

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS

SIDNEI OLIVEIRA DE DEUS

**SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
CONECTADOS À REDE ELÉTRICA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2016

SIDNEI OLIVEIRA DE DEUS

**SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
CONECTADOS À REDE ELÉTRICA**

Monografia apresentada ao Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior.

CURITIBA
2016

TERMO DE APROVAÇÃO

SIDNEI OLIVEIRA DE DEUS

SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA

Esta Monografia de Especialização foi apresentada no dia 11 de novembro de 2016, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energia Renováveis – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

Coordenador de Curso de Especialização em Energias Renováveis

Prof. Dr. Paulo Cícero Fritzen

Chefe do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior
Orientador - UTFPR

Prof. Esp. Carlos Henrique Karan Salata
UTFPR

Prof. Dr. Gerson Máximo Tiepolo
UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

A segurança só para alguns é, de fato, a insegurança para todos.
(MANDELA, Nelson)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pela vida e por me prover saúde para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, pelos anos de dedicação e atenção dispensadas para a minha educação, por serem meus primeiros professores e por forjarem meu caráter durante meu crescimento.

Aos meus amigos, empenhados na construção do futuro, mas que nunca se esquecem da verdadeira amizade.

A todos meus professores que me ensinaram, desde a época do primário à minha graduação.

À UTFPR, pela infra-estrutura fornecida para os estudos.

Ao meu orientador acadêmico, o Dr Jair Urbanetz Jr, e todos os demais professores, pelas aulas e por dedicarem seu valioso tempo na formação de novos profissionais.

RESUMO

DEUS, Sidnei Oliveira de. **Segurança em instalações de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. 2016. 44 f. Monografia (Especialização em Energias Renováveis), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

O uso da energia elétrica e de dispositivos elétricos se tornou essencial para o homem atualmente, e é impossível pensar como o mundo viveria sem o uso desta energia.

A alta demanda de energia elétrica motivou o homem a desenvolver novas formas de gerar energia, mas ao mesmo tempo preservar o meio-ambiente, visto que, para gerar energia, exige-se grande volume de recursos naturais. Um dos meios mais sustentáveis para obtenção de energia é o uso da radiação solar, onde módulos fotovoltaicos realizam a conversão da energia da luz do sol em energia elétrica.

O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede se mostra mais sustentável que o Sistema fotovoltaico Isolado, uma vez que não é necessário o uso das baterias de chumbo-ácido. Este sistema ainda não está muito difundido no Brasil, principalmente por questões econômicas. Ainda mais quando se trata na segurança durante a instalação destes sistemas, que, principalmente por desconhecimento das normas, falta de profissionais treinados ou negligência, acidentes de trabalho podem vir a ocorrer.

Esta pesquisa levanta alguns aspectos relevantes de segurança quanto à instalação de sistemas fotovoltaicos. Entre eles, o trabalho com eletricidade e o trabalho em altura.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica. Segurança do Trabalho. Energia Renovável.

ABSTRACT

DEUS, Sidnei Oliveira de. **Safety installations of photovoltaic systems connected to electrical grid**. 2016. 44 p. Monograph (Specialization in Renewable Energy), Federal Technology University of Parana. Curitiba, 2016.

The use of electricity and electrical devices has become essential for the man today, and it is impossible to imagine how the world would live without the use of this energy.

The high demand of electricity motivated the man to develop new ways of generating energy, but at the same time preserving the environment, since, to generate energy, require if large volume of natural resources. One of the most sustainable ways to obtain energy is the use of solar radiation, where photovoltaic modules perform the energy conversion of sunlight into electricity.

The photovoltaic system connected to the grid shown more sustainable that the remote photovoltaic system, where the use of lead-acid batteries is not necessary. This system is not yet widespread in Brazil, mainly for economic reasons. Especially when it comes to safety during the installation of these systems, mainly due to ignorance of the rules, lack of trained professionals or neglect, work accidents can occur.

This research raises some relevant aspects of safety about installation of photovoltaic systems. Among them, the work with electricity and working at height.

Keywords: Photovoltaic Sun Energy. Occupational Safety. Renewable Energy.

LISTA DE ACRÔNIMOS, SIGLAS e SÍMBOLOS

a-Si	Silício amorfo hidrogenado
A	Ampère, unidade de medida de intensidade da corrente elétrica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
c-Si	Silício cristalino
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CdTe	Telureto de Cádmio
CIS	Disseleneto de Cobre e Índio
CIGS	Disseleneto de Cobre, Gálio e Índio
CEPEL	Centro de Pesquisa Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FV	Fotovoltaico
G	Irradiância
G _{HOR}	Irradiância global
G _{TOT}	Irradiância total
Hz	Hertz, unidade de medida de frequência
I	Irradiação durante o intervalo de tempo de uma hora
H	Irradiação durante o intervalo de tempo de um dia
H _{TOT}	Irradiação total durante o intervalo de tempo de um dia
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> - Comissão Eletrotécnica Internacional
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
kWh/m ²	kilowatt-hora por metro quadrado, unidade de medida de energia
kWp	kilowatt pico
m-Si	Silício monocristalino
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i> – Buscador de Maxima Potência
N	Newton, unidade de medida de força
NR	Norma Regulamentadora
p-Si	Silício policristalino
SFVCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFVI	Sistema Fotovoltaico Isolado

SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
SWERA	<i>Solar and Wind Energy Resource Assessment</i> – Avaliação dos Recursos de Energia Solar e Eólica
V	Volt, unidade de medida de tensão elétrica
W	Watt, unidade de medida de potência elétrica
Wp	Watt pico. unidade de medida de potência, em módulos fotovoltaicos

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Símbolo indicativo de um módulo fotovoltaico.....	17
FIGURA 2	Representação simples de uma célula fotovoltaica de silício.....	18
FIGURA 3	Representação dos conceitos de irradiação e irradiância.....	20
FIGURA 4	Símbolo de inversor.....	23
FIGURA 5	Lingotes de silício monocristalino obtidos a partir do processo de Czochralski.....	24
FIGURA 6	O choque elétrico.....	29
FIGURA 7	Exemplos de placas indicativa de alerta.....	30
FIGURA 8	Arco elétrico.....	33
FIGURA 9	Trabalhador em ato inseguro. Risco iminente de acidente.....	33
FIGURA 10	Trabalhadores durante a instalação de um módulo fotovoltaico.....	35
FIGURA 11	Capacete com jugular.....	35
FIGURA 12	Óculos de proteção.....	36
FIGURA 13	Cinturão tipo para-quedista.....	37
FIGURA 14	Tipos de fundações para sustentação de estruturas de módulos fotovoltaicos	39

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Os efeitos da corrente elétrica no organismo humano.....	28
TABELA 2	Aplicação das luvas de borracha de proteção contra choque elétrico.	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 TEMA.....	13
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
1.3 PROBLEMA.....	14
1.4 OBJETIVOS	14
1.4.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.5. JUSTIFICATIVA	14
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ENERGIA SOLAR.....	16
2.1 ENERGIA.....	16
2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	17
2.2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.....	18
2.3 RADIAÇÃO SOLAR.....	18
2.3.1 IRRADIÂNCIA SOLAR.....	19
2.3.2 IRRADIAÇÃO SOLAR.....	20
2.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE (SFVCR).....	21
2.4.1 CARACTERÍSTICAS DOS INVERSORES.....	22
2.4.2 CARACTERÍSTICAS DOS MÓDULOS.....	24
2.4.3 ESTRUTURAS.....	25
3 SEGURANÇA EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	26
3.1 TRABALHO COM ELETRICIDADE: NR-10 E NBR5410.....	27
3.1.1 RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO.....	28
3.1.2 ARCO ELÉTRICO.....	30
3.2 TRABALHO EM ALTURA: NR35 E NBR16325.....	32
3.3 USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO.....	34
3.3.1 CAPACETE COM JUGULAR.....	35
3.3.2 ÓCULOS DE PROTEÇÃO.....	36
3.3.3 LUVAS.....	36

3.3.4 BOTAS DE BORRACHA.....	37
3.3.5 PROTETOR SOLAR.....	37
3.3.6 CINTURÃO TIPO PARA-QUEDISTA.....	37
3.4 OUTROS ASPECTOS DE SEGURANÇA.....	38
4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS	41
GLOSSÁRIO.....	44

1 INTRODUÇÃO

Os aparelhos e dispositivos elétricos proporcionam facilidades para o homem moderno, sendo difícil imaginar o mundo sem o uso da energia elétrica. Em razão disso, o consumo desta energia tende a crescer de forma proporcional à população.

O uso da energia do sol como fonte renovável nos centros urbanos é uma boa alternativa para diversificar de outras fontes de energia, como os combustíveis fósseis (fonte não-renovável de energia) (VILLALVA, 2015, p.14).

O desenvolvimento e a rápida expansão de novas fontes de energia não condizem com o tamanho da preocupação quanto à segurança na instalação destes sistemas. Novas tecnologias são implantadas, mas velhos hábitos subsistem. Entre eles, é a preocupação de se trabalhar em um ambiente com o mínimo possível de risco de acidente de trabalho. Para isto, deve-se conhecer as recomendações prescritas em normas, evitar a negligência, e até mesmo a imprudência em qualquer atividade laboral.

1.1 TEMA

No Brasil ainda não existe um número significativo de projetos relevantes com os sistemas conectados à rede elétrica (TIEPOLO, 2015, p.27), onde o conhecimento sobre os aspectos de segurança nesta área ainda não estão amplamente divulgados. Além dos riscos humanos do trabalho em altura (instalação em edifícios, telhados e outras estruturas elevadas), há o risco constante de choque elétrico por tensões contínuas.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Riscos e perigos em instalações de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica pública por choque elétrico e/ou trabalho em altura.

1.3 PROBLEMA

O trabalho em sistemas fotovoltaicos requer segurança, para não acarretar em lesões e até mesmo a morte do instalador se certos cuidados não forem observados. Estes cuidados muitas vezes são desconhecidos ou negligenciados pelo trabalhador.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo sobre os aspectos de segurança em instalações de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efetuar pesquisa bibliográfica em SFVCR;
- Levantar aspectos relativos à segurança do trabalho em instalações de SFVCR;
- Evidenciar os principais fatores de riscos.

1.5 JUSTIFICATIVA

O uso da tecnologia fotovoltaica ainda é recente. Muitas vezes falta qualificação dos profissionais de instalação, profissionais instruídos com as Normas Regulamentadoras (NRs) - NR10 ou NR35 por exemplo. Por consequência, pode haver desconhecimento dos riscos e dos perigos envolvidos na atividade.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Os capítulos serão assim estruturados:

- Capítulo 1 – Introdução; tema, sua delimitação; objetivos geral e específicos; justificativa.

- Capítulo 2 – Revisão de literatura para sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica;
- Capítulo 3 – Aspectos de segurança em sistemas fotovoltaicos;
- Capítulo 4 – Conclusões e considerações finais.

2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ENERGIA SOLAR

Este capítulo é uma revisão bibliográfica sobre os conceitos envolvidos nesta pesquisa.

2.1 ENERGIA

Energia, do grego *enérgeia*, significa “trabalho”. É uma propriedade da matéria que pode ser convertida diretamente em trabalho (movimento), em calor ou radiação. A partir do calor ou trabalho pode se produzir energia (eletricidade). (RADOVIC, 2006)

A fonte de energia para um sistema fotovoltaico é o sol, que é a principal fonte de energia de nosso planeta (VILLALVA, 2015, p.11). O processo para produção de eletricidade é chamado de fotovoltaico - energia da luz solar convertida em eletricidade, em função do deslocamento dos elétrons, gera uma diferença de potencial, também conhecida como tensão elétrica. A energia do sol promove o ciclo da água por evaporação e induz a circulação atmosférica em larga escala pela irradiação, produzindo os ventos. (CENTRO DE PESQUISA...,2014, p.47).

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A terminologia utilizada ao longo desta pesquisa faz parte da norma ABNT NBR10899, que se refere à padronização dos termos relativos à energia solar fotovoltaica. De acordo com a ABNT (2006), são estas as definições de alguns termos:

- Célula solar ou célula fotovoltaica: Dispositivo desenvolvido especificamente para realizar a conversão direta da energia da luz solar em energia elétrica.
- Módulo fotovoltaico: Unidade encapsulada, formada por um conjunto de células solares, eletricamente interligadas. Fornece energia elétrica em corrente contínua (CC), um dos polos é negativo, o outro é positivo. A figura 1 mostra o símbolo indicativo de módulo fotovoltaico em um circuito elétrico (o lado positivo é indicado por um triângulo).



Figura 1 – Símbolo indicativo de um módulo fotovoltaico.

Fonte: ABNT (2006)

- Painel fotovoltaico: Associação de módulos fotovoltaicos interligados eletricamente em uma única estrutura.
- Ângulo azimutal de superfície (ou desvio azimutal): Diferença, em graus, entre o norte geográfico e a projeção reta da superfície do plano horizontal. Pode variar entre -180° (totalmente à esquerda, oeste), $+180^\circ$ (totalmente à direita, leste) e 0° (reto, orientado ao norte geográfico). É representado pela letra grega gama (γ)
- Inclinação da superfície: Ângulo de declive entre a superfície e o plano horizontal. Pode variar entre 0° (plano horizontal) e 90° (totalmente perpendicular à superfície). É representado pela letra grega beta (β).
- Resposta espectral: É a densidade de corrente de curto circuito gerada pela radiação unitária de cada comprimento de onda, dentro da faixa do espectro da luz solar.
- *Performance ratio (PR)* ou taxa de desempenho (TD): É a relação entre a produtividade de um painel fotovoltaico e a quantidade de horas de sol a $1000\text{W}/\text{m}^2$ incidentes sobre o mesmo. Na prática, é uma taxa expressa em porcentagem, que calcula o desempenho do sistema ao considerar as perdas no inversor de frequência, perdas nas conexões e perdas por aumento de temperatura nos módulos (TIEPOLO, 2015)

2.2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O princípio para a produção de energia solar fotovoltaica consiste no uso de elementos semicondutores fotossensíveis, tais como o silício e germânio que convertam a radiação solar (a luz de espectro visível, por fótons) em uma diferença de potencial na junção P-N (silício, por exemplo, misturado a certas impurezas o tornam eletricamente positivo ou negativo) (EMPRESA DE PESQUISA...,2012,P.9).

Segundo a figura 2, os fótons, ao incidirem sobre uma única célula de junção PN (uma camada de silício dopado com material P (boro), e outra camada de silício dopado com material N (fósforo)), causam um deslocamento dos elétrons, gerando uma tensão de 0,6 a 0,7 volts entre o pólo P e o pólo N. Para aumentar a tensão e a corrente, as células são associadas num arranjo série-paralelo, formando um módulo. A associação de módulos forma um painel solar fotovoltaico.

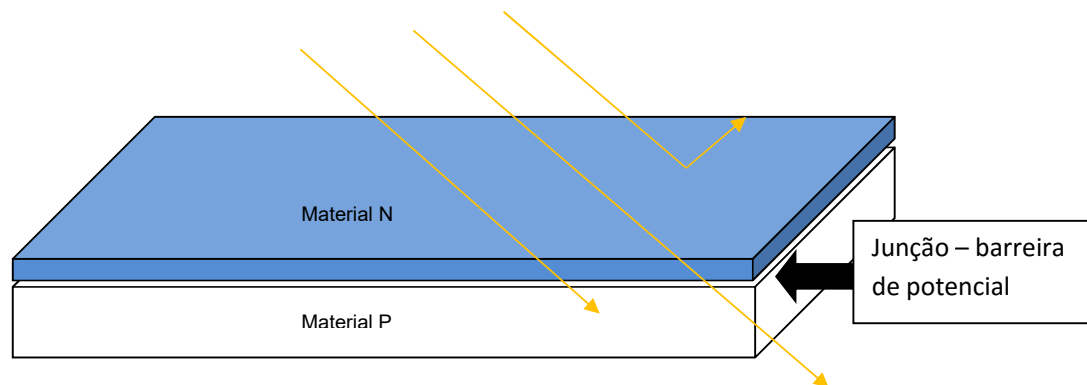


Figura 2–Representação simples de uma célula fotovoltaica de silício.
Fonte: Adaptado de URBANETZ (2010, p.36).

2.3 RADIAÇÃO SOLAR

A energia advinda do sol provém da radiação de aproximadamente 1353W/m^2 , cujo valor é conhecido como constante solar (VILLALVA, 2015, p.43). A eficiência do módulo fotovoltaico define o percentual desta energia será convertida em eletricidade. Os módulos de silício cristalino (c-Si), em especial o monocristalino (m-Si), são os mais caros de se produzir, mas possuem maior eficiência até então;

os valores médios variam de 14 a 21% na conversão da energia do sol em energia elétrica (PORTAL SOLAR,2016).

Devido ao clima e à altitude (devido à massa de ar atmosférica) a radiação solar não é uniforme em diferentes áreas do globo terrestre, bem como a composição desta massa de ar e os elementos suspensos como o vapor de água e poeira (VILLALVA, 2015, p.40). Por isso, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, elaborou o Atlas Brasileiro de Energia Solar, em 2006, que fez parte do projeto SWERA (*Solar and Wind Energy Resource Assessment*), que realizou a coleta de dados em diferentes regiões do Brasil, para estimar a irradiação em todo o território nacional.

Para um maior aproveitamento da energia do sol, e maximizar o rendimento do sistema, os módulos fotovoltaicos em SFVCR devem estar orientados para o norte geográfico, e ter inclinação correspondente à latitude local (URBANETZ,2010).

2.3.1 IRRADIÂNCIA SOLAR

Representada pela letra G, a irradiação é o valor instantâneo da radiação solar, medida em Watt por metro quadrado (W/m^2).

A irradiação total (G_{TOT}) é a soma das irradiações direta (que incide diretamente sobre a superfície, sem se espalhar na atmosfera), difusa (que se espalha na atmosfera) e a de albedo (irradiação refletida do solo e arredores de onde o dispositivo está instalado)

A irradiação global (G_{HOR}) é a soma das irradiações direta e difusa, excluindo a irradiação de albedo.

A irradiação é realizada por instrumentos denominados radiômetros, tais como:

- Piranômetro: Instrumento que possui uma redoma de vidro que recebe luz de todas as direções, concentrando no sensor de silício em seu interior. Mede a irradiação global (G_{HOR}) (VILLALVA, 2015, p.42)

- Pireliômetro: Instrumento que possui um tubo estreito, de modo que somente a luz direta do sol, em linha reta, possa alcançar o sensor. Utilizado para medir a irradiação direta (G_{DIR}) de uma superfície (*ibid*).

2.3.2 IRRADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar é a forma de transferência de energia advinda do sol por meio de fótons ou ondas eletromagnéticas (TIEPOLO, 2015).

A irradiação solar é a irradiância solar integrada durante um período de tempo. Normalmente, este período é de uma hora (simbolizada pela letra I), ou de um dia (simbolizado pela letra H) (*ibid*).

Para a realização de um projeto fotovoltaico, será necessário a busca dos dados de irradiância solar, que é a média de energia histórica diária e/ou anual de radiação solar de um determinado ponto, medida em Watt-hora por metro quadrado (Wh/m^2). É um dos principais critérios para efetuar-se o dimensionamento dos módulos fotovoltaicos necessários para atender a demanda de energia elétrica desejada. A irradiação solar também é conhecida pelo termo insolação, segundo VILLALVA (2015, p.44).

A figura 3 ilustra os conceitos de irradiação e irradiância. Enquanto a irradiância mede a potência (instantâneo) da radiação solar em watt por metro quadrado (W/m^2); a irradiação mede a energia (potência em um espaço de tempo – um dia, por exemplo) da radiação solar em watt-hora por metro quadrado (Wh/m^2).

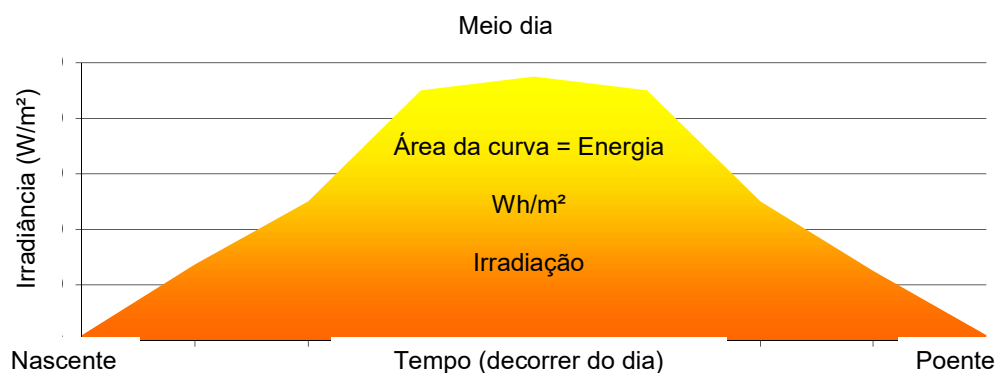


Figura 3 – Representação dos conceitos de irradiação e irradiância.

Fonte: Adaptado de VILLALVA (2015, p.44)

2.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE (SFVCR)

O modo de utilização da energia advinda do painel solar fotovoltaico (associação dos módulos) pode ser um sistema:

Isolado – somente para atender a demanda local, sendo necessária a utilização de baterias para armazenar a energia produzida – Sistema Fotovoltaico Isolado (SFVI).

Distribuído - Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede(SFVCR), onde a saída do inversor (Equipamento que converte corrente contínua em corrente alternada) é ligada à rede elétrica diretamente, sem fazer uso de baterias. Este sistema opera em paralelo à rede elétrica, reduzindo ou eliminando consumo da rede pública, podendo até mesmo gerar excedente de energia (VILLALVA,2015 p.147). Dependendo do objetivo, a distribuição pode ser centralizada, no caso de usinas (parques solares) onde se injeta energia elétrica no sistema, ou descentralizada, como ocorre nas residências e indústrias com um sistema conectado à rede, onde o objetivo primário é atender a demanda local, e injetar o excedente de energia elétrica produzida na rede pública. (KURATA, 2016, p.18).

Para a bonificação deste excedente são utilizados os modos *net-metering* e *feed-in tariff*. No *net-metering*, sistema usado no Japão e Estados Unidos, a unidade consumidora, quando está produzindo energia elétrica fotovoltaica, obtém créditos em kWh, e quando não há radiação solar, ou quando a demanda energética é maior que a produzida, esses créditos são utilizados. No *feed-in*, sistema usado na Espanha e Alemanha, a unidade é considerada como minigeradora, onde o governo faz a compra de toda a energia fotogerada, sendo um meio de atrair investimentos pela iniciativa privada (URBANETZ,2010). A unidade produtora/consumidora pode, opcionalmente, dispor de um medidor de energia bidirecional, para cálculo da energia consumida (quando a produção de energia solar é insuficiente para a demanda, ou horário noturno) e o cálculo da energia produzida pelos módulos fotovoltaicos.

Em um sistema fotovoltaico conectado à rede, dependendo do arranjo dos módulos a ser projetado, é possível obter diferentes níveis de tensão e corrente (o que implica na bitola do cabeamento) de corrente contínua. O inversor é responsável pela conversão da corrente contínua (normalmente distinta da tensão da rede local)

em corrente alternada, em tensão e frequência da rede, com baixo teor de harmônicos e onda em forma senoidal (RÜTHER,2004,p.17)

2.4.1 CARACTERÍSTICAS DOS INVERSORES

A energia produzida pelos módulos, é gerada na forma de corrente contínua. A rede pública de energia elétrica funciona com corrente alternada, logo é necessário um equipamento que converta a energia contínua em alternada. Este equipamento é o inversor.

Algumas características dos inversores:

- Faixa útil de tensão de entrada: Também conhecida como tensão MPPT (Rastreamento do ponto de máxima potência). É o intervalo de valores de tensão contínua de entrada na qual o inversor pode maximizar o aproveitamento da energia dos módulos fotovoltaicos. O MPPT funciona com o algoritmo de perturbação e observação. O inversor provoca um incremento de tensão na saída dos módulos, a fim de aumentar a potência que pode ser extraída do módulo. Em certo momento, o incremento de tensão começa a provocar diminuição da potência, e o inversor inicia um decréscimo de tensão, até encontrar um ponto de equilíbrio (VILLALVA,2015 p.165)

- Tensão máxima de entrada CC: É o valor máximo de tensão contínua de entrada admissível no inversor. Compreende a tensão obtida pela associação dos módulos fotovoltaicos em um painel.

- Corrente máxima de entrada CC: Corrente máxima suportada pelo inversor.

- Número máximo de *strings*: *String* é o conjunto de módulos ligados em série, para se conseguir a tensão de trabalho do inversor. Os *strings* são conectados em paralelo, a fim de aumentar a potência do sistema, por aumento de corrente. Geralmente, os inversores possuem entradas para até quatro *strings*.

- Tensão CA: Tensão de saída para conexão com a rede elétrica. Deve ser compatível com a tensão da rede elétrica local.
- Eficiência ou rendimento: É o valor percentual do quanto a energia CC é transformada em energia CA, considerando se as perdas na conversão. Bons inversores têm eficiência acima de 95%.
- Potência de pico CC: Potência máxima admitida pelo inversor, somando se todas as *strings*. É importante frisar que, se a potência de entrada for muito baixa, o inversor pode desligar por falta de tensão. Se for muito alta, o inversor trabalhará fora da faixa MPPT, sendo o mesmo subutilizado e até mesmo danificado por sobrecarga.
- Anti-ilhamento: Recurso necessário para proteção de pessoas e instalações, que consiste no desligamento do inversor em caso de falta de energia na rede pública. A ausência deste recurso irá energizar indevidamente a rede elétrica pública à qual o sistema está conectado, representando perigo para as pessoas que realizam manutenção da rede, ou a outros equipamentos ligados à mesma rede.(VILLALVA, 2015).
- Medição de energia gerada: Alguns modelos de inversores medem a quantidade de energia gerada pelo painel solar (PORTAL SOLAR,2016).

A figura 4 representa a presença de um inversor no circuito elétrico.

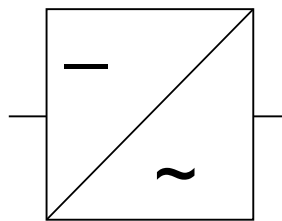


Figura 4 – Símbolo de inversor

2.4.2 CARACTERÍSTICAS DOS MÓDULOS

Algumas características dos módulos solares fotovoltaicos:

- Tecnologia: Compreende as famílias de filmes finos e de silício cristalino (cSi).
 - Silício amorfo hidrogenado(aSi). Eficiência do módulo: 6 a 9%
 - Telureto de cádmio (CdTe). Eficiência do módulo: 11%
 - Disseleneto de cobre e índio (CIS). Eficiência do módulo: 10%
 - Disseleneto de cobre gálio e índio (CIGS). Eficiência do módulo: 12%
 - Silício poli-cristalino (pSi). Eficiência do módulo: 13 a 16,5%
 - Silício mono-cristalino (mSi). Eficiência do módulo: 14% a 21% (PORTAL SOLAR, 2016)

Os módulos CIS e CIGS possuem maior eficiência dentro família de filmes finos, mas são mais caros comercialmente; os módulos CdTe empregam material tóxico (cádmio) e raro (telúrio). O silício amorfo foi a primeira tecnologia de filme fino a ser desenvolvida, e mais aceita comercialmente devido a seu custo.

Os módulos de silício mono-cristalino possuem a maior eficiência na conversão fotovoltaica até então, mas são mais caras, devido à complexidade e maior quantidade de energia utilizada para sua fabricação. A figura 5 mostra três lingotes de silício após o processo de Czochralski: Após a produção dos lingotes, quatro lados são cortados, e grande quantidade de silício não é aproveitada, sendo necessária a reciclagem do mesmo. (PORTAL SOLAR,2016)



Figura 5 – Lingotes de silício monocristalino obtidos a partir do processo de Czochralski. Fonte: (PORTAL SOLAR, 2016)

Os módulos fotovoltaicos apresentam as seguintes especificações:

- Tensão de circuito aberto: Simbolizada como V_{oc} , é a tensão que o módulo produz com os terminais desconectados. Base para o dimensionamento das *strings*.
- Corrente de curto-circuito: Simbolizada por I_{sc} , é a corrente máxima que o módulo é capaz de fornecer.
- Potência de pico: Potência máxima produzida pelo módulo, na condição padrão de teste (STC)
- Eficiência do módulo: Percentual do quanto a radiação solar do padrão de teste (STC, $1000W/m^2$) é convertida em energia elétrica.

2.4.3 ESTRUTURAS

A estrutura deve suportar o peso do painel fotovoltaico, levando em consideração a posição do painel (para melhor aproveitamento da radiação solar em função do plano inclinado, e a orientação dos módulos para o norte, se possível) o arranjo dos módulos fotovoltaicos, bem como a ação do vento e alterações de temperatura. Normalmente é utilizado alumínio ou aço para a estruturação (RÜTHER, 2004).

3 SEGURANÇA EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Segundo o dicionário Aurélio, segurança é o conjunto de ações e dos recursos utilizados para proteger alguém, ou que serve para diminuir os riscos ou os perigos (DICIONÁRIO AURÉLIO, 2016). Apesar de apresentar diversos significados, segurança sempre está relacionada à prevenção de algum acontecimento, em geral, desagradável, como os acidentes.

Quanto ao acidente de trabalho, há dois conceitos importantes: O perigo e o risco. Entende-se por perigo, a fonte ou situação que pode gerar lesão, doença, dano ao local de trabalho ou ao meio ambiente por ausência de medidas de controle. Entende-se por risco, a possibilidade de ocorrer um acidente devido à exposição ao perigo (SEGURANÇA...,2016; MTE, 2016a). Dentro deste cenário, os acidentes ocorrem por ato inseguro ou condição insegura. No ato inseguro, o trabalhador não toma os devidos cuidados, executa os serviços de forma contrária às normas de segurança, não usa devidamente os equipamentos de proteção individuais (EPIs), (ou os mesmos se encontram em mau estado de conservação), ou está trabalhando sob efeito de álcool ou drogas. Acidentes por brincadeiras indesejadas também entram neste contexto (MENDES, 2013) Na condição insegura, quando o ambiente de trabalho não propicia as condições adequadas para a execução dos serviços (VIEIRA, 2005 *apud* DOS SANTOS, 2013)

Na área dos sistemas fotovoltaicos, há dois principais perigos, nos quais os instaladores estão expostos: O trabalho com eletricidade, devido ao risco de choque elétrico (mesmo desconectados, os módulos produzem tensão elétrica se expostos ao sol); e trabalho em altura, devido ao risco de queda (durante a instalação, o técnico pode cair do telhado ou da estrutura na qual os módulos fotovoltaicos serão fixados). Há outros riscos, tais como risco de insolação, ataque de animais e insetos peçonhentos, tais como abelhas, aranhas e escorpiões; riscos ergonômicos por postura inadequada do trabalhador e carga excessiva de trabalho, por exemplo. (KURATA, 2016)

Visando reduzir o número de acidentes e estabelecer padrões, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o órgão nacional de normalização, fundado em 1940, é responsável pela elaboração das normas de normalização e segurança (NBRs). Estas normas, segundo a ABNT, tornam os serviços mais eficientes, mais

seguros e mais limpos visando também proteger os consumidores e usuários (ABNT, 2016).

A palavra norma significa tornar algo habitual, segundo uma regra, estabelecer um critério, padronização (DICIONÁRIO AURÉLIO, 2016).

Na ausência ou insuficiência de uma norma nacional que tange uma área específica do ambiente de trabalho, aconselha-se a recorrer às normas internacionais cabíveis (SANTOS, 2012, p.25), tais como a *International Electrotechnical Commission* – IEC, no caso de trabalho com eletricidade, por exemplo.

3.1 TRABALHO COM ELETRICIDADE: NR-10 e NBR5410

A norma regulamentadora 10 (NR-10) estabelece condições mínimas que garantam a segurança e saúde dos trabalhadores que interajam com serviços que envolvam eletricidade, de forma direta ou indireta. Se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo; incluindo o projeto, montagem, operação e manutenção das instalações elétricas das proximidades (MT, 2016a). Esta norma foi publicada em julho de 1978 e seu texto mais recente foi estabelecido pela Portaria MTPS n.º 508, de 29 de abril de 2016.

Para instalações elétricas, a NR-10 estabelece princípios gerais de segurança, (caráter compulsório) mas dependendo do ambiente de aplicação, algumas normas adicionais e complementares podem ser aplicáveis (documentos voluntários), tais como a NBR5410, emitida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que trata das instalações elétricas de baixa tensão (até 1000 Volts) e a NBR14039, que trata das instalações elétricas de média tensão (1 kV até 36,2kV) (SANTOS, 2012).

Todas as atividades envolvendo manutenção no setor elétrico devem priorizar os trabalhos com circuitos desenergizados, conforme recomenda a NR10, porém, certos cuidados devem ser observados para evitar a reenergização acidental do circuito; tais como circuitos em paralelo, circuitos indutivos de eletricidade (eletromagnéticos), falta de sinalização adequada, alertando para a não energização da linha, e o trabalho em condições climáticas adversas (incidência de descargas atmosféricas) (LOURENÇO, 2010, p.55).

3.1.1 RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO

Choque elétrico é o fenômeno que se dá ao efeito da corrente elétrica circular pelo corpo humano, pela diferença de potencial (ddp) do mesmo com o elemento condutor energizado. Ou seja, o corpo humano se torna um condutor elétrico. Quanto maior for a diferença de potencial (tensão), e/ou menor resistência do corpo humano ao terra (estar descalço, falta de luvas isolantes, piso molhado, condições orgânicas do indivíduo), maior será a intensidade da corrente elétrica (medida em Àmpere ou pelo submúltiplo mili-Àmpere) e maior será o choque elétrico, podendo este, gerar pequenos formigamentos até queimaduras de 3º grau. (KURATA, 2016; DOS SANTOS, 2013)

Os principais fatores que determinam a gravidade de um choque elétrico são:

- A intensidade da corrente elétrica: Dependendo da corrente elétrica que circula pelo corpo, diferentes efeitos podem ocorrer, conforme a tabela 1:

Intensidade da corrente (mili-Ampères)	Efeito causado ao corpo humano
0,1 a 1 mA	Limiar da sensação perceptível
1 a 5 mA	Sensação de leve formigamento
10 a 20mA	Forte formigamento, tetanização e dor
20 a 30mA	Paralisia muscular
30 a 50mA	Dificuldade de respirar / Parada respiratória
50 a 100mA	Fibrilação, parada cardíaca
Acima de 100mA	Queimaduras severas
Acima de 200 mA	Em geral, morte do indivíduo

Tabela 1 – Os efeitos da corrente elétrica no organismo humano.

Fonte: Adaptado de KURATA (2016,p.25); SANTOS (2012, p.31)

- O percurso da corrente elétrica: Quanto maior o caminho da corrente elétrica, e se a mesma passar pelo coração (se a corrente percorrer entre as extremidades dos membros) maior é a gravidade da lesão.

- A duração da corrente elétrica: Quanto maior a duração da corrente elétrica no organismo, maior é a severidade da lesão, de acordo com a intensidade da corrente correspondente da tabela acima.

- Frequência da corrente elétrica: As de frequência entre 20 e 100Hz, bem como as de 60 Hz da rede elétrica pública – corrente alternada – são mais perigosas que as de corrente contínua (0 Hz) de mesmo valor de intensidade de corrente da tabela supracitada. Há maior possibilidade de fibrilação ventricular (DOS SANTOS,2013, p.24)

A figura 6 ilustra do caminho percorrido pela corrente elétrica, em função da negligência do uso de luvas de proteção, facilitando a ocorrência do choque elétrico.



Figura 6 – O choque elétrico. Fonte: Portal Eletricista (2016)

No trabalho com sistemas fotovoltaicos, o risco de choque elétrico está presente devido à possibilidade de haver tensão nos terminais dos módulos fotovoltaicos, durante a interconexão dos mesmos sob a incidência da luz solar. Os módulos isolados apresentam baixa tensão na saída (até 24 Volts), mas o perigo de uma tensão mais elevada se encontra na *string* em série dos módulos, onde a associação pode atingir 600V. Um erro de conexão também pode representar grande perigo (CENTRO DE PESQUISA...,2014).

Deve-se restringir o acesso à área de trabalho, sinalizar o acesso aos ambientes onde se encontram os equipamentos de potência (como as placas indicativas da figura 7), para proteção contra choques elétricos, umidade, poeira e insetos (*ibid*).



Figura 7 – Exemplos de placas indicativas de alerta.

Fonte: CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA (CEPEL),2014

Para o instalador, antes de iniciar qualquer trabalho, deve:

- Remover adereços metálicos do corpo, tais como anéis, correntes ou relógios;
- Usar roupas e equipamentos de proteção individual (EPI) adequados para o serviço, de preferência conforme as recomendações da norma regulamentadora nº.6 (NR-06);
 - Usar ferramentas e aparelhos de medição adequados às faixas de tensão dos equipamentos, e em bom estado de conservação;
 - Cobrir os módulos fotovoltaicos durante as conexões;
 - Trabalhar acompanhado, para auxílio na atividade e em caso de acidentes. (CENTRO DE PESQUISA...,2014; KURATA, 2016; SANTOS,2012,p.121)

3.1.2 ARCO ELÉTRICO

O arco elétrico é um fenômeno no qual a corrente elétrica rompe a barreira dielétrica de um meio isolante, envolvendo partes condutoras que não estão em contato direto. Em geral, são de curta duração, transformam energia elétrica em energia luminosa, acústica e térmica. (BARROS, 2010 *apud* DOS SANTOS,2013). O

efeito das ondas térmicas pode causar **queimaduras graves**, pois a temperatura de um arco elétrico situa-se entre 2000° a 6000° C (LOURENÇO,2010,p.28)

Sua principal aplicabilidade é seu uso em soldas com eletrodos. Mas em instalações elétricas, os arcos elétricos são indesejáveis, pois causam deterioração das partes condutoras que antes estavam separadas pelo dielétrico. Algumas razões pelos quais os arcos podem ocorrer:

- O material dielétrico não possui isolação adequada para o nível de tensão do circuito, ou está desgastado, deixando exposto o condutor, normalmente metálico.

- Descargas elétricas atmosféricas (raios): A corrente elétrica vence o dielétrico (ar) ao encontrar um condutor metálico na superfície terrestre. As conseqüências para este tipo de arco elétrico vão além de um simples choque, podendo destruir a estrutura que serviu como condutor, bem como as proximidades. Os painéis fotovoltaicos estão suscetíveis a este evento, pois se encontram no alto das edificações e possuem material condutor na sua construção (moldura dos módulos e estruturas de fixação). Neste caso, a edificação deve ser provida de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) conforme a norma brasileira ABNT NBR5419, que aborda este assunto. Convém lembrar que o aterramento do SPDA é totalmente à parte do sistema de aterramento da edificação. (LOURENÇO, 2010, p.27)

A figura 8 mostra dois condutores sob o efeito do arco elétrico. Os arcos podem ser produzidos por alta tensão entre os condutores por rompimento do dielétrico ar, ou acidentalmente, pela desconexão (chaveamento) dos condutores sob carga (circuito fechado, com circulação de corrente elétrica).

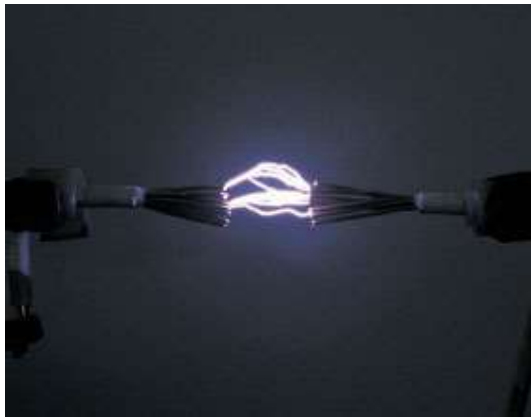


Figura 8 – Arco elétrico.

Fonte: Imagem aleatória na internet. (Google)

3.2 TRABALHO EM ALTURA: NR-35 E NBR16325

A norma NR-35, publicada em março de 2012 e atualizada pela Portaria MTb n.º 1.113, de 21 de setembro de 2016, prescreve os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução; visando garantir e proteger a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com a atividade (MT, 2016b).

Segundo esta norma, considera-se trabalho em altura toda atividade executada acima de dois metros do nível anterior, onde haja risco de queda (*ibid*).

Já a norma NBR16325, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, estabelece regras para os dispositivos de ancoragem, pontos onde se pode amarrar ou prender um equipamento de segurança contra queda.

A instalação de sistemas fotovoltaicos em edificações, necessita das prescrições contidas na NR-35 ou então, um instalador, por desconhecimento ou negligência, executará o serviço em ato inseguro, como o indivíduo da figura 9, que mostra a ausência de equipamento de proteção individual, e conseqüentemente, sem seguir as recomendações da NR-35.



Figura 9 - Trabalhador em ato inseguro. Risco iminente de acidente.

Fonte: Imagem aleatória da internet (Google)

As principais causas de acidentes de trabalho em altura (em geral, quedas) são causados por:

- Perda de equilíbrio, escorregão, passo em falso;
- Ausência de guarda-corpo ou a quebra deste;
- Uso de apoios, escada, andaimes pouco confiáveis
- Trabalhador inapto para atividades em altura (doenças físicas, efeito de entorpecentes) (MENDES, 2013, p,28)

Segundo Mendes (2013, p.29) a NR-35 proíbe a execução de trabalhos por pessoas não habilitadas e/ou autorizadas, de correr no meio da obra, de subir e descer escadas saltando degraus ou transportando materiais com uma das mãos (tais objetos devem ser içados em separado).

3.3 USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO

Para a aplicação das normas NR-10 (eletricidade) e NR-35 (altura), se faz necessário a aplicação da norma regulamentadora nº 6 (NR6) que trata dos equipamentos de proteção individual.

Segundo o Ministério do Trabalho, (2015) "considera-se Equipamento de Proteção Individual (EPI) todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho". O equipamento só poderá ser utilizado com a indicação do Certificado de Aprovação (CA), expedido por órgão nacional competente. Se o trabalhador presta serviços à uma empresa, ele tem por direito receber os EPIs gratuitamente, em bom estado de conservação, para o exercício de sua função(MT, 2015).

Compete ao Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho - (SESMT), ouvida a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) e trabalhadores usuários, recomendar ao empregador o EPI adequado ao risco existente em determinada atividade.(*ibid*)

A figura 10 mostra o cenário ideal de segurança, pois os trabalhadores estão fazendo uso dos EPIs adequados (Capacete, luva de vaqueta, botas de borracha). Há também um Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) chamada linha de vida (cabo azul), para proteção contra queda, onde o talabarte de cada indivíduo é fixado ao mesmo.



Figura 10 - Trabalhadores durante a instalação de um módulo fotovoltaico.

Fonte: Brasil Solair (2016)

Segundo Kurata (2016), os equipamentos comumente usados para instalações de sistemas fotovoltaicos são:

3.3.1 CAPACETE COM JUGULAR

Confere proteção contra impacto de objetos e contra a irradiação solar ajudando a prevenir a insolação. A figura 11 mostra um capacete com alça de jugular com trava, necessária para trabalhos em altura, evitando a queda do capacete em movimentos bruscos.



Figura 11 - Capacete com jugular

Fonte: Imagem aleatória da internet (Google)

3.3.2 ÓCULOS DE PROTEÇÃO

Conferem proteção contra impacto de objetos leves, partículas volantes na direção dos olhos, e radiação ultravioleta. Podem ser incolores (ambientes internos) e de tonalidade escura (ambientes externos, com muita luminosidade do sol). A figura 12 mostra um óculos de proteção com visor escurecido.



Figura 12 - Óculos de proteção

Fonte: Imagem aleatória da internet (Google)

3.3.3 LUVAS

Dois tipos de luvas podem ser aplicados: As luvas de vaqueta, para manuseio dos módulos fotovoltaicos, por conferir proteção contra objetos ásperos e cortantes (moldura dos módulos), e as luvas de borracha, utilizadas nas operações que envolvam eletricidade (interconexões dos módulos, interfaces elétricas, inversor e medidor de energia). As luvas de borracha possuem nível de proteção conforme a tensão do circuito, conforme a tabela 2:

CLASSE	TENSÃO DO CIRCUITO	COR DA TARJA DA LUVA
00	500V	Bege
0	1000V	Vermelha
I	7,5kV	Branca
II	17kV	Amarela
III	26,5kV	Verde
IV	36kV	Laranja

Tabela 2 - Aplicação das luvas de borracha de proteção contra choque elétrico

Fonte: Adaptado de KURATA (2016, p.43)

Em instalações de SFVCR, usualmente serão usadas as luvas de tarja bege (até 500V) e vermelha (até 1000V).

3.3.4 BOTA DE BORRACHA

Conferem proteção contra superfícies energizadas, contra derrapagens e impacto de objetos. Nos trabalhos com altura, deve-se optar por um modelo sem cadarço, para evitar entrelaçamentos e possível queda do trabalhador.

3.3.5 PROTETOR SOLAR

Apesar de não estar listado na NR6 como equipamento de proteção, nem conter um número de certificado de aprovação, seu uso se faz necessário durante as instalações, para evitar excessiva exposição à radiação solar, afim de proteger a saúde do trabalhador.

3.3.6 CINTURÃO TIPO PARA-QUEDISTA

Suporta e distribui as forças de impacto numa possível queda do trabalhador. Deve estar anexado a um talabarte do tipo Y (dois pontos de ancoragem) com absorção de impacto e trava anti-queda, com capacidade mínima de 22 kN (22 kilo Newtons) à linha de vida horizontal (uso em telhados, por exemplo). A figura 13 mostra um cinturão do tipo para-quedista.



Figura 13 - Cinturão tipo para-quedista

Fonte: Capital Safety

3.4 OUTROS ASPECTOS DE SEGURANÇA

A principal preocupação de segurança neste tópico é o uso e a eficiência do recurso de anti-ilhamento presente nos inversores. O desligamento do inversor se dá em caso de falta de energia na rede pública. A ausência deste recurso irá energizar indevidamente a rede elétrica pública à qual o sistema está conectado, representando perigo para as pessoas que realizam manutenção da rede, ou a outros equipamentos ligados à mesma rede. (VILLALVA, 2015).

A norma NBR 16149 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresenta todos os requisitos e recomendações específicas para a conexão entre os sistemas fotovoltaicos e a rede de distribuição de energia elétrica.

Já a norma NBR 16150 prescreve os procedimentos de ensaio para a verificação dos equipamentos utilizados na conexão entre o sistema fotovoltaico e a rede de distribuição de energia elétrica (SFVCR). (KURATA, 2016). A norma NBR IEC62116 trata de um único ensaio o teste de anti-ilhamento que não é abordado na norma ABNT NBR 16150.

Segurança em eletricidade ou trabalho em altura são preocupações principais, mas quando o sistema já está operante, deve-se levar em consideração a conservação do local no qual o sistema está instalado – as estruturas de fixação dos módulos fotovoltaicos, a fixação dos cabos condutores, fixação dos inversores - onde a edificação deve suportar o peso de todos os equipamentos. Por exemplo, onde os módulos solares forem fixados, deve-se escolher o tipo de fundação utilizada para a sustentação da estrutura, conforme a figura 14:

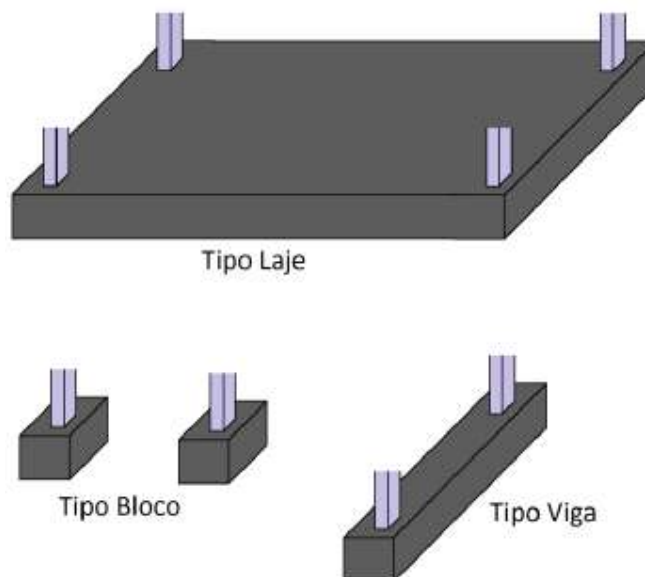


Figura 14 – Tipos de fundações para sustentação de estruturas de módulos fotovoltaicos

Fonte: CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA (CEPEL), 2014, p.372

Cabe ressaltar que o escopo desta pesquisa é direcionado à segurança de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR). Em caso de sistemas isolados (SFVI) há o cuidado adicional no manuseio dos acumuladores elétricos – as baterias de chumbo-ácido – na qual as mesmas devem estar instaladas em ambiente ventilado e capaz de conter o escoamento de líquidos (em função do vazamento do eletrólito da bateria – ácido - e de gases que propiciam a formação de atmosfera explosiva). Como foi citado anteriormente, há também o problema do peso do conjunto de baterias ser suportado pela estrutura onde o mesmo será acomodado.

A segurança do sistema fotovoltaico não se limita apenas no momento de sua instalação e de suas manutenções periódicas, tais como o ajuste de posição dos módulos fotovoltaicos (de acordo com o projeto), manutenção da estrutura (se houver um sistema seguidor da posição do sol de um eixo – variável de acordo a hora do dia –ou de dois eixos – variável de acordo a hora do dia e de acordo à estação do ano), ou a manutenção dos inversores (substituição do inversor, na maioria dos casos).

4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, tudo o que remete à segurança não são preocupações excessivas, pois, se forem obedecidas as normas, haverá aumento de eficiência e produtividade do trabalho, menos equipamentos danificados ou desgastados prematuramente, menos trabalhadores afastados por acidentes de trabalho (Isso sem falar nos custos ao Estado pela invalidez temporária ou permanente de funcionários com carteira assinada).

Falhas de instalação ou má isolamento pode acarretar em incêndio. Erros de instalação, como o não uso dos conectores apropriados, ou erros no projeto, como a falta de disjuntores, fiação inadequada à corrente elétrica do circuito podem comprometer a segurança depois de tudo estar concluído. Neste caso, não são os trabalhadores que estão em risco, mas o utilizador do sistema fotovoltaico.

Certas medidas podem sim, evitar a morte de pessoas se até os mínimos detalhes forem observados.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **Institucional**. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/abnt/conheca-a-abnt>>. Acesso em 23/09/2016
- ABNT. **NBR 10899 – Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira, 2006.
- ABNT. **NBR 16149 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira, 2013.
- ABNT. **NBR 16150 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira, 2013.
- ABNT. **NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira, 2004.
- ABNT. **Normalização**. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/normalizacao/o-que-e/o-que-e>>. Acesso em 23/09/2016
- BARROS, Benjamim Ferreira de. **NR-10 Norma Regulamentadora de Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade: Guia Prático de Análise e Aplicação**. 1ª Edição. São Paulo: Érica, 2010.
- CAPITAL SAFETY. **Catálogo de produtos**. Disponível em: <<http://pt.capitalsafety.com.br/Pages/ProductDetails.aspx?>> Acesso em 29/10/2016
- CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA E CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. **Manual de engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 1999.
- CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA E CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. **Manual de engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Edição revisada e atualizada. Rio de Janeiro, 2014.
- DICIONÁRIO AURÉLIO. **Significado de Norma**. Disponível em: <<http://dicionariodoaurelio.com/norma>> . Acesso em 20/07/2016
- DICIONÁRIO AURÉLIO. **Significado de Segurança**. Disponível em: <<http://dicionariodoaurelio.com/seguranca>> . Acesso em 20/07/2016
- DOS SANTOS, Fabricio Fontoura. **Principais conseqüências da não aplicação da NR-10 – Avaliação das instalações elétricas de baixa tensão de uma unidade militar de aquartelamento**. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

KURATA, Marcos Eduardo. **Análise de riscos em instalações de sistemas fotovoltaicos**. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

LOURENÇO, Heliton. **Aplicabilidade da NR-10 em Serviços de Manutenção e Operação em Subestações e Linhas de Transmissão de Extra-Alta Tensão**. Monografia - Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2010.

MENDES, Márcio Roberto Azevedo. **Prevenção de acidentes nos trabalhos em altura**. Monografia - Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

MT. **NR-06 – Equipamento de Proteção Individual –EPI**. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora, 2015. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR6.pdf>>. Acesso em 21/11/2016.

MT. **NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora, 2016. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-10-atualizada-2016.pdf>>. Acesso em 21/11/2016.

MT. **NR-35 – Trabalho em Altura**. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora, 2016. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR35.pdf>>. Acesso em 21/11/2016.

PORTAL ELETRICISTA. **Riscos do choque elétrico e seus efeitos no corpo humano**. Disponível em: <<http://www.portaleletricista.com.br/riscos-do-choque-eletrico-e-seus-efeitos-no-corpo-humano>> Acesso em 6/10/2016

PORTAL SOLAR. **O painel solar fotovoltaico**. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>> . Acesso em 19/08/2016.

PORTAL SOLAR. **O inversor solar**. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/o-inversor-solar.html>>. Acesso em 19/08/2016 .

RADOVIC, Ljubisa. **Energy and Fuels in Society**. Disponível em: <<http://www.ems.psu.edu/~radovic/fundamentals.html>>. Acesso em 25/05/2016.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos– O potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligadas à rede elétrica pública no Brasil**. 1. 42T. Florianópolis: LABSOLAR / UFSC, 2004.

SANTOS, Elton Cosmo de Souza. **Inspeção e adequação das instalações elétricas e procedimentos de trabalho de uma empresa à norma regulamentadora NR-10.** Monografia (Graduação em Engenharia Mecatrônica). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012

SEGURANÇA DO TRABALHO NWN. **Diferença entre perigo e risco.** Disponível em: <<http://segurancadotrabalhonwn.com/a-diferenca-entre-perigo-e-risco>> Acesso em: 23/07/2016.

TIEPOLO, Gerson Máximo. **Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no estado do Paraná.** Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2015.

URBANETZ JUNIOR, Jair. **Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade.** Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2010.

VIEIRA, Sebastião Ivone. **Manual de saúde e segurança do trabalho.** 2ª Edição. São Paulo: LTr, 2008.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica – conceitos e aplicações.** 2ª Edição. São Paulo: Érica, 2015

GLOSSÁRIO

Alta Tensão	Tensão superior a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra. (MT, 2016a)
Baixa Tensão	Tensão superior a 50 volts em corrente alternada ou 120 volts em corrente contínua e igualou inferior a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra. (<i>ibid</i>)
Fibrilação	Contração do músculo cardíaco que desordena a atividade ritmada do coração.
Tetanização	Forte contração muscular.