

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

CESAR VIANNA MOREIRA



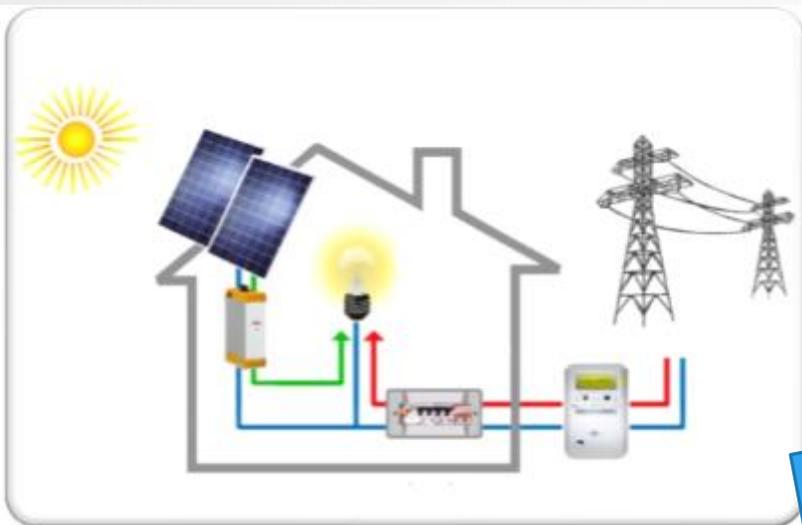
Inspiração

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

1. INTRODUÇÃO
2. INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS
3. ASPECTOS GERAIS
4. ASPECTOS DE SEGURANÇA DO
TRABALHO
5. SUGESTÕES
6. FONTES DE CONSULTA

CESAR VIANNA MOREIRA

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS



CESAR VIANNA MOREIRA

1. INTRODUÇÃO

UTILIZAÇÃO

NO **BRASIL**: ENERGIA **SOLAR** FOTOVOLTAICA EM RESIDÊNCIAS, COMÉRCIOS, AGRONEGÓCIOS E INDÚSTRIAS E POR MEIO DE USINAS DE **ENERGIA SOLAR**

PREVISÕES

EM **2024**, O BRASIL TERÁ CERCA DE **887 MIL** SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR DA **CATEGORIA ON GRID** INSTALADOS POR TODO O TERRITÓRIO BRASILEIRO.

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS



CESAR VIANNA MOREIRA

SEGURANÇA DO TRABALHO

- ✓ FOTOVOLTAICA EM **RESIDÊNCIAS**
- ✓ REQUISITOS DE **SEGURANÇA DO TRABALHO** QUE DEVERIAM ESTAR **INTEGRADOS** ÀS NORMAS DE TRABALHO;

OBJETIVO - EVITAR ACIDENTES, TAIS COMO:

INTERRUPÇÕES DE FORNECIMENTO, **LESÕES** PESSOAIS, **INCÊNDIOS** E ATÉ MESMO **FATALIDADES**.

MOTIVAÇÃO

- ✓ **CHAMAR A ATENÇÃO** PARA OS PROBLEMAS JÁ IDENTIFICADOS EM **DIVERSAS INSTALAÇÕES**;
- ✓ CONJUNTO DE **RECOMENDAÇÕES** DETALHADAS, DESDE O PROJETO ATÉ A UTILIZAÇÃO, A SEREM OBEDECIDAS EM TODO O TERRITÓRIO NACIONAL.

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS



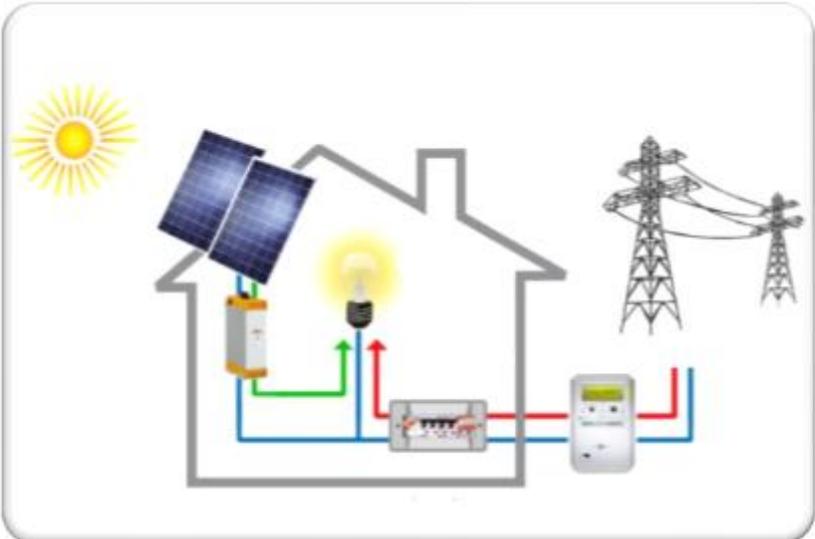
CESAR VIANNA MOREIRA

2. INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

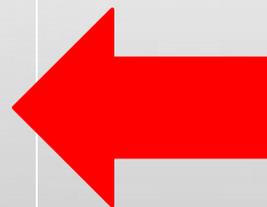
- ✓ COMPONENTES ELÉTRICOS E MECÂNICOS, PARA **GERAÇÃO** EM **C.C.** A PARTIR DA **RADIAÇÃO SOLAR**,
- ✓ **TRANSPORTE** POR MEIO DOS CONDUTORES (ARMAZENAMENTO) E **CONVERSÃO** EM **C.A.**
- ✓ **UTILIZAÇÃO** PELOS APARELHOS ELETROELETRÔNICOS EXISTENTES NO LOCAL **OU** **DISTRIBUÍDA** PELAS **REDES ELÉTRICAS** ATÉ OS CENTROS DE CONSUMO.
- ✓ HÁ TAMBÉM **CASOS ESPECIAIS**, ONDE O ARRANJO FOTOVOLTAICO É CONECTADO DIRETAMENTE ÀS CARGAS EM **CORRENTE CONTÍNUA**, SEM O USO DE INVERSORES.
- ✓ SÃO UTILIZADOS AINDA OS CHAMADOS "**MICROINVERSORES**", QUE SÃO INVERSORES C.C/C.A DE BAIXA POTÊNCIA ACOPLADOS DIRETAMENTE AO MÓDULO FOTOVOLTAICO, **NÃO EXISTINDO** INSTALAÇÃO EM **CORRENTE CONTÍNUA** EXTERNA AO MÓDULO.

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

OS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SÃO
DIVIDIDOS EM DUAS GRANDES
CATEGORIAS:

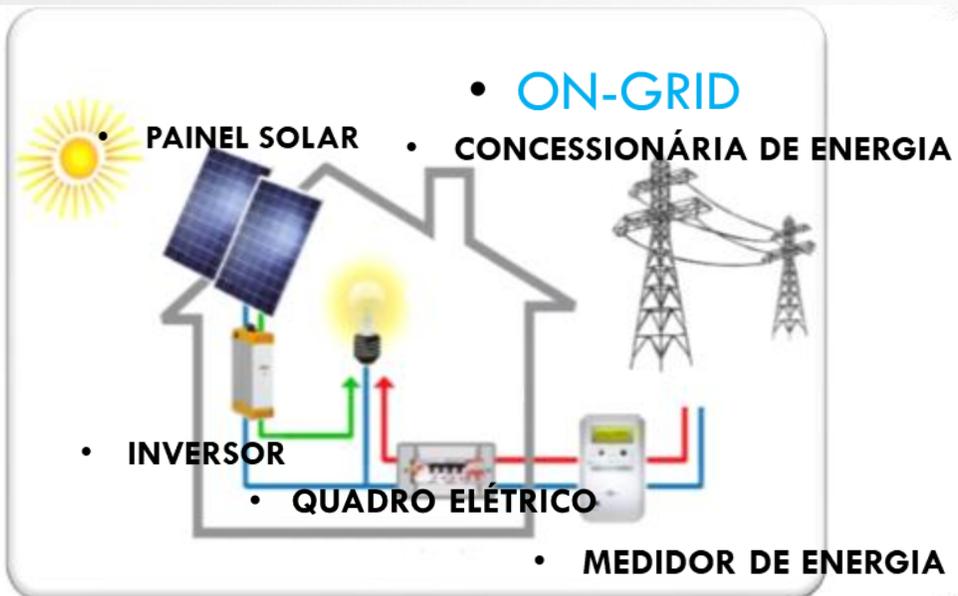


ON-GRID



OFF-GRID

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

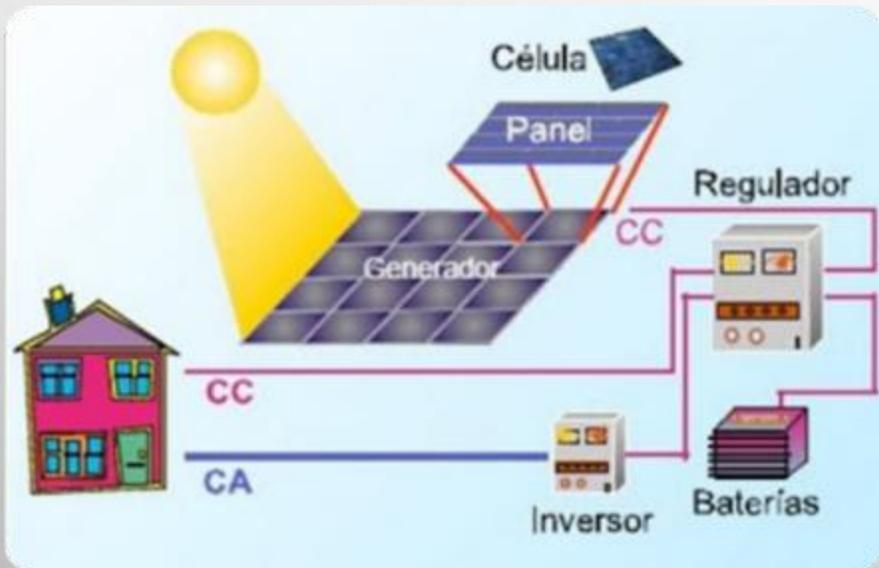


SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE (**ON-GRID**)

GERAÇÃO FOTOVOLTAICA E A ALIMENTAÇÃO DA REDE DA CONCESSIONÁRIA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA LOCAL **CONVIVEM** NUMA MESMA INSTALAÇÃO.

QUANDO A **GERAÇÃO FOR INSUFICIENTE** PARA SUPRIR AS CARGAS, ESTAS SERÃO ALIMENTADAS PELA REDE DA **DISTRIBUIDORA**. HAVENDO **EXCEDENTE** DE ENERGIA GERADA, ESTE É INJETADO NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO, GERANDO ASSIM UM **CRÉDITO DE kWh** PARA O DONO DA EDIFICAÇÃO.

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS



SISTEMAS ISOLADOS (**OFF-GRID**)

- EM GERAL UTILIZA O ARMAZENAMENTO DE ENERGIA POR MEIO DE **BATERIAS**, QUANDO SE DESEJA UTILIZAR **APARELHOS ELÉTRICOS** OU NA FORMA DE ENERGIA **GRAVITACIONAL**, BOMBEANDO ÁGUA PARA **TANQUES** EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO.
- SISTEMAS ISOLADOS **SEM ARMAZENAMENTO** COMO EXP. NA **IRRIGAÇÃO**, ÁGUA É BOMBEADA E DIRETAMENTE CONSUMIDA OU ESTOCADA EM RESERVATÓRIOS.
- O SISTEMA SE **AUTOSSUSTENTA** POR MEIO DA UTILIZAÇÃO DE **BATERIAS**, SENDO DIVIDIDO EM TRÊS DIFERENTES BLOCOS:

BLOCO GERADOR: PAINÉIS SOLARES; CABOS;
ESTRUTURA DE SUPORTE.

BLOCO DE CONDICIONAMENTO DE POTÊNCIA:
INVERSORES; CONTROLADORES DE CARGA.

BLOCO DE ARMAZENAMENTO: BATERIAS.

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS



3. ASPECTOS GERAIS

- CONDIÇÕES GERAIS, INTRÍNSECAS AO SISTEMA DEVEM SER OBEDECIDAS PARA O SEU **CORRETO FUNCIONAMENTO**, TAIS COMO:
- NORMA ABNT **NBR 16690** - ESTABELECE OS REQUISITOS MÍNIMOS PARA UMA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA, DEFINE ALGUNS TERMOS UTILIZADOS:
- EM SUMA, **NBR 16690 INCLUI** : **ARRANJOS** FOTOVOLTAICOS, **CONDUTORES** DO CABEAMENTO EM CORRENTE CONTÍNUA (CABOS FOTOVOLTAICOS), **DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO ELÉTRICA**, **DISPOSITIVOS DE CHAVEAMENTO, ATERRAMENTO** E EQUIPOTENCIALIZAÇÃO DO ARRANJO FOTOVOLTAICO, **DISPOSITIVOS DE ARMAZENAMENTO** DE ENERGIA (OPCIONAL), **UNIDADES DE CONDICIONAMENTO** DE POTÊNCIA (UCP - INVERSORES E CONTROLADORES DE CARGA), **CAIXAS DE JUNÇÃO** (CONEXÕES ARRANJOS E PROTEÇÕES), **MEDIDORES** (OPCIONAL) E **QUADROS** DE DISTRIBUIÇÃO.

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS



CESAR VIANNA MOREIRA

➤ **NORMAS – CUMPRIMENTO E FISCALIZAÇÃO**

- **NBR 16612 - CABOS SFV**
- **NÃO HALOGENADOS** (COM BAIXA EMISSÃO DE FUMAÇA TRANSLÚCIDA E DE GASES TÓXICOS), **TENSÃO DE ATÉ 1,8 kV C.C.**; **TEMPERATURA AMBIENTE** (-15 A 90°C), RESISTÊNCIA À **RADIAÇÃO UV**, RESISTÊNCIA À **ÁGUA** – PRODUTO DIFERENTE AO DA 5410 ATÉ 1 kV.
- **NBR 16690 - REQUISITOS IF**
- **LINHAS C.A. E C.C SEPARADAS**; CIRCUITOS C.A E C.C **IDENTIFICADOS**; CABOS PROTEGIDOS C/ **ESFORÇOS MECÂNICOS**, VENTO P. EX. E BORDAS CORTANTES; ABRAÇADEIRAS E PRESILHAS NÃO P/ FIXAÇÃO PRINCIPAL; ELETRODUTOS E CANALETAS **RESISTENTES A UV**;
- **CABEAMENTO - PROTEÇÃO** FALTAS ENTRE 2 CONDUTORES E CONDUTOR/TERRA;
- **CONEXÕES** – TORQUE MÍNIMO E POLARIDADE – MÃO DE OBRA **QUALIFICADA**; PROTEÇÃO P/ SOBRETENSÕES POR D. A., ÁREA MÍNIMA DE LAÇOS DE CONDUTORES; TENSÃO INDUZIDA SUBMETIDA A CAMPO ELETROMAGNÉTICO; REQUISITOS PARA CONEXÕES, ACESSO A **PESSOAS NÃO QUALIFICADAS**;
- **CAIXA DE JUNÇÃO** : CONDENSAÇÃO D' **ÁGUA** E **INSETOS**; SEPARAÇÃO DE CONDUTORES POSITIVOS E NEGATIVOS, MINIMIZANDO **ARCOS**; IDENTIFICAÇÃO DE FÁBRICA P/ OS CABOS, “SOLAR C.C.” P. EX. ESPAÇAMENTO 5/10 METROS;
- VERIFICAÇÃO DE REQUISITOS ABNT EM INSPEÇÕES E ENSAIOS DE ISOLAMENTO **ROUPAS** E **EPI ADEQUADOS**;

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS



➤ OUTRAS NORMAS

- ✓ **NBR NM 280** - CONDUTORES DE **CABOS ISOLADOS** (IEC 60228, MOD).
- ✓ **NBR 6251** - **CABOS DE POTÊNCIA** COM ISOLAÇÃO EXTRUDADA PARA TENSÕES DE **1 kV A 35 kV** – REQUISITOS CONSTRUTIVOS.
- ✓ **NBR 5410** - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE **BAIXA TENSÃO**.
- ✓ **NBR 7286** - CABOS DE POTÊNCIA COM ISOLAÇÃO EXTRUDADA DE BORRACHA ETILENOPROPILENO (EPR, HEPR OU EPR 105) PARA TENSÕES DE **1 kV A 35 kV** - REQUISITOS DE DESEMPENHO.
- ✓ **NBR 7287** - CABOS DE POTÊNCIA COM ISOLAÇÃO EXTRUDADA DE POLIETILENO RETICULADO (XLPE) PARA TENSÕES DE **1 kV A 35 kV** — REQUISITOS DE DESEMPENHO
- ✓ **NBR 16274** – SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE – REQUISITOS MÍNIMOS PARA DOCUMENTAÇÃO, ENSAIOS DE COMISSIONAMENTO, INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO.
- ✓ **NBR 5419** – PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS



CESAR VIANNA MOREIRA

4. ASPECTOS DE SEGURANÇA DO TRABALHO

CONDIÇÕES ESPECÍFICAS, QUE DEVEM SER OBSERVADAS NO PROJETO, DA INSTALAÇÃO À OPERAÇÃO, PARA O SEU **CORRETO FUNCIONAMENTO**, COM A SEGURANÇA INTEGRADA, COMO SE SEGUE:

SIMPLICIDADE - NÃO UM **PROJETO COMPLETO** RESPONSABILIDADE SOLIDÁRIA:

4.1 ACESSOS E TRANSPORTE OU IÇAMENTO DE FERRAMENTAL

4.2 ESTRUTURAS PARA FIXAÇÃO E SUPORTE – ESPAÇOS CONFINADOS

4.3 SISTEMA DE ATERRAMENTO E SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - SPDA

4.4 TERMINAIS DOS PAINÉIS SOB TENSÃO PERMANENTEMENTE

4.5 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL E COLETIVA; SISTEMA DE PROTEÇÃO ELÉTRICA – DPS E SOBRECARGAS NAS INSTALAÇÕES

4.6 COMISSIONAMENTO, MANUTENÇÃO E FISCALIZAÇÃO

4.7 PESSOAL QUALIFICADO E HABILITADO

4.8 TREINAMENTOS



4.1 ACESSOS E TRANSPORTE OU IÇAMENTO DE FERRAMENTAL

- AS **CONDIÇÕES DE ACESSO** ÀS INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS E AOS SEUS COMPONENTES DEVEM SER PREVISTAS EM PROJETO, ABRANGENDO O TRABALHO DE **INSTALAÇÃO**, O SEU **USO NO DIA A DIA** (INCLUSIVE POR **PESSOAS NÃO QUALIFICADAS**) E DURANTE A **MANUTENÇÃO** ESPECIALIZADA, ESTA ÚLTIMA DEVENDO SER REALIZADA POR **TRABALHADOR AUTORIZADO** E APROVADAS AS CONDIÇÕES DE ACESSO POR **PROFISSIONAL HABILITADO**.

- **ESTUDOS ESPECÍFICOS**

- **NR 6, 10 E 35**

ACESSOS E TRANSPORTE DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS - MOVIMENTAÇÃO DE PESSOAL





ACESSOS E TRANSPORTE DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS - MOVIMENTAÇÃO DE PESSOAL

- ACESSO DEVE SER PROJETADO E DOTADO DE CONDIÇÕES PARA O TRABALHO SEGURO NA REALIZAÇÃO DE INSPEÇÕES E MANUTENÇÕES PERIÓDICAS, ESPECIALMENTE EM COBERTURAS DE VEÍCULOS E TELHADOS





MONTA-CARGAS





4.2 ESTRUTURAS PARA FIXAÇÃO E SUPORTE





ESTRUTURAS PARA FIXAÇÃO E SUPORTE



ESTUDOS ESPECÍFICOS CONTEMPLANDO

ESTUDOS DE SOBRECARGA

PRESENÇA DE CUPINS,
CONSERVAÇÃO

ESPAÇOS CONFINADOS

AÇÃO DOS VENTOS – 120 – 25 ANOS
NBR **6123**, *FORÇAS DEVIDAS AO
VENTO EM EDIFICAÇÕES*

QUEBRA DE TELHAS
VAZAMENTOS NO TELHADO



4.3 SISTEMA DE ATERRAMENTO E SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - SPDA

EXISTEM ?

- ESTRUTURAS **METÁLICAS** SERIAM **MAIS PROPENSAS** À ATRAÇÃO DE **RAIOS** DURANTE UMA TEMPESTADE, DEVIDO À NATUREZA DE SEU MATERIAL COM CARGAS DE ELETRICIDADE ESTÁTICA SUPERIORES A OUTROS MATERIAIS COMO CONCRETO E MADEIRA
- **MITO OU REALIDADE ?** EM VERDADE, O QUE PODE ATRAIR UM RAIOS EM SUA DIREÇÃO SÃO **OBJETOS METÁLICOS GRANDES**, COMO VARAS DE PESCA, TRIPÉS E TACOS DE GOLFE. VEÍCULOS SEM CAPOTA, TAIS COMO: TRATORES, MOTOCICLETAS OU BICICLETAS E A PRÓPRIA ÁGUA ATRAI ELETRICIDADE.
- É RECOMENDÁVEL FICAR ATENTO A **OBJETOS ALTOS...**
- O TELEFONE CELULAR DURANTE UMA TEMPESTADE ELÉTRICA, PARA EVITAR O RISCO DE ATRAIR UM RAIOS, ALERTAM ESPECIALISTAS NA REVISTA MÉDICA *BRITISH MEDICAL JOURNAL (BMJ)*.

4.3 SISTEMA DE ATERRAMENTO E SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - SPDA

- OS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ESTÃO EXPOSTOS A SURTOS PROVOCADOS POR **DESCARGAS ATMOSFÉRICAS** OU POR **MANOBRAS** NAS LINHAS DE ENERGIA. VIDA ÚTIL OU DANOS AOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS E INVERSORES. DANOS À RESIDÊNCIA? SEGURO?
- DESCARGA DIRETA NO SPDA EXTERNO DA INSTALAÇÃO; DESCARGAS PRÓXIMAS; DESCARGAS DIRETAS OU PRÓXIMAS À REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA DA DISTRIBUIDORA, SOBRETENSÕES DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA EM FALTAS, MANOBRAS ETC.
- **PROTETORES CONTRA SURTOS ELÉTRICOS (DPS) – ESTUDOS ESPECÍFICOS**



SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

SISTEMA DE ATERRAMENTO E PARA-RAIOS - NBR 5410 – REV. 2008 E NBR 5419 – PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

EQUIPOTENCIALIZAÇÃO - BAIXA RESISTÊNCIA
- $< 10 \Omega$

ESQUEMAS DE ATERRAMENTO **TN** – ONDE **T** - UM PONTO DE ALIMENTAÇÃO DIRETAMENTE ATERRADO (NORMAL/NEUTRO) E ONDE **N** - AS MASSAS LIGADAS (POR CONDUTOR SEPARADO PE OU CONDUTOR NEUTRO PEN)

SEÇÃO DO CONDUTOR DE PROTEÇÃO – TABELA

$S < 16 = S$ $16 < S \leq 35 = 16$ $S > 35 = S/2$

ESTUDOS ESPECÍFICOS

NR 6, 10 E 35



SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

SISTEMA DE ATERRAMENTO E PARA-RAIOS

PARA-RAIOS - NBR 5419 – PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

ATERRAMENTO FUNCIONAL –
ATERRAMENTO DE PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES - CONTATOS INDIRETOS -
MASSAS E ELEMENTOS ESTRANHOS DA INSTALAÇÃO –

SEÇÃO DO CONDUTOR DE PROTEÇÃO –
TABELA

$S < 16 = S$ $16 < S \leq 35 = 16$ $S > 35 = S/2$

3 HASTES 2,40 M INTERLIGADAS

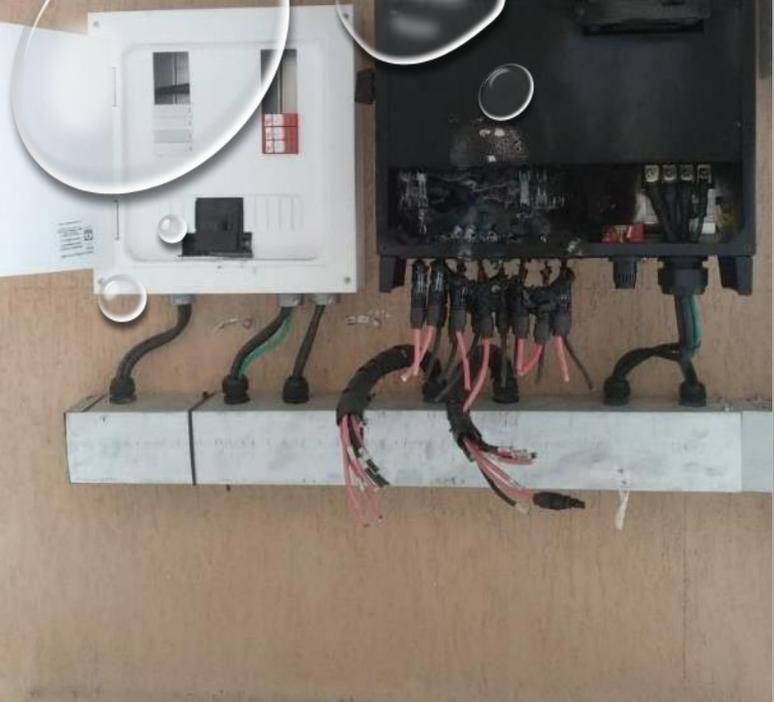


- **4.4 TERMINAIS DOS PAINÉIS SOB TENSÃO PERMANENTEMENTE**

- ADICIONAL DE PERICULOSIDADE
- PERÍCIA E LAUDO TÉCNICO
- SEGURANÇA DE TERCEIROS
- RESPONSABILIDADE SOLIDÁRIA



- **NR 10**



4.5 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL E COLETIVA; SISTEMA DE PROTEÇÃO ELÉTRICA – DPS E SOBRECARGAS NAS INSTALAÇÕES

- ACIDENTES COMO CHOQUES, ARCOS OU QUEDAS
- ALÉM DE CHOQUES ELÉTRICOS, INCÊNDIOS CAUSADOS POR CURTO-CIRCUITOS E SOBRECARGAS – ESTATÍSTICAS DA ABRACOPEL.
- MOVIMENTAÇÃO FERRAMENTAL PRÓXIMO À REDE
- PROTEÇÃO DOS RAIOS SOLARES
- PROTEÇÃO CONTRA CHOQUE ARCO ELETRICO
- PROTEÇÃO COLETIVA - ANCORAGEM – CINTO COM TALABARTE E TRAVA-QUEDAS
- VESTIMENTA DE PROTEÇÃO, CAMISA DE MANGA COMPRIDA, CAPACETE, LUVAS, ÓCULOS DE PROTEÇÃO, BOTAS DE ELETRICISTAS
- PERMISSÃO DE TRABALHO
- CONDIÇÕES FÍSICAS E PSICOLÓGICAS
- REMÉDIO CONTROLADO
- ALCOOLISMO



4.6 COMISSONAMENTO, MANUTENÇÃO E FISCALIZAÇÃO

- CUMPRIMENTO DA NR 10 E
NORMAS NBR
- CO-RESPONSABILIDADE
- **NR 10, NR 33, NR 35**



4.7 PESSOAL QUALIFICADO E HABILITADO

4.8 TREINAMENTOS

- CONTEÚDO PROGRAMÁTICO
- RECICLAGEM
- SEGURANÇA DE TERCEIROS

- **NR 10**



SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

CESAR VIANNA MOREIRA

5. SUGESTÕES

- AMPLA DIVULGAÇÃO DO CONTEÚDO
- REALIZAÇÃO DE WEBINAR ESPECÍFICO
- PROPOSTA DE NOTA TÉCNICA DETALHADA
- ENCAMINHAMENTO AO CONFEA / CREA REGIONAIS
- CURSOS NA SOBES/CREA
- CERTIFICAÇÃO DE PESSOAL
- SISTEMATIZAÇÃO E CONTROLE DE ACIDENTES
- EXPERIÊNCIA E INTERCÂMBIO INTERNACIONAL
- OUTROS

SEGURANÇA DO TRABALHO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

6. FONTES DE CONSULTA

- NBR : 16612
- NBR : 16690
- NR 10
- NR 35
- NBR : 16274
- CABOS ELÉTRICOS PARA INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS - HILTON MORENO
- INSPEÇÕES DE CAMPO