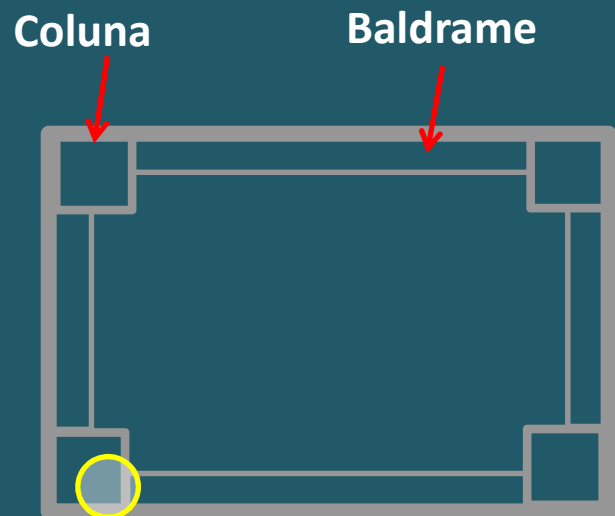
(NBR 5419:2015 /5.4.3.
Enterrado a 0,5m de profundidade)

Opção 5: Outras soluções de aterramento são admitidas em instalações temporárias; em instalações em áreas descobertas, como em pátios e jardins; em locais de acampamento, marinas e instalações análogas; e na reforma de instalações de edificações existentes, quando a adoção de qualquer das opções indicadas em 6.4.1.1.1 for impraticável.



Exemplo 1:
Casa sem aterramento

Vista da planta da casa



Vista 3D



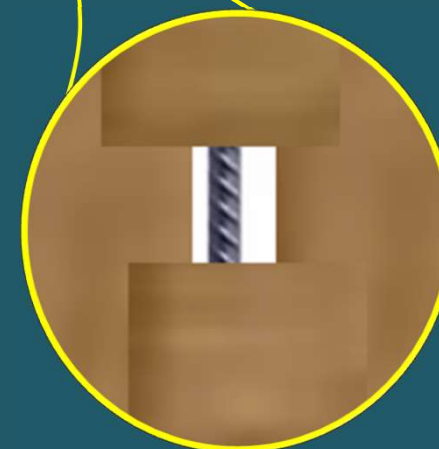
Opção 1:

Uso das próprias armaduras de concreto das fundações

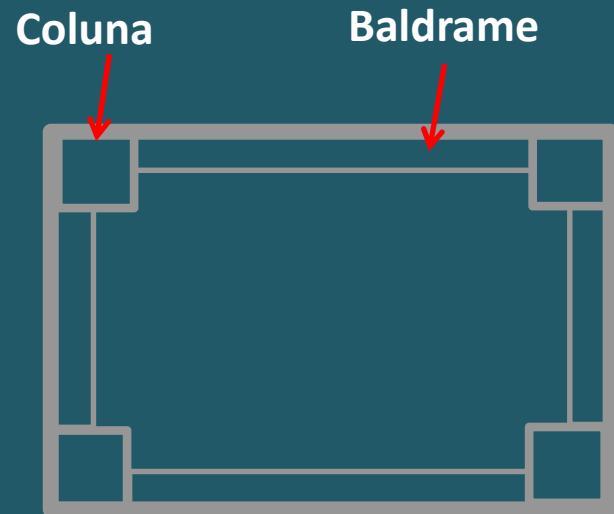
NBR 5419/2015 (5.4.4)
"Teste de continuidade."



Miliômetro $R < 1\Omega$
(NBR5419:2015/Anexo F)



Vista da planta da casa



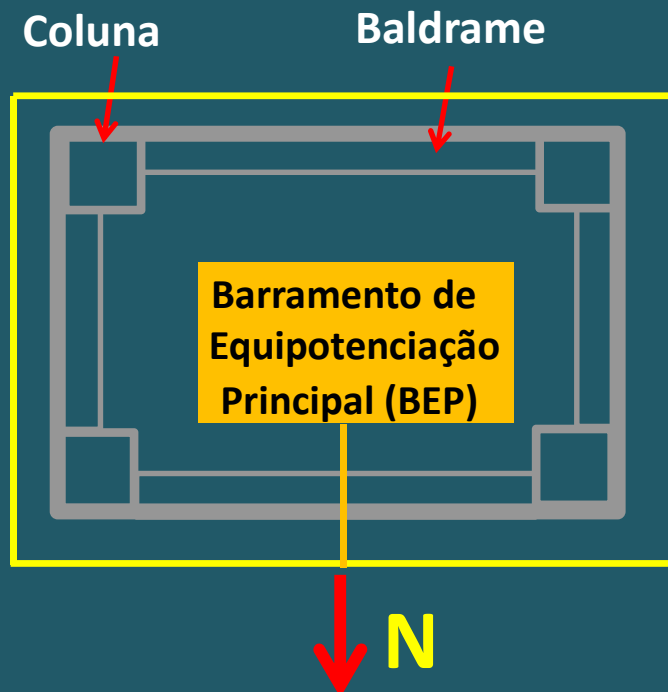
Vista 3D



Opção 2: Uso de fitas, barras ou cabos metálicos imerso no concreto: Inviável

Opção 3: Uso de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações: Inviável

Vista da planta da casa

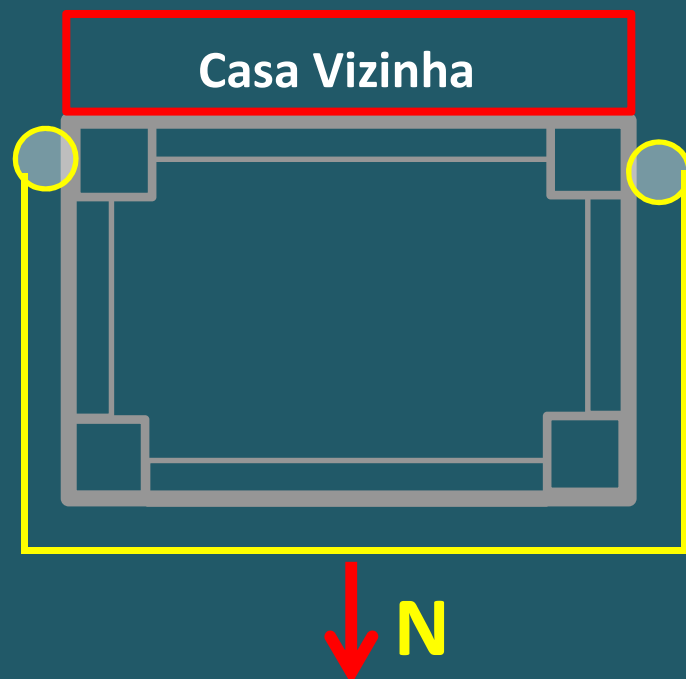


Vista 3D

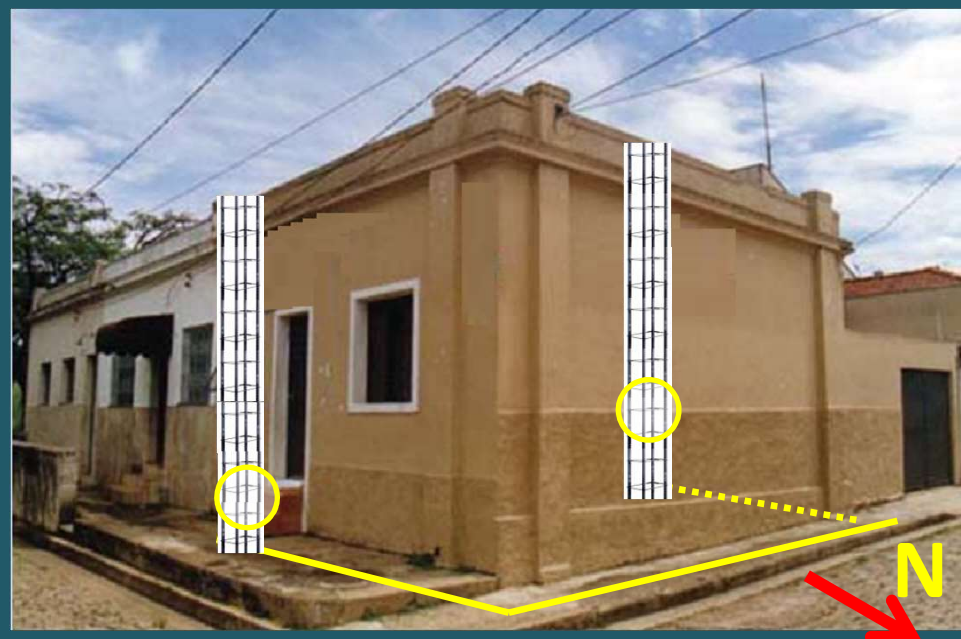


Opção 4: Uso de anel metálico enterrado (0,5m) no perímetro: Parcialmente viável

Vista da planta da casa

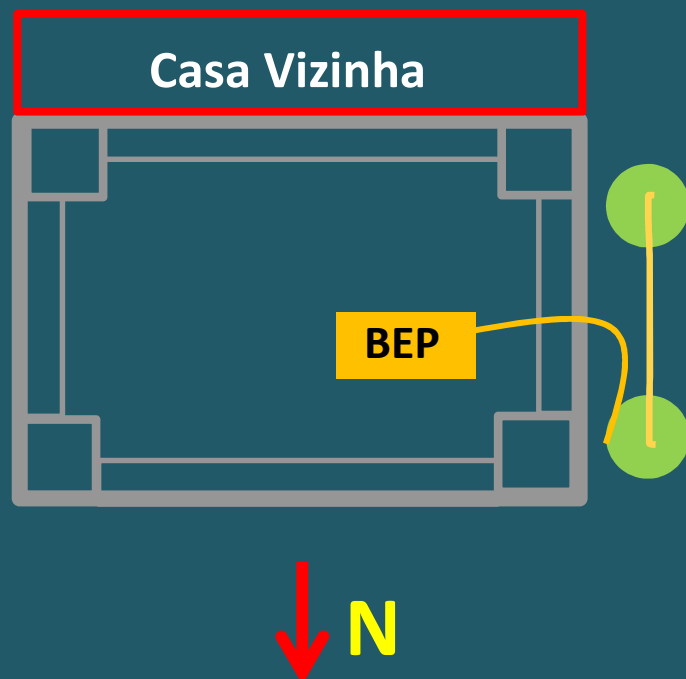


Vista 3D



Opção 41: Uso de anel metálico enterrado (0,5m) no perímetro + uso de estrutura do baldrame/colunas.

Vista da planta da casa



Vista 3D



Opção 5: Outras soluções de aterramento...reforma de instalações...:



**Exemplo 2:
Carport Solar
(estacionamento Solar)**

Estacionamento Solar 1



Fonte: Carport Solarfix

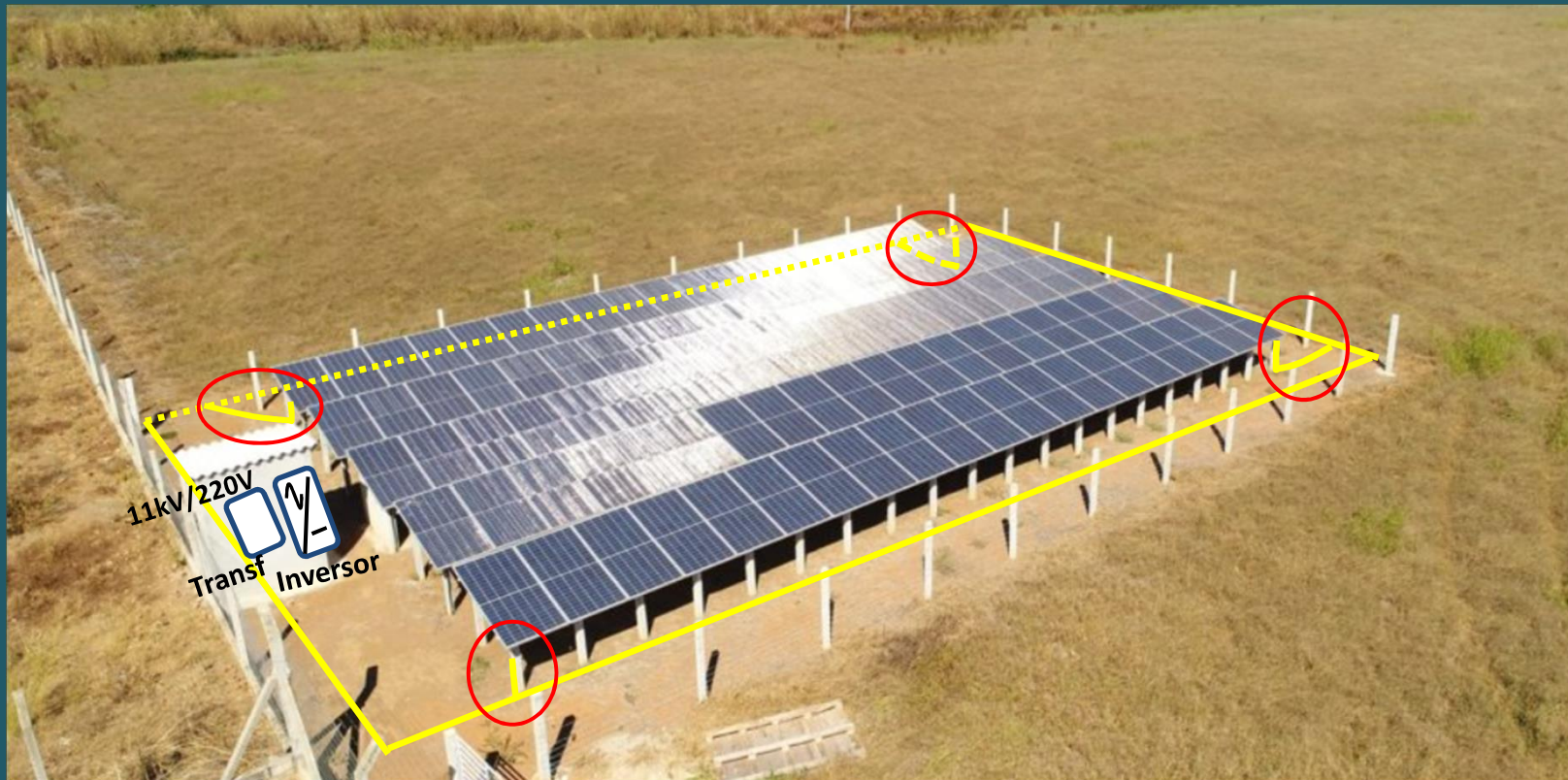
Estacionamento Solar 2: 35,5 kWp



Exemplo 3:
Mini e Micro usinas solares

$P_{\text{INSTALADA}} < 5\text{MW}$

Gerador Fotovoltaico Rural 33,60 kWp



Fonte: Unita Solar

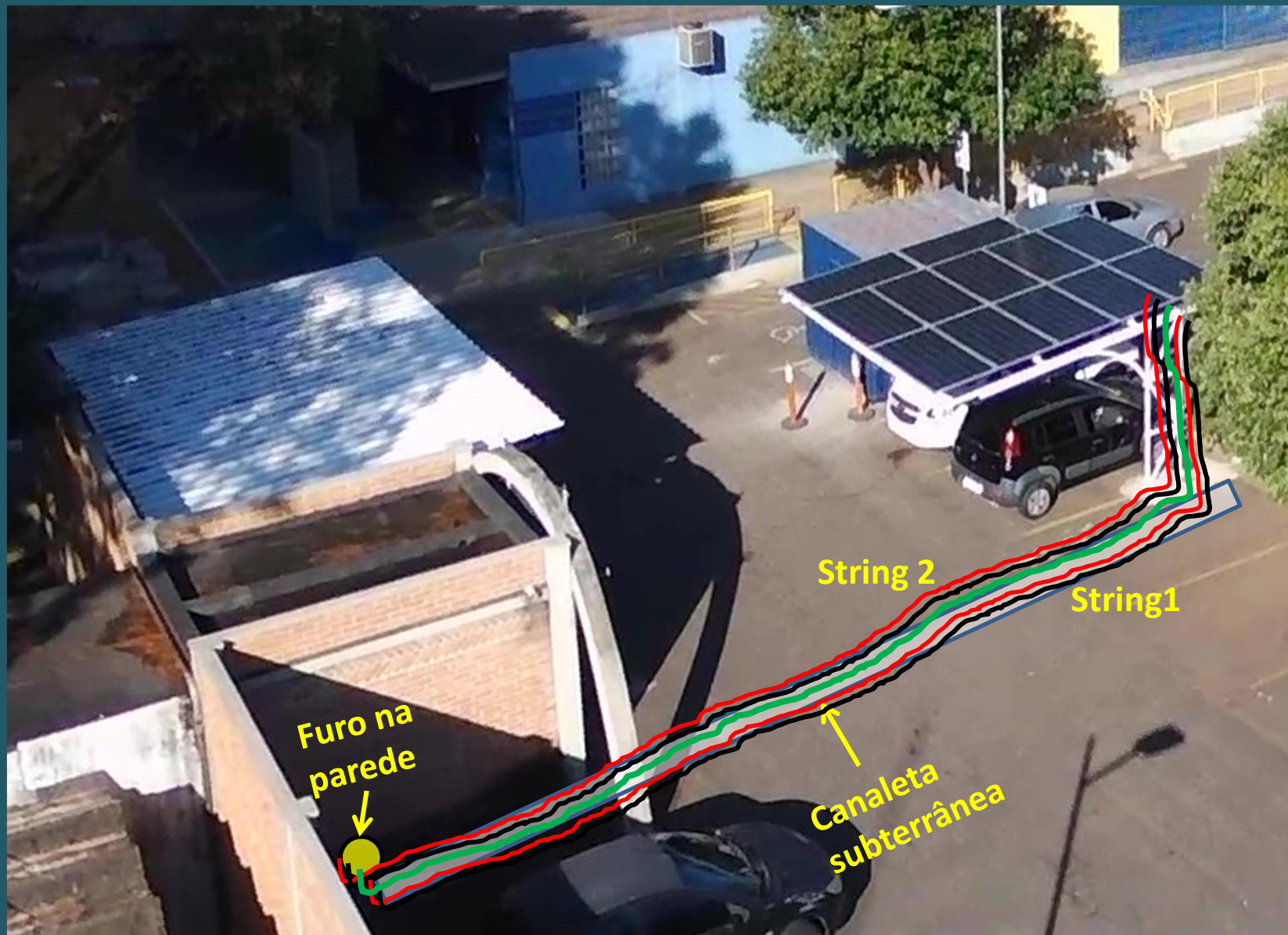
Resumo:

- O sistema de aterramento de um sistema fotovoltaico (SFV) é o mesmo da instalação existente.
- Não é necessário fazer um sistema de aterramento só para o sistema fotovoltaico.
- Caso o lugar onde será instalado o sistema fotovoltaico não tem aterramento, é necessário fazer um sistema de aterramento de acordo com a NBR 5410:2004.

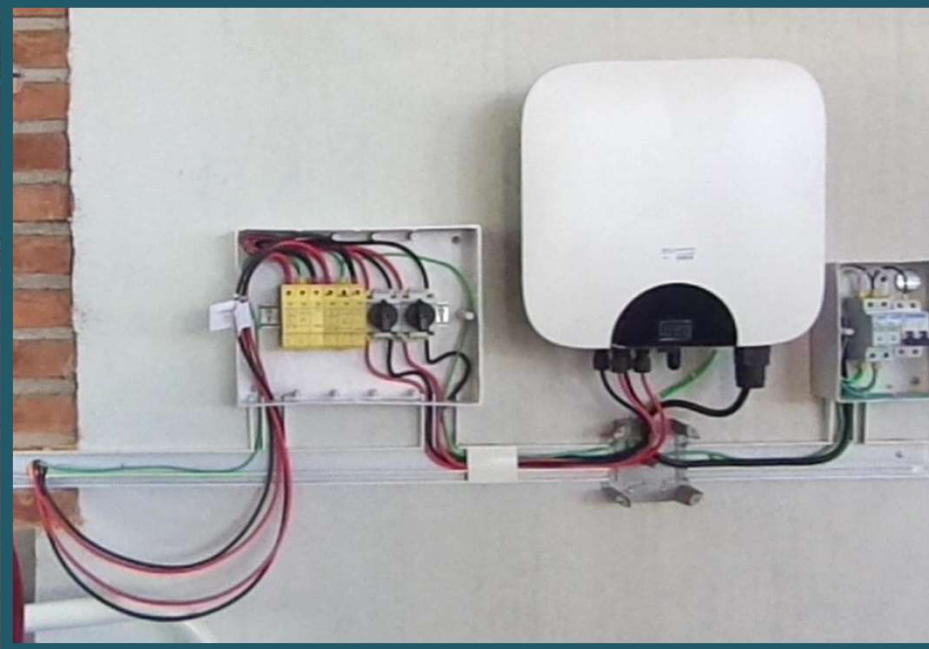
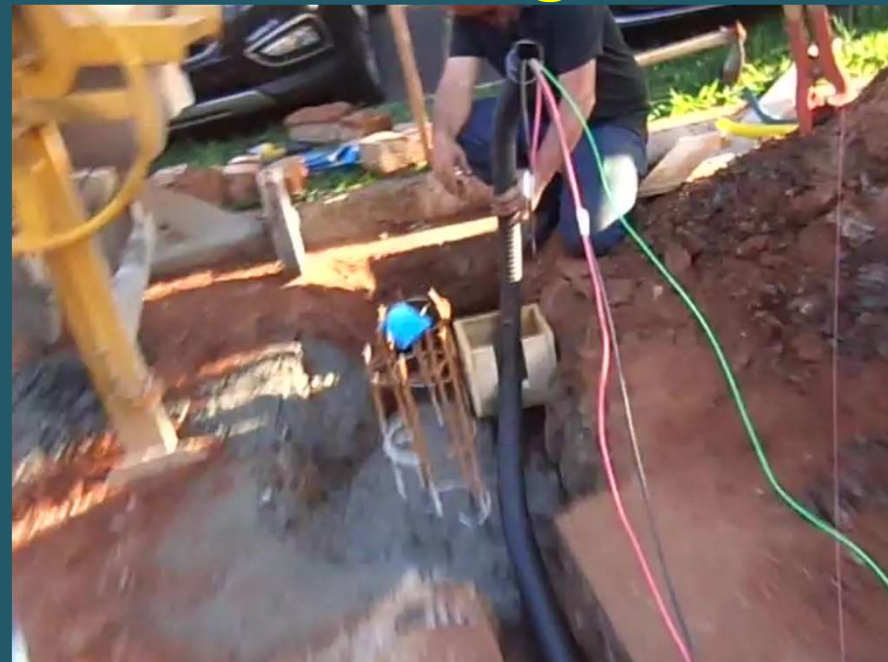
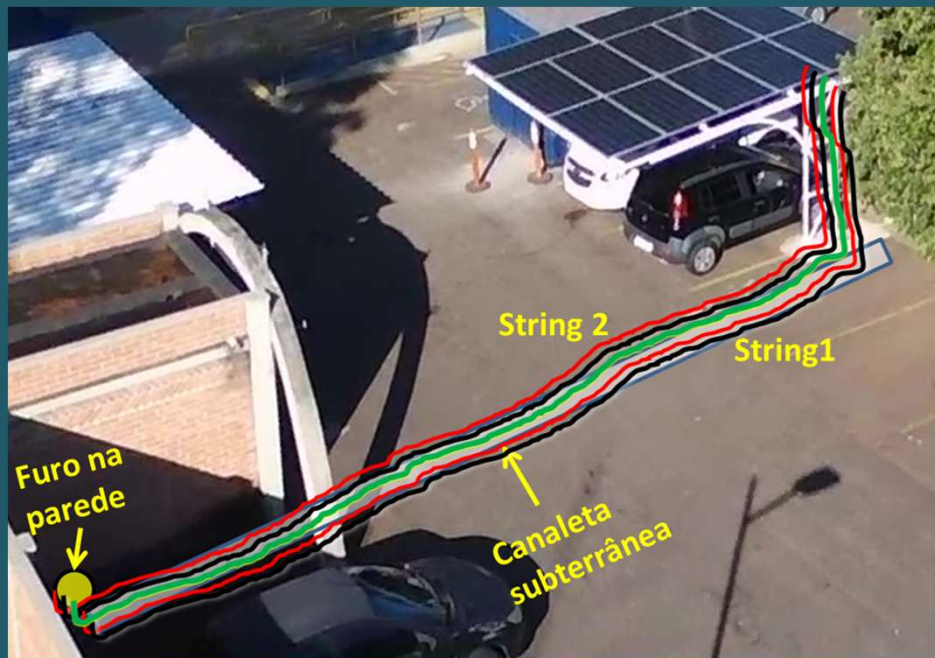
Exemplo: Aterramento do Carport Solar USP 4,5 kWp



Estacionamento (Carport) Solar USP 4,5kWp– Duas Vagas



Estacionamento Solar USP – Duas Vagas



Estacionamento Solar USP 4,5kWp– Duas Vagas

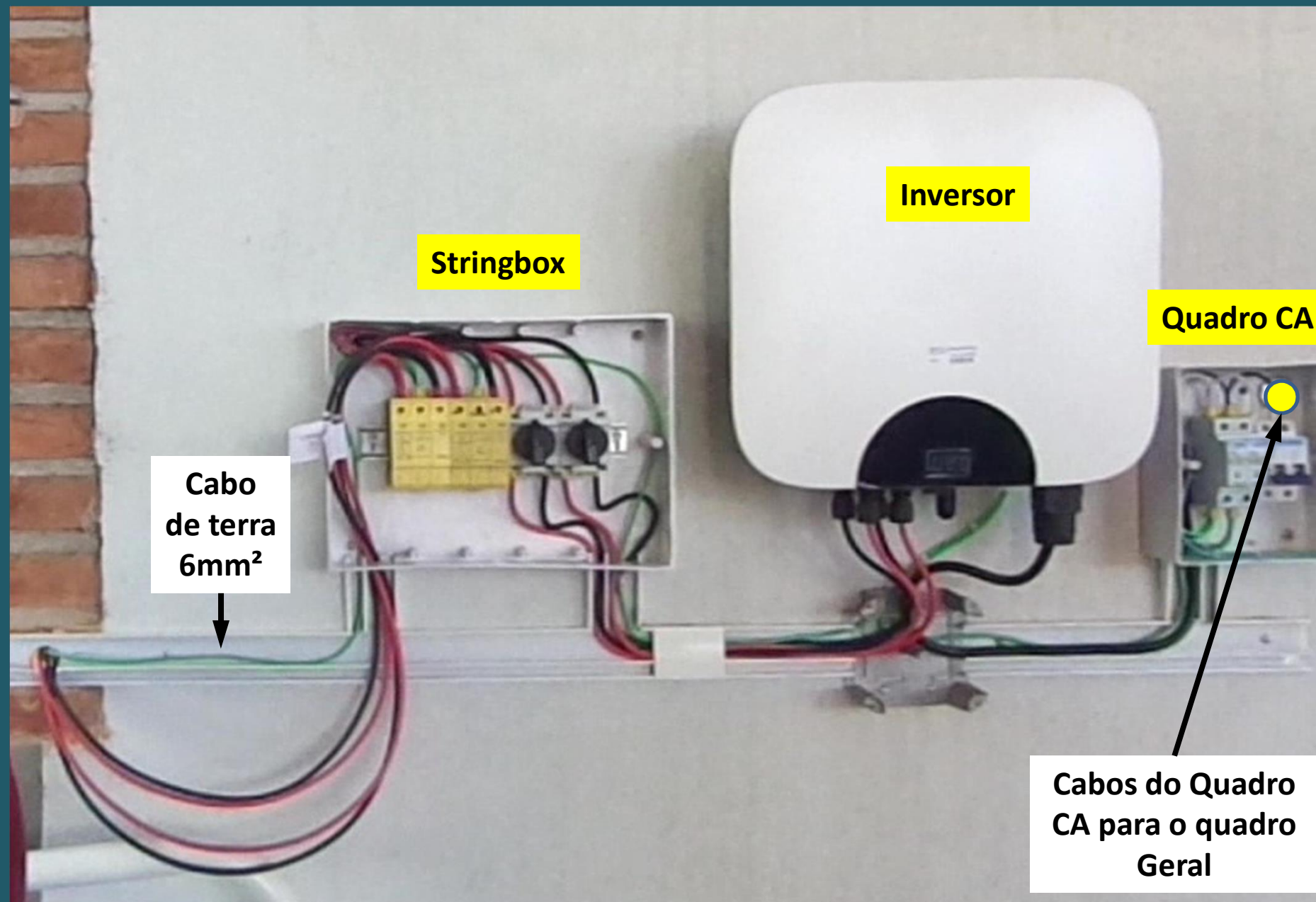


Fig 1: Vista da parte de frente do quadro de distribuição CA

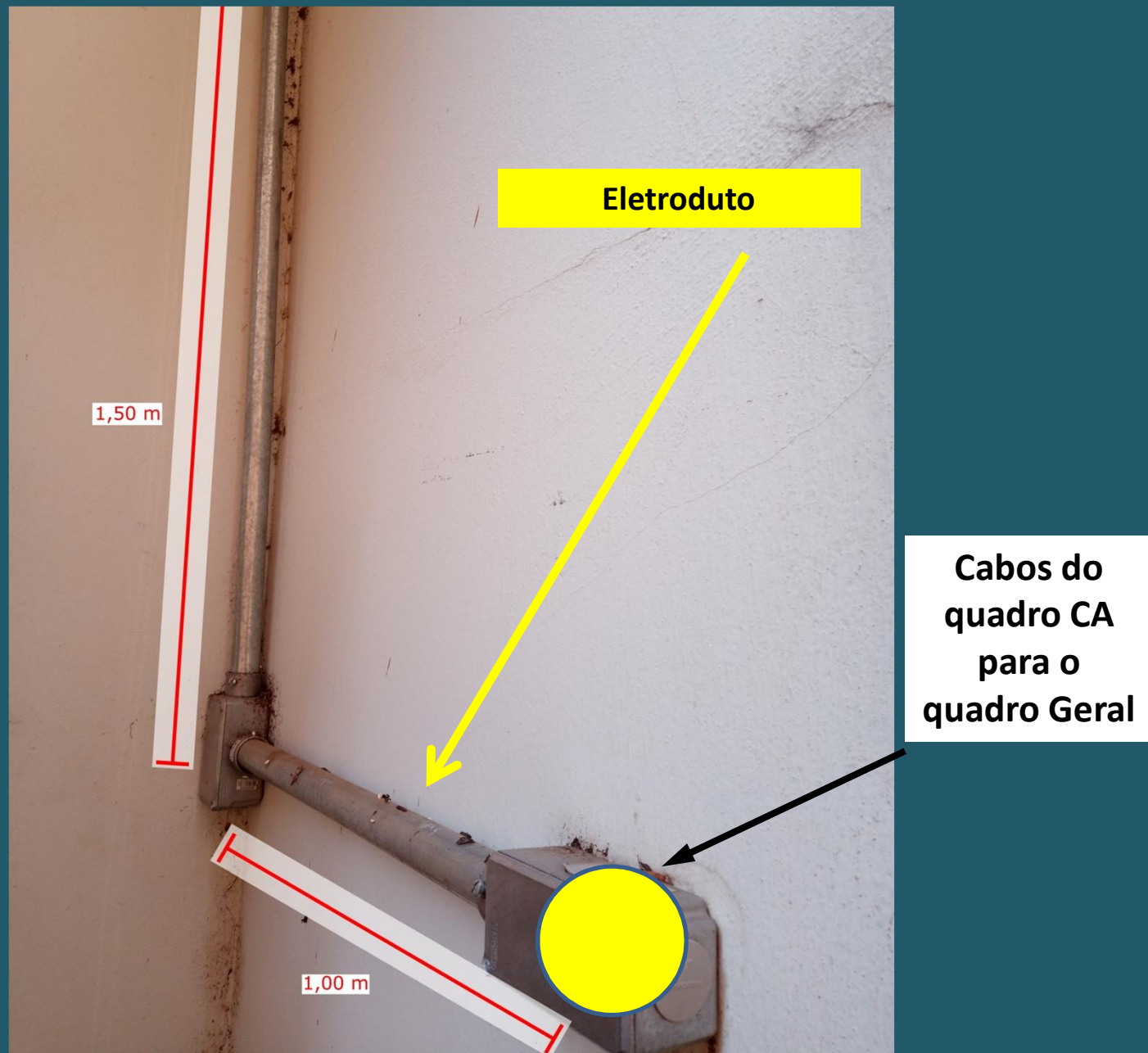


Fig 2: Vista da parte de trás do quadro de distribuição CA -eletroduto



Fig 3: Vista da parte de trás do quadro de distribuição CA -eletroduto



Fig 4: Vista do quadro Geral (principal) CA 220V (trifásico)

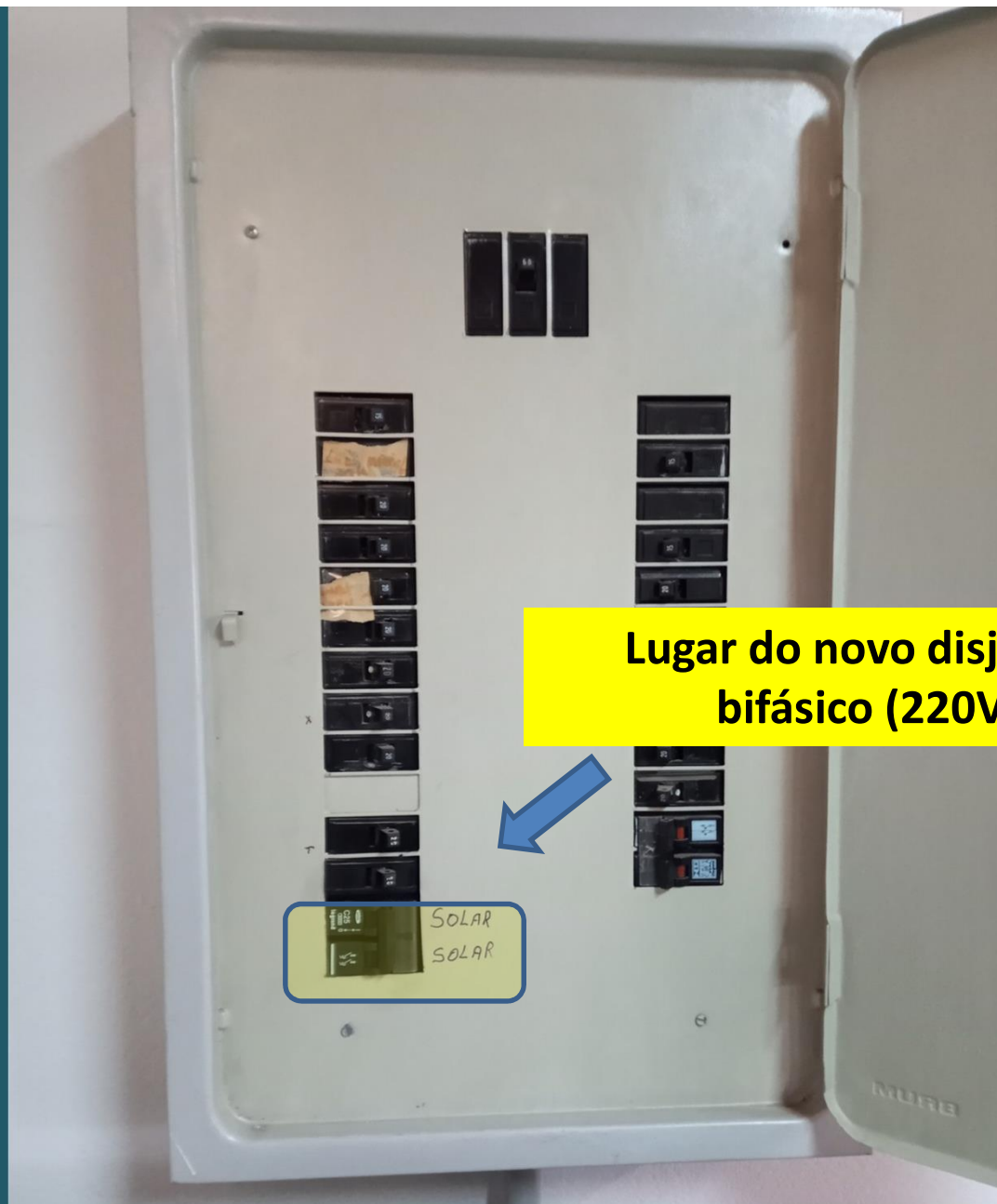


Fig 5: Vista do Quadro Geral (principal) CA 220V (trifásico)

Diagrama Multifilar do Estacionamento (Carport) Solar USP 4,5kWp – Duas Vagas

