



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

CARMEM JULIANNE BESERRA MELO

**IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NOS SERVIÇOS DE EXECUÇÃO DE USINAS
SOLAR FOTOVOLTAICA**

**ARARUNA - PB
2019**

CARMEM JULIANNE BESERRA MELO

**IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NOS SERVIÇOS DE EXECUÇÃO DE USINAS
SOLAR FOTOVOLTAICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Segurança do Trabalho.

Orientador: Ms. Luísa Eduarda Lucena de Medeiros

**ARARUNA - PB
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M528i Melo, Carmem Julianne Beserra.
Identificação dos riscos nos serviços de execução de usinas solar fotovoltaica [manuscrito] / Carmem Julianne Beserra Melo. - 2019.
66 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2020.
"Orientação : Profa. Ma. Luísa Eduarda Lucena de Medeiros, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."
"Coorientação: Profa. Ma. Yáscara Maia Araújo de Brito, UFCG - Universidade Federal de Campina Grande"
1. Energia Solar. 2. Segurança e Saúde do Trabalho. 3. Riscos. 4. Medidas de Controle. I. Título
21. ed. CDD 333.79

CARMEM JULIANNE BESERRA MELO

IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NOS SERVIÇOS DE EXECUÇÃO DE USINAS SOLAR
FOTOVOLTAICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Paraíba como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil

Área de concentração: Segurança do Trabalho.

Aprovada em: 12 / 12 / 2019 .

BANCA EXAMINADORA

Luisa Eduarda Lucena de Medeiros
Prof.(a) Ms. Luisa Eduarda Lucena de Medeiros (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Yáscara Maia Araújo de Brito
Prof.(a) Ms. Yáscara Maia Araújo de Brito
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Imarally Vitor de S. R. Nascimento
Profa. Dra. Imarally Vitor de Souza Ribeiro Nascimento
Universidade Federal do Recôncavo Baiano (UFRB)

RESUMO

Dentre as energias renováveis que se apresentam como uma excelente opção para a geração de energia elétrica destaca-se a energia solar. Apesar do forte crescimento, a área ainda é muito carente de normas específicas relacionadas à segurança e saúde do trabalhador. Para tanto, este trabalho tem como objetivo identificar os riscos ocupacionais presentes na execução de uma usina solar fotovoltaica que podem afetar a integridade física e mental dos trabalhadores. A realização deste trabalho deu-se através de pesquisas bibliográficas e acompanhamento *in loco* da instalação de uma usina solar do tipo *on-grid* instalada na área rural. São apresentadas normas genéricas, os riscos envolvidos em cada etapa de execução e suas respectivas medidas de controle coletiva, administrativa e individual. Identificou-se que as radiações não ionizantes, postura inadequada e queda no mesmo nível estão frequentemente presentes em todas as etapas de execução e evidenciou-se a importância da correta identificação dos riscos para a prevenção, uma vez que acidentes do trabalho geram prejuízos não programados, que podem comprometer a lucratividade e imagem da empresa.

Palavras-chave: Energia Solar. Segurança e Saúde do Trabalho. Riscos. Medidas de Controle.

ABSTRACT

Among the renewable energies that present themselves as an excellent option for the generation of electric energy, solar energy stands out. Despite the strong growth, the area is still very lacking in specific rules related to worker safety and health. To this end, this paper aims to identify occupational hazards present in the execution of a photovoltaic solar plant that may affect the physical and mental integrity of workers. This work was carried out through bibliographic research and on-site monitoring of the installation of an on-grid solar plant installed in the rural area. Generic rules are presented, the risks involved in each execution step and their respective collective, administrative and individual control measures. It was found that non-ionizing radiation, improper posture and fall at the same level are frequently present at all stages of execution and the importance of correct identification of risks for prevention was highlighted, as occupational accidents generate unplanned damage, which can compromise the profitability and image of the company.

Keywords: Solar Energy. Occupational Safety and Health. Scratches. Control measures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Irradiação total média anual no Brasil (Kwh/m ² /ano)	14
Figura 2 - Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil	15
Figura 3 - Esquema básico de um sistema fotovoltaico On Grid	16
Figura 4 - Módulos fotovoltaicos instalados sobre telhado	17
Figura 5 - Exemplo de inversor da marca Fronius	18
Figura 6 - Exemplo de quadro de proteção	19
Figura 7 - Ilustração de uma microgeração fotovoltaica residencial	20
Figura 8 - Ilustração de uma microgeração fotovoltaica residencial	21
Figura 9 - Etapas de desenvolvimento do PPRA	28
Figura 10 - Incêndio provocado por um gerador solar fotovoltaico	35
Figura 11 - Colapso estrutural proveniente da sobrecarga dos módulos	36
Figura 12 - Acidente provocado pela ação dos ventos em um gerador	36
Figura 13 - Etapas metodológicas do estudo	38
Figura 14 – Hierarquia de controle de riscos	40
Figura 15 - Fluxograma das etapas de execução da obra	42
Figura 16 – Preparação do canteiro de obras e locação das valas e materiais ao fundo	43
Figura 17 – Instalação dos postes posicionados nas valas	45
Figura 18 – Montagem e fixação do transformador ao poste	47
Figura 19 - Execução dos abrigos dos inversores	50
Figura 20 - Instalação dos perfis de aço galvanizado	52
Figura 21 - Arranjo do sistema fotovoltaico	54
Figura 22 - Instalações elétricas	56
Figura 23 - Painéis em operação	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos Principais Riscos Ocupacionais em Grupos.....	30
Tabela 2 - Riscos físicos e suas consequências	31
Tabela 3 - Riscos químicos e suas consequências	32
Tabela 4 -Riscos biológicos e suas consequências.....	32
Tabela 5 - Riscos ergonômicos e suas consequências	33
Tabela 6 - Riscos de acidentes e suas consequências	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas de desenvolvimento do PPRA	33
Quadro 2 - Cronograma de execução da obra	39
Quadro 3 - Riscos associados aos serviços preliminares	44
Quadro 4 - Riscos associados à implantação dos postes	46
Quadro 5 - Riscos associados à execução da subestação	49
Quadro 6 - Riscos associados à execução dos abrigos	51
Quadro 7 - Riscos associados à montagem das estruturas	53
Quadro 8 - Riscos associados a montagem do arranjo fotovoltaico	54
Quadro 9 - Riscos associados a instalações elétricas do gerador	57
Quadro 10 - Riscos associados a operação e manutenção do gerador	59

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASO	Atestado de Saúde Ocupacional
CA	Certificado de Aprovação
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
DR	Dispositivo Diferencial-Residual
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
PCMSO	Programa De Controle Médico De Saúde Ocupacional
PGR	Programa de Gerenciamento de Risco
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
REN	Resolução Normativa

LISTA DE SÍMBOLOS

Kwh	Quilowatt - hora
MG	Megawatt
W	Watt
V	Volt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	13
1.1.1 Geral	13
1.1.2 Específicos.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Cenário da Energia Solar no Brasil	14
2.2 Sistemas conectados à rede elétrica (On Grid)	15
2.3 Componentes de um sistema gerador fotovoltaico	16
2.3.1 Módulos fotovoltaicos	17
2.3.2 Inversor solar	17
2.3.3 Quadros de proteção.....	18
2.4 Geração distribuída	19
2.4.1 Microgeração distribuída	19
2.4.2 Minigeração distribuída.....	20
2.5 As normas regulamentadoras	21
2.5.1 NR 1 – Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais	22
2.5.2 NR 6 – Equipamento de Proteção Individual (EPI).....	22
2.5.2 NR 7 – Programa De Controle Médico De Saúde Ocupacional (PCMSO).....	23
2.5.3 NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais	24
2.5.4 NR 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade	24
2.5.4 NR 26 – Sinalização	25
2.5.5 NR 35 – Trabalho em altura	27
2.6 Classificação dos riscos	28
2.6.1 Riscos físicos	30
2.6.2 Riscos químicos	31
2.6.3 Riscos biológicos.....	32
2.6.4 Riscos ergonômicos.....	33
2.6.5 Riscos de acidentes.....	34
2.7 Acidentes em execução de sistemas fotovoltaicos	35
3 METODOLOGIA	38
3.1 Tipologia da pesquisa	38
3.2 Etapas metodológicas	38

3.2.1	<i>1ª Etapa metodológica: Caracterização da usina solar fotovoltaica.....</i>	39
3.2.2	<i>2ª Etapa metodológica: Identificação dos riscos</i>	40
3.2.3	<i>3ª Etapa metodológica: Proposição de medidas.....</i>	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Serviços preliminares.....	42
4.2	Execução dos postes	45
4.3	Execução das subestações aéreas	47
4.4	Execução dos abrigos dos inversores.....	50
4.5	Montagem das estruturas	52
4.6	Execução da montagem dos arranjos fotovoltaicos.....	53
4.7	Instalações elétricas.....	55
4.8	Operação e manutenção do gerador	57
5	CONCLUSÃO	60
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1 INTRODUÇÃO

A matriz elétrica mundial é formada por combustíveis fósseis, energia hidráulica, energia nuclear e energias renováveis (BETTIOL, 2017). Já no Brasil, essa matriz elétrica é composta predominantemente por energia hidráulica na qual em todas as esferas sociais sempre há uma fonte de energia elétrica disponível.

O modo de vida da população nacional demanda um alto consumo elétrico que está relacionado às elevadas taxas de crescimento populacional e ao desenvolvimento industrial e tecnológico. Embora as hidrelétricas utilizem a força das águas – recurso natural renovável – estas demandam um alto custo de implantação e causam impactos socioambientais nas áreas de instalação. Já o petróleo, que é um recurso não renovável, causa danos à qualidade de vida das atuais e futuras gerações e aumentam a temperatura e acidez dos solos (TORRES, 2012).

Por outro lado, as energias renováveis são fontes de energia limpa e surgem como uma excelente alternativa. O território brasileiro é rico em recursos naturais renováveis que podem ser utilizados para a geração de energia elétrica, dentre os quais destaca-se a radiação solar. Conforme Bastos (2018) a energia solar é a terceira fonte de energia mais utilizada no mundo, ficando atrás apenas das energias hidráulica e eólica.

Barbosa (2018) classifica sistemas de geração de energia solar através de módulos fotovoltaicos em três categorias: os sistemas conectados à rede (*On Grid*), sistemas autônomos (ou isolados à rede – *Off Grid*), e sistemas híbridos. Os módulos fotovoltaicos podem ser posicionados em instalações fixas ou sistemas automatizados. Características como orientação e inclinação desses módulos fotovoltaicos são uns dos pontos mais importantes do projeto e, conseqüentemente, da instalação.

No que se refere ao posicionamento dos módulos fotovoltaicos em instalações fixas, a localização mais comum é em solo ou em telhados. Neste último, a atividade caracteriza-se como trabalho em altura, pois conforme a NR 35 trabalho em altura é toda atividade executada acima de 2 (dois) metros do nível do solo e onde haja risco de queda. Além disso, a instalação dos módulos fotovoltaicos, seja em telhado ou solo, apresenta vários riscos ao trabalhador, dentre os quais choques elétricos e queimaduras.

Apesar do grande crescimento da área, a segurança do trabalho na execução de módulos fotovoltaicos não tem avançado de maneira satisfatória, por tratar-se de uma tecnologia relativamente recente no Brasil, não há normas de normas específicas de segurança para o setor, o que contribui para a execução do trabalho de maneira informal

colocando em risco a segurança e o trabalho dos trabalhadores. A falta de fiscalização também é um agravante nesse cenário.

Embora os empregadores não tenham prejuízos financeiros oriundos de multas, um acidente de trabalho traz custos não programados ao investimento que poderiam ser destinados à capacitação e segurança do trabalhador. Diante do exposto, esse trabalho propõe a identificar os riscos associados à instalação de usinas de energia solar fotovoltaica. É importante ressaltar que o referido estudo não visa quantificar os riscos ocupacionais, apenas identificá-los, descrevê-los e propor medidas de adequação às normas regulamentadoras.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

- Identificar os riscos da instalação de módulos fotovoltaicos, levantando os principais agentes capazes de prejudicar a saúde dos trabalhadores.

1.1.2 Específicos

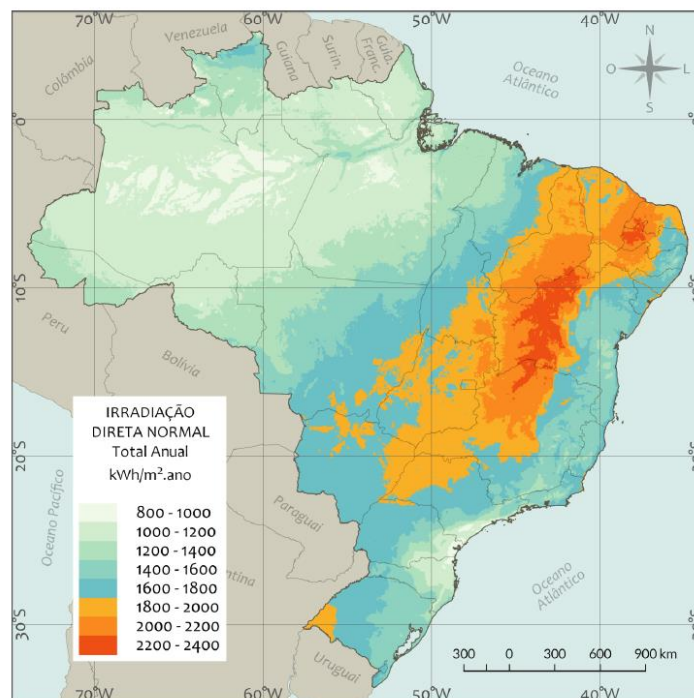
- Descrever as etapas de execução de uma usina solar fotovoltaica conectada à rede de energia elétrica (*On-Grid*);
- Reconhecer os riscos ocupacionais aos quais os trabalhadores estão expostos em cada etapa da execução;
- Propor medidas de controle coletiva, administrativa e individual conforme às normas regulamentadoras que contribuam para garantir a segurança e saúde dos trabalhadores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cenário da Energia Solar no Brasil

Diariamente o sol envia à Terra irradiação que, quando transformada em energia elétrica, equivale a 10 mil vezes o consumo de energia em todo o planeta, tornando, assim, esta uma fonte de energia alternativa (SILVA, 2018). O Brasil encontra-se em localização geográfica privilegiada para exploração de energia solar devido à proximidade a linha do equador (Figura 1)

Figura 1 - Irradiação total média anual no Brasil (Kwh/m²/ano)



Fonte: Pereira et al. (2017)

A menor irradiação no Brasil é verificada na região do litoral norte do Estado de Santa Catarina, sendo da ordem de 1.500 KWh/m² de irradiação global anual em superfície horizontal. A maior irradiação ocorre no norte do Estado da Bahia com valores na ordem de 2.350 KWh/m² (ROSA E GASPARIM, 2016). Com incidência solar média entre 4,25 a 6,5 KWh/m²/dia, a área menos ensolarada do Brasil tem 40% de radiação solar a mais do que a região mais ensolarada da Alemanha, sendo este país líder no uso de energia solar fotovoltaica mundial (BASTOS, 2018).

Conforme dados do Ministério de Minas e Energia, no mês de fevereiro de 2019, a capacidade total de geração de energia elétrica instalada no Brasil atingiu 164.307 MW. Em comparação ao mesmo mês do ano anterior (2018), houve um acréscimo de 5.625MW, sendo

3.053MW de geração de fonte hidráulica, 2.228 MW de fonte eólica e 1.374MW de fonte solar, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil

Fonte	Fev/2018	Fev/2019			Evolução da Capacidade Instalada Fev/2019 - Fev/2018
	Capacidade Instalada (MW)	Nº Usinas	Capacidade Instalada (MW)	% Capacidade Instalada	
Hidráulica	101.355	1.408	104.408	63,5%	3,0%
UHE	95.619	216	98.481	59,9%	3,0%
PCH + CGH**	5.692	1.124	5.867	3,6%	3,1%
CGH GD	43	68	60	0,0%	39,3%
Térmica	43.573	3.155	42.542	25,9%	-2,4%
Gás Natural	12.805	169	13.369	8,1%	4,41%
Biomassa	14.590	567	14.791	9,0%	1,4%
Petróleo	10.285	2.252	9.030	5,5%	-12,2%
Carvão	3.727	22	3.252	2,0%	-12,8%
Nuclear	1.990	2	1.990	1,2%	0,0%
Outros***	150	4	69	0,0%	-54,4%
Térmica GD	24	139	41	0,0%	69,2%
Eólica	12.520	656	14.748	9,0%	17,8%
Eólica (não GD)	12.510	599	14.738	9,0%	17,8%
Eólica GD	10	57	10,314	0,0%	0,1%
Solar	1.234	62.694	2.608	1,6%	111,4%
Solar (não GD)	1.022	2.462	1.986	1,2%	94,2%
Solar GD	212	60.232	623	0,4%	194,1%
Capacidade Total sem GD	158.392	7.417	163.572	99,6%	3,3%
Geração Distribuída - GD	290	60.496	734	0,4%	153,6%
Capacidade Total - Brasil	158.682	67.913	164.307	100,0%	3,5%

Fonte: MME (2019)

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) enfatiza que esse número tende a crescer exponencialmente ao considerar que no futuro a geração distribuída, estimada para atender mais de 1,2 milhões de pessoas até 2024, venha equivaler a 4,5GW de potência instalada.

2.2 Sistemas conectados à rede elétrica (*On Grid*)

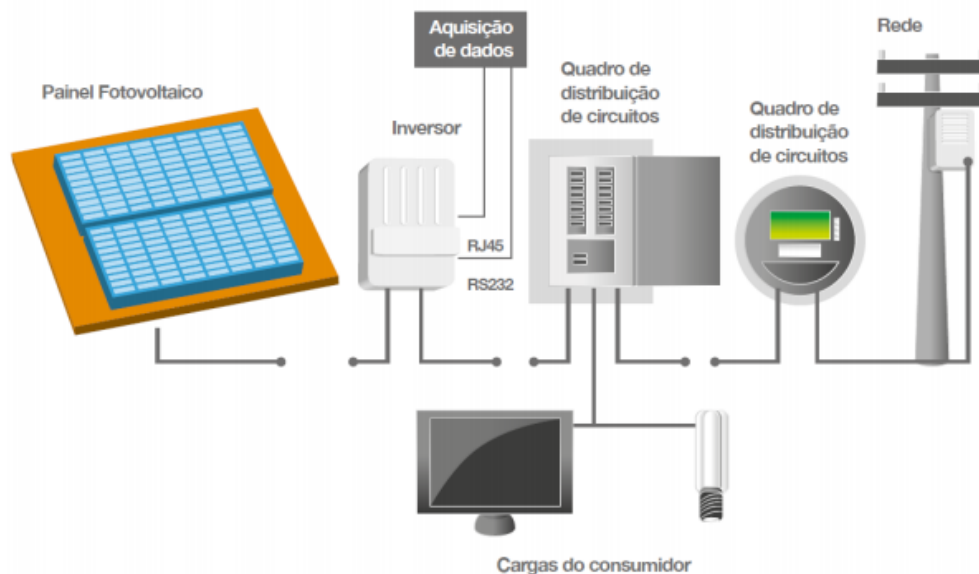
Conhecidos como sistemas *On-Grid* (ou *Grid-Tie*), estes sistemas fotovoltaicos operam paralelamente com a rede elétrica. Nesse tipo de sistema ocorre a compensação de energia elétrica que consiste em enviar energia para a rede quando a geração é maior do que o consumo e retirar desta quando o inverso acontece (BARBOSA, 2018). Dessa forma, caso o consumo seja maior do que a geração ao fim do mês, o usuário deverá pagar apenas pelo

excedente consumido. Caso ocorra o contrário, a resolução normativa nº 482/2012 da ANEEL determina que o usuário pague apenas o custo mínimo de disponibilidade, que é de 30 KWh para unidades monofásicas, 50 KWh para unidades bifásicas e 100 KWh para unidades trifásicas, e acumule créditos equivalentes ao excedente de energia injetado na rede com validade de 60 meses para ser compensado nos meses subsequentes em que o consumo seja maior que a geração.

“Os sistemas conectados à rede de energia têm uma grande vantagem com relação aos sistemas isolados por não utilizarem baterias e controladores de carga. Isso os torna cerca de 30% mais eficientes e também garante que toda a energia seja utilizada, localmente ou em outro ponto da rede” (SANTOS, 2017 p. 23).

Esse tipo de sistema constitui-se por um conjunto de módulos fotovoltaicos, o inversor, as caixas de junção e dispositivos de proteção e de medição de energia elétrica, conforme dispostos na Figura 3 e seus conceitos são explanados com mais detalhes posteriormente.

Figura 3 - Esquema básico de um sistema fotovoltaico On Grid



Fonte: Bastos (2018)

2.3 Componentes de um sistema gerador fotovoltaico

Um gerador solar fotovoltaico é composto essencialmente por três componentes principais (inversor, módulos fotovoltaicos e quadros de proteção). Há diversos componentes acessórios necessários para o funcionamento e segurança do sistema, como os conectores, condutores, eletrodutos, aterramentos, caixas de passagem, abrigos dos equipamentos, entre outros.

2.3.1 Módulos fotovoltaicos

Conforme a NBR 10889/2013, o módulo fotovoltaico é a unidade básica formada por um conjunto de células fotovoltaicas, interligadas eletricamente e encapsuladas, que tem a finalidade de gerar energia elétrica. A Figura 4 faz referência a módulos fotovoltaicos de silício policristalinos instalados sobre um telhado. Esses módulos são fabricados com diversos cristais menores de silício e são os mais comuns de serem encontrados nas execuções de sistema fotovoltaicos (PEREIRA, 2017).

Figura 4 - Módulos fotovoltaicos instalados sobre telhado



Fonte: Própria autora (2019)

Pinho e Galdino (2014) cita em seu estudo que há no mercado diferentes exemplares de módulos fotovoltaicos, podendo ser rígidos ou flexíveis, conforme o tipo de célula empregada. A potência dos módulos comumente encontradas no mercado depende da tecnologia empregada em sua fabricação, variando entre 300 e 400W, tendo a tendência de aumentar conforme o avanço da tecnologia.

2.3.2 Inversor solar

Os inversores, por sua vez, são “dispositivos eletrônicos de chaveamento que tem como função quebrar a corrente contínua em pulsos gerando uma corrente alternada” (CARMARGO,2017, p. 60). Quanto ao seu uso, segundo Barbosa (2018), estes são classificados em três categorias:

- *On-Grid*: inversores conectados à rede elétrica da distribuidora;
- *Off-Grid*: inversores isolados da rede elétrica da distribuidora;
- Híbridos: inversores que podem atuar conectados ou isolados à rede elétrica;

Além da conversão de corrente contínua em corrente alternada, os inversores também possuem *display* que permitem ao usuário monitorar todos os dados de geração do seu sistema (Figura 5).

Figura 5 - Exemplo de inversor da marca Fronius



Fonte: Própria autora (2019)

Outro ponto que merece destaque é que o sistema do inversor desliga automaticamente em caso de falhas no fornecimento de energia elétrica (MARTINS JUNIOR, 2013). Essa medida de segurança protege os profissionais que forem efetuar a manutenção da rede, como também os próprios equipamentos.

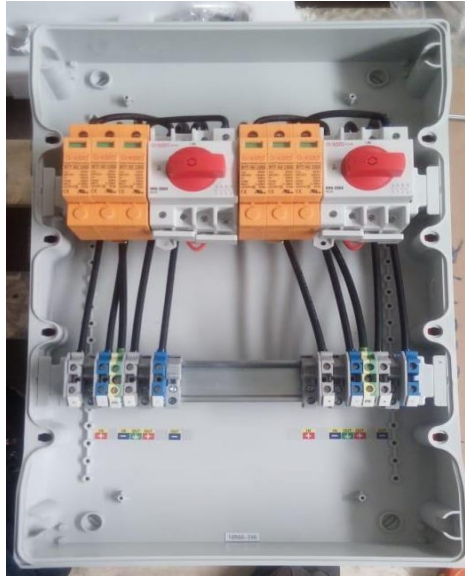
2.3.3 Quadros de proteção

Os quadros contêm todos os dispositivos necessários para a proteção dos componentes do gerador solar, como Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS), fusíveis, disjuntores, chaves seccionadoras, entre outros. Conforme Pereira (2017) os dispositivos contidos no quadro de proteção têm a finalidade de proteger o sistema contra falhas, como curto-circuitos e sobretensão.

Geralmente os sistemas possuem, no mínimo, quadro de proteção para corrente alternada e um quadro de proteção para corrente contínua para cada inversor. A Figura 6 contém um quadro de proteção de corrente contínua equipado com DPS, chave seccionadora e bornes de entrada e saída.

Para Ribeiro (2016) os quadros de proteção resguardam os equipamentos mais sensíveis do sistema além de garantir a segurança contra choques elétricos caso haja necessidade de intervenção no inversor.

Figura 6 - Exemplo de quadro de proteção



Fonte: Própria autora (2019)

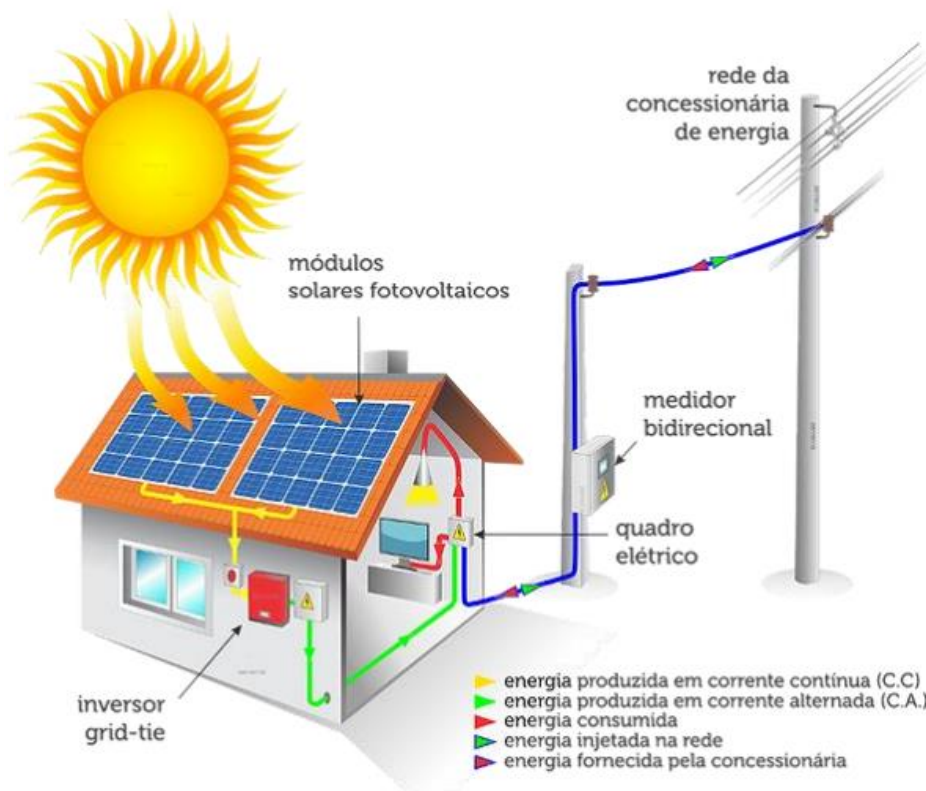
2.4 Geração distribuída

Conforme Ackermann et al., (2000), geração distribuída pode ser definida como a instalação e operação de uma unidade de geração de energia elétrica conectada diretamente à rede de distribuição ou conectada à rede do consumidor. A geração distribuída divide-se em duas categorias: microgeração e minigeração.

2.4.1 Microgeração distribuída

De acordo com a Resolução Normativa n°482/2012 da ANEEL, o sistema de microgeração é definido como central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 KW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. A Figura 7 representa o esquema de uma microgeração solar fotovoltaica do tipo On-Grid, com módulos instalados no telhado da residência.

Figura 7 - Ilustração de uma microgeração fotovoltaica residencial



Fonte: Bastos (2018)

Microgeração geralmente se aplica à residências, agronegócios e comércios de pequeno porte. Villalva (2015) expõe que esse tipo de sistema apresenta um forte crescimento devido a possibilidade de instalação dos painéis no telhado das residências, que proporciona um melhor aproveitamento de áreas não utilizadas e contribui com a geração de energia elétrica limpa, reduzindo os riscos de emissões de carbono e outros danos ambientais.

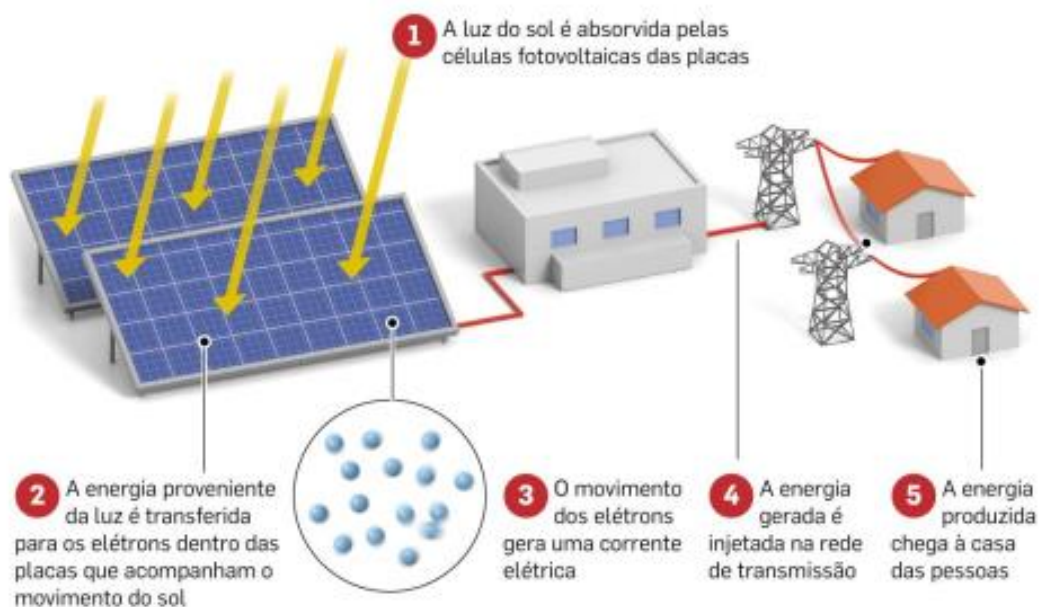
2.4.2 Minigeração distribuída

A minigeração distribuída é aquela com potência instalada superior à 75KW e inferior à 5MW, conforme a Resolução Normativa nº482/2012 da Aneel. Este tipo de geração aplica-se geralmente ao setor industrial ou comercial de grande porte, onde com a instalação dos módulos fotovoltaicos o empreendimento passa a gerar sua própria energia, diminuindo assim as tarifas pagas às concessionárias e protegendo-se contra eventuais aumentos no preço da conta de energia (VILLALVA, 2015).

Geralmente esse tipo de sistema são instalados distantes do local de compensação e são atendidos em média tensão, sendo necessária a construção de subestações elevadoras de

tensão, ultrapassando os 13.800V de tensão. Praticamente toda energia produzida é injetada na rede da concessionária, utilizando as linhas de distribuição de energia elétrica para escoar a energia (Figura 8).

Figura 8 - Ilustração de uma microgeração fotovoltaica residencial



Fonte: Bastos (2018)

Usinas fotovoltaicas de minigeração apresentam vantagens como o curto prazo de instalação quando comparadas com outras fontes de energia. Recomenda-se que esse tipo de sistema seja construído em regiões fora da área urbana, com boas condições de irradiação para a melhor eficiência da operação (VIANA, 2010).

2.5 As normas regulamentadoras

As normas regulamentadoras, quando aplicadas, favorecem todos os envolvidos em termos de segurança e saúde, e contribuem na produtividade das atividades (GERMANO, 2019). Infelizmente, por tratar-se de uma tecnologia recente, ainda não há normas regulamentadoras específicas para a instalação de módulos fotovoltaicos, entretanto, para a instalação dos módulos é necessário seguir algumas normas regulamentadoras aplicadas a todos os tipos de trabalho de modo a garantir a integridade física dos trabalhadores e evitar possíveis acidentes e/ou incidentes no trabalho

Atualmente, há 37 Normas regulamentadoras das quais 12 delas podem ser aplicadas à instalação dos módulos fotovoltaicos. Abaixo serão comentadas as mais relevantes. Vale

salientar que para a utilização das NRs é imprescindível o conhecimento da norma em sua íntegra.

2.5.1 NR 1 – Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais

A Norma Regulamentadora 1 estabelece disposições gerais relacionadas as normas regulamentadoras e os requisitos para o gerenciamento de riscos ocupacionais e medidas de prevenção em Segurança e Saúde no Trabalho – SST. Esta norma assim como a NR 6 estabelece direitos e deveres aos empregados e empregadores. Quanto ao gerenciamento de risco, o item 1.5.3.1.1 cita que a empresa deve constituir um Programa de Gerenciamento de Risco (PGR) e este deve contemplar ou estar integrado com planos, programas e outros documentos previstos na legislação de segurança e saúde no trabalho.

No corpo da norma há diretrizes para o levantamento preliminar dos riscos, a identificação dos perigos, a avaliação de riscos ocupacionais, o controle dos riscos, a preparação para emergências, a documentação mínima que deve conter no PGR, os inventários dos riscos ocupacionais e as disposições gerais dos riscos ocupacionais.

2.5.2 NR 6 – Equipamento de Proteção Individual (EPI)

Segundo a NR 6, que tem como última atualização a Portaria do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) nº1.134/2014, no seu item 6.1.1 considera-se EPI “produto ou dispositivo que tem como objetivo proteger o trabalhador, individualmente, contra riscos que ameacem sua segurança, saúde e integridade física durante a atividade laboral”.

A norma relata que os EPIs só podem ser vendidos ou utilizados com a certificação de aprovação – CA, expedida pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho do MTE e que a empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, o EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento.

Dentre os equipamentos de proteção listados no anexo I da NR-6, os que são imprescindíveis na execução de usinas com módulos fotovoltaicos são:

- a) Capacete de segurança contra impactos de objetos sobre o crânio;
- b) Capacete de segurança para proteção contra choques elétricos;
- c) Capuz ou balaclava para proteção do crânio, face e pescoço;
- d) Óculos para proteção dos olhos contra impactos de partículas volantes;
- e) Óculos para proteção dos olhos contra luminosidade intensa e radiação;
- f) Vestimentas para proteção do tronco contra riscos;

- g) Luvas de segurança para proteção das mãos contra choques elétricos;
- h) Luva de segurança para proteção das mãos contra vibrações;
- i) Luvas de segurança para proteção das mãos contra agentes cortantes e perfurantes;
- j) Manga de segurança para proteção do braço e antebraço;
- k) Calçado para proteção dos pés contra agentes provenientes de energia elétrica;
- l) Cinturão de segurança com talabarte para proteção do usuário contra riscos de queda em trabalhos em altura.

De acordo com Assef (2019) os empregadores devem avaliar os riscos existentes na execução de módulos fotovoltaicos para posteriormente fornecer e exigir o uso dos equipamentos de proteção, ou seja, um estudo de antecipação e identificação dos riscos deve ser realizado. Trabalhadores que serão expostos a potenciais elétricos devem receber proteção apropriada contra riscos elétricos, para que a execução do trabalho seja realizada em condições seguras e confiáveis. Além disso, periodicamente todos os equipamentos devem ser testados e inspecionados.

Para Tiecher (2017), a utilização dos EPIs nas instalações de painéis solares é necessária, mas não suficiente. A autora explana que a escolha correta dos equipamentos de proteção é fundamental para garantir a segurança, mas o gerenciamento de segurança e o planejamento das atividades também constituem bases elementares que incrementam as exigências das normas regulamentadoras.

2.5.2 NR 7 – Programa De Controle Médico De Saúde Ocupacional (PCMSO)

A NR 7 cuja última atualização ocorreu com a Portaria MTE nº 1.892/2013 torna obrigatória a elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO, tendo como objetivo a promoção e a preservação da saúde do conjunto de seus trabalhadores.

Essa norma no item 7.1.2, estabelece parâmetros mínimos e diretrizes gerais a serem observadas na execução do PCMSO, que podem ser ampliados mediante negociação coletiva de trabalho.

Conforme o item 7.4.1, o PCMSO deve, entre outras recomendações, incluir a realização obrigatória dos exames médicos admissionais, periódicos, de retorno ao trabalho, de mudança de função e demissionais.

O item 7.3.1.1 dessa NR e seus subitens 7.3.1.1.1 e 7.3.1.1.2 descrevem as seguintes recomendações:

“Ficam desobrigadas de indicar médico coordenador as empresas de grau de risco 1 e 2, segundo o Quadro 1 da NR 4, com até 25 (vinte e cinco) empregados e aquelas de grau de risco 3 e 4, segundo o Quadro 1 da NR 4, com até 10 (dez) empregados.” (NR 7, item 7.3.1.1).

“As empresas com mais de 25 (vinte e cinco) empregados e até 50 (cinquenta) empregados, enquadradas no grau de risco 1 ou 2, segundo o Quadro 1 da NR 4, poderão estar desobrigadas de indicar médico coordenador em decorrência de negociação coletiva”. (NR 7, item 7.3.1.1.1).

“As empresas com mais de 10 (dez) empregados e com até 20 (vinte) empregados, enquadradas no grau de risco 3 ou 4, segundo o Quadro 1 da NR 4, poderão estar desobrigadas de indicar médico do trabalho coordenador em decorrência de negociação coletiva, assistida por profissional do órgão regional competente em segurança e saúde no trabalho” (NR 7, item 7.3.1.1.2).

2.5.3 NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

Conforme o item 9.1.1 da NR 9 é obrigatório a elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

De acordo com item 9.5.1 consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

Para Germano (2019) algumas normas são imprescindíveis na execução de sistema solar fotovoltaico que dentre elas destacam-se a NR 9, NR 10 e NR 35. O autor ainda cita a norma complementar da ABNT NBR 5410 que se refere ao detalhamento de instalações elétricas fotovoltaicas. Reis e Moro (2014) acrescenta que a Norma Regulamentadora nº 9 exige o registro de ações realizadas com o intuito de diminuir a insalubridade do ambiente de modo que as atividades sejam realizadas de forma produtiva e longe dos agentes perigosos, devendo haver o registro e divulgação dos dados do projeto, das instalações, dos métodos e processos de trabalho.

2.5.4 NR 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade

A norma regulamentadora nº 10 estabelece requisitos e condições mínimas à segurança e saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações

elétricas e serviços. Tem como objetivo implementar medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços.

A NR 10 aplica-se às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis (NR10, ITEM 10.1.2).

Quanto aos serviços em instalações elétricas, estes devem ser planejados e realizados em conformidade com procedimentos de trabalho específicos, padronizados, com descrição detalhada de cada tarefa, passo a passo, assinados por profissional habilitado.

A ocorrência de acidentes de trabalho associados a choques elétrico em corrente alternada na implantação de painéis solares pode ocorrer caso não estejam as proteções necessárias contidas na NBR 5410:2008, na qual obrigatoriamente deve-se fazer o uso de dispositivo diferencial-residual (DR) (VILALVA, 2015).

Conforme Kraemer (2018) o disjuntor de proteção geral referente à instalação dos painéis solares deve possuir dispositivo de bloqueio para os casos em que se faça necessária a intervenção no sistema elétrico com desenergização geral. Todas as massas metálicas não condutoras deverão ser solidamente aterradas, bem como o fio neutro da concessionária deve ser aterrado e interligado a malha de aterramento da subestação.

Os trabalhadores precisam prestar atenção nas linhas elétricas aéreas e permanecerem a, pelo menos 4 metros de distância deles, pois tais carregam uma voltagem extremamente elevada. A eletrocussão fatal é o principal perigo, mas queimaduras e quedas de altura também podem ocorrer durante a instalação dos painéis solares. Outro perigo é o uso de ferramentas e equipamentos que possam entrar em contato com as linhas de energia pois as mesmas tem o potencial de conduzir a eletricidade para o trabalhador (ASSEF, 2019).

2.5.4 NR 26 – Sinalização

Conforme o item 26.1 na NR 26, essa norma tem como objetivo a adoção de cores para a segurança em estabelecimentos ou locais de trabalho, a fim de indicar e advertir acerca dos riscos existentes. As cores devem ser utilizadas de forma racional a fim de não ocasionar distração, confusão e fadiga ao trabalhador.

As cores mais utilizadas na execução de usina solar com painéis fotovoltaicos são amarelo, branco, verde, azul, preto e cinza. O amarelo serve para indicar cuidado, já que nessa

área há um alto risco de choque elétrico. O preto é usado em conjunto com a cor amarela para aumentar a visibilidade. A cor branca é muito utilizada para indicar áreas de armazenagem. A cor azul indica cuidado ao içar os painéis devido à alta movimentação de equipamentos em altura. A cor cinza é por sua vez utilizada para indicar eletrodutos. Já a cor verde significa segurança.

No caso específico de instalações de painéis fotovoltaicos, atividade que lida com eletricidade, a NR 10 em seu item 10.10.1, coloca que a sinalização de segurança, deve atender, dentre outras, as seguintes situações a seguir:

- a) identificação de circuitos elétricos;
- b) travamentos e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobra e comandos;
- c) restrições e impedimentos de acesso;
- d) delimitações de áreas;
- e) sinalização de áreas de circulação, de vias públicas, de veículos e de movimentação de cargas;
- f) sinalização de impedimento de energização;
- g) identificação de equipamento ou circuito impedido.

Kraemer (2018) recomenda que no caso de instalações dos painéis fotovoltaicos, o disjuntor geral deve ter indicação da posição dos dispositivos de manobra: verde – “D” desligado e vermelho – “L” ligado. Nas portas de acesso, bem como nas telas de proteção, devem ser afixadas placas sinalizadoras de advertência quanto ao acesso e manuseio dos componentes da instalação. A autora ainda cita algumas recomendações desta NR, tais como:

- a) Ferramentas de qualidade, com cabo ou protetor de borracha, que tem função de isolamento;
- b) Capacete de segurança com jugular;
- c) Calçado de segurança para eletricidade, sem componentes metálicos;
- d) Óculos de segurança;
- e) Luvas de proteção (de acordo com a tensão de trabalho);
- f) O eletricista é obrigado a usar roupas de algodão;
- g) Retirar todos os objetos metal do corpo, como relógio, anel, correntes e outros;
- h) O eletricista deve possuir aparelho que identifique a energização da instalação;
- i) Tapete isolado na frente da chave onde será feita a manobra de abertura do circuito.

É através da sinalização de segurança que os visitantes e trabalhadores são alertados sobre os riscos existentes e a necessidade de equipamentos de segurança, ou seja, a sinalização é a forma mais ágil de chamar a atenção, de uma forma inteligente, para situações que indiquem risco ou possam originar perigos. (BYCZKOVSK, 2012).

2.5.5 NR 35 – Trabalho em altura

A NR 35 no item 35.1, por sua vez, estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para trabalho em altura, visto que, trabalho em altura é toda atividade executada acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior, onde haja risco de queda. A norma envolve toda a parte de planejamento, organização e execução, de forma a garantir a saúde dos trabalhadores envolvidos, direta ou indiretamente com a atividade.

Conforme consta no item 35.2 da NR 32, são algumas das responsabilidades dos empregadores: desenvolver procedimento operacional para as atividades rotineiras de trabalho em altura; garantir aos trabalhadores informações atualizadas sobre os riscos e as medidas de controle; assegurar a suspensão dos trabalhos em altura quando verificar situação ou condição de risco não prevista, cuja

eliminação ou neutralização imediata não seja possível; assegurar que todo trabalho em altura seja realizado sob supervisão, cuja forma será definida pela análise de riscos de acordo com as peculiaridades da atividade.

A norma ainda estabelece responsabilidades aos trabalhadores no item 35.2.2 no qual pode-se citar o zelo pela sua segurança e saúde e a de outras pessoas que possam ser afetadas por ações ou omissões no trabalho; colaboração com o empregador na implementação das disposições contidas nesta Norma; interrupção de suas atividades exercendo o direito de recusa, sempre que constatarem evidências de riscos graves e iminentes para sua segurança e saúde ou a de outras pessoas, comunicando imediatamente o fato a seu superior hierárquico, que diligenciará as medidas cabíveis.

As quedas com diferença de nível ocupam o segundo lugar no ranking de acidentes fatais em trabalho no Brasil, conforme os dados divulgados pelo MTE em 2018. Esse acidente chama a atenção pela gravidade pois representam um percentual de 14,49% no referido ano supracitado.

As principais causas desse tipo de acidente são: perda do equilíbrio dos colaboradores, atividades executadas em locais sem proteção, falta de uso ou uso inadequado dos equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC) além da falta de capacitação e conhecimento das normas de segurança que regulam as atividades laborais em altura.

Tiecher (2017) cita em seu estudo que o cinto de segurança mais adequado para a instalação de painéis voltaicos é o do tipo para-quedista, pois tem como objetivo distribuir as forças tanto de sustentação como de parada sobre partes específicas do corpo como as coxas, a cintura, os ombros e o peito.

O Ministério do Trabalho e Emprego (2012) recomenda que, para o trabalho em altura, é necessário um atestado médico que autorize aptidão ao exercício da função. Essa autorização, por sua vez, ocorre através do Atestado de Saúde Ocupacional (ASO), em teor de 2 vias, uma delas ficando na empresa e a outra deve obrigatoriamente ser entregue ao trabalhador.

2.6 Classificação dos riscos

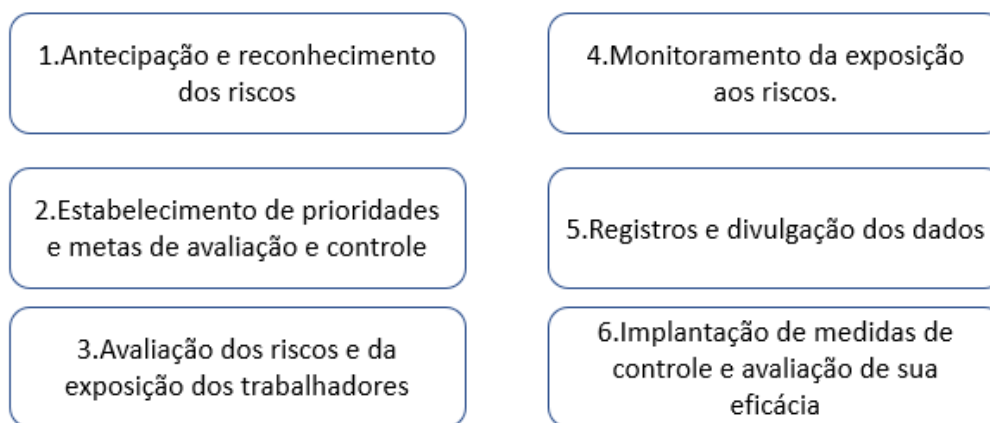
A NR 9 no seu item 9.1.1 estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

Esta norma, no item 9.2 ainda dá diretrizes para a elaboração do PPRA no qual cita que a estrutura desse documento, chamado documento-base, deve ser constituído por:

- a) Planejamento anual com estabelecimento de metas, prioridades e cronograma;
- b) Estratégia e metodologia de ação;
- c) Forma do registro, manutenção e divulgação dos dados;
- d) Periodicidade e forma de avaliação do desenvolvimento do PPRA.

Para o desenvolvimento desse programa o item 9.3.1 determina que sejam compostos pelas seguintes etapas ilustradas na Figura 9:

Figura 9 - Etapas de desenvolvimento do PPRA



A etapa de antecipação dos riscos conforme o item 9.3.2 da NR 9 deverá envolver a análise de projetos de novas instalações, métodos ou processos de trabalho, ou de modificação dos já existentes, visando identificar os riscos potenciais e introduzir medidas de proteção para sua redução ou eliminação. O reconhecimento dos riscos ambientais por sua vez deve conter a sua identificação, a determinação e localização das possíveis fontes geradoras, a identificação das possíveis trajetórias e dos meios de propagação dos agentes no meio ambiente de trabalho dentre outros requisitos contidos no item 9.3.3.

Após o reconhecimento dos riscos no ambiente laboral, Camisassa (2016) cita que se deve estabelecer metas e prioridades e elaboração do cronograma que no qual deve constar prazos para o desenvolvimento das etapas e cumprimento das metas de acordo com a avaliação dos riscos.

Em relação a avaliação, de caráter quantitativa, o item 9.3.4 define que deverá ser realizada sempre que necessária para: comprovar o controle da exposição ou a inexistência de riscos identificados na etapa de reconhecimento, dimensionar a exposição dos trabalhadores, subsidiar o equacionamento das medidas de controle.

O monitoramento aos riscos de acordo com o item 9.3.6.2 deverão ser objeto de controle sistemático as situações que apresentem exposição ocupacional acima dos níveis de ação. A NR 9 ainda enfatiza que deve ser monitorada a exposição dos trabalhadores aos riscos e as medidas de controle.

O estabelecido no item 9.3.8 é que o registro e divulgação dos dados deverão ser mantidos pelo empregador por um período mínimo de 20 anos, devendo os mesmos estar sempre disponível aos trabalhadores interessados ou seus representantes e para as autoridades competentes.

Depois dos riscos serem reconhecidos e implantados as medidas de controle, por meio das avaliações quantitativas deverão ser comprovadas as medidas de controle (Camisassa, 2016).

A portaria nº 25 de 1994 – Segurança e Medicina do Trabalho – NR 9 – Riscos Ambientais classifica os riscos em 5 (cinco) grupos, conforme sua natureza e os padroniza com cores (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação dos Principais Riscos Ocupacionais em Grupos

GRUPO 1 RISCOS FÍSICOS	GRUPO 2 RISCOS QUÍMICOS	GRUPO 3 RISCOS BIOLÓGICOS	GRUPO 4 RISCOS ERGONÔMICOS	GRUPO 5 RISCOS DE ACIDENTE
Ruídos	Poeiras	Vírus	Esforço físico intenso	Arranjo físico inadequado
Vibrações	Fumos	Bactérias	Levantamento e transporte manual de peso	Máquinas e equipamentos sem proteção
Radiações ionizantes	Névoas	Protozoários	Exigência de postura inadequada	Ferramentas inadequadas ou defeituosas
Radiações não ionizantes	Neblinas	Fungos	Controle rígido de produtividade	Iluminação inadequada
Frio	Gases	Parasitas	Imposição de ritmos excessivos	Eletricidade
Calor	Vapores	Bacilos	Trabalho em turno e noturno	Probabilidade de incêndio ou explosão
Pressões anormais	Substâncias, compostos ou produtos químicos		Jornadas de trabalho prolongadas	Armazenamento inadequado
			Monotonia e repetitividade	Animais peçonhentos
			Outras situações causadoras de stress físico e/ou psíquico	Outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes

Fonte: Portaria nº 25 do Ministério do Trabalho e Emprego (1994, p. 6)

Segundo Camisassa (2016), os riscos ocupacionais estão presentes em todas as situações de trabalho que, em função de sua natureza, concentração, intensidade ou tempo de exposição podem comprometer o equilíbrio físico, mental e social dos trabalhadores.

2.6.1 Riscos físicos

A NR 9 considera agentes físicos como as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infrassom e o ultrassom.

Santos (2014) afirma que os riscos físicos são decorrentes de máquinas, equipamentos e condições físicas no ambiente de trabalho, que possam causar algum malefício à saúde do trabalhador. A Tabela 2 expõe alguns dos riscos físicos e suas consequências para o trabalhador.

Tabela 2 - Riscos físicos e suas consequências

RISCOS FÍSICOS	CONSEQUÊNCIAS
Ruídos	Cansaço, irritação, dores de cabeça, diminuição da audição, aumento da pressão arterial, problemas do aparelho digestivo, taquicardia e perigo de infarto.
Vibrações	Cansaço, irritação, dores nos membros, dores na coluna, doenças no movimento, artrite, problemas digestivos, lesões ósseas e dos tecidos moles e lesões circulatórias
Radiações ionizantes	Alterações celulares, câncer, fadiga e problemas visuais
Radiações não ionizantes	Queimaduras, lesões nos olhos e na pele e em campos visuais
Frio	Doenças respiratórias, quedas, doenças da pele e circulação
Calor	Taquicardia, aumento da pulsação, cansaço, irritação, internação, prostração térmica, choque térmico, fadiga térmica, hipertensão
Pressões anormais	Hiperbarismos: Intoxicação pelos gases Hipobarismo: Mal das montanhas

Fonte: DICLER (2004 apud VECCHIONE; FERRAZ, 2010, pág. 9)

Queiroz (2010, pág. 22) conceitua cada um dos riscos físicos citados na NR 9:

- a) Ruído - definido como um som indesejável, produto das atividades diárias da comunidade. O som representa as vibrações mecânicas da matéria através do qual ocorre o fluxo de energia na forma de ondas sonoras. Incomoda o trabalhador no exercício da sua atividade, em altos decibéis podem provocar danos à saúde.
- b) Vibração - É qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo. Esse movimento pode ser regular, do tipo senoidal ou irregular, quando não segue um padrão determinado. Assim como o ruído, pode provocar danos à saúde se houver exposição em altos decibéis.
- c) Radiação ionizante - São emissões de energia em diversos níveis, desde a faixa do visível, passando pelo ultravioleta, raios-X, raios gama, partículas alfa e beta capazes de em contato com elétrons de um átomo, retirá-los, provocando a ionização dos mesmos.
- d) Radiação não ionizante - Ao contrário da anterior, não tem poder de ionização. Apenas podem ativar todo o conjunto de átomos que recebem esta carga de energia. São classificadas pelo comprimento de onda de nanômetros a quilômetros. Conforme a sua frequência podem ser apenas refletidas e absorvidas sem consequências, a medida que aumentam fazem contrações cardíacas, debilitação do sistema nervoso central e como efeitos agudos causam catarata ou até mesmo a morte. Fator determinante é o tempo de exposição. São exemplos: raios visíveis, infravermelho, microondas, frequência de rádio, raios laser.
- e) Umidade - Faixa de conforto a que corresponde à temperatura de 22 a 26 ° C e umidade relativa do ar entre 45 e 50 %.
- f) Variações atmosféricas - exposição a temperaturas e climas variáveis e/ou extremados, pressão atmosférica;

2.6.2 Riscos químicos

Agentes químicos são substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou serem absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão (NR-09, pág 1).

Para Barbosa Filho (2011) os riscos químicos são aqueles em que seus elementos estão presentes no campo da atuação de toxicologia, ciência essa que estuda os efeitos nocivos

decorrentes das interações de substâncias químicas com o organismo. Os riscos químicos e suas respectivas consequências estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Riscos químicos e suas consequências

RISCOS QUÍMICOS	CONSEQUÊNCIAS
Poeiras Vegetais	Bissione (algodão) Bagaçose (cana de açúcar).
Poeiras Minerais	Silicose (quartzo), abestose (amianto), pneumociniose (minérios de carvão).
Fumos Metálicos	Doença pulmonar obstrutiva crônica, febre de fumos metálicos e intoxicação específica (minério de carvão).
Névoa Gases e vapores Poeiras incômodas	Irritantes, asfixiantes e anestésicos. Interação com outros agentes nocivos no ambiente de trabalho, aumentando a sua potencialidade.

Fonte: DICLER (2004 apud VECCHIONE; FERRAZ, 2010, pág. 9)

2.6.3 Riscos biológicos

A Norma Regulamentadora n° 32 considera risco biológico como a probabilidade da exposição ocupacional a agentes biológicos. Os agentes biológicos, por sua vez, são definidos por essa NR como microorganismos geneticamente modificados ou não, as culturas de células, os parasitas, as toxinas e os príons.

A NR 9 considera agentes biológicos as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros. Os agentes biológicos e as consequências decorrentes da exposição dos riscos biológicos estão expostas na Tabela 4.

Tabela 4 - Riscos biológicos e suas consequências

RISCOS BIOLÓGICOS	CONSEQUÊNCIAS
Vírus	Doenças infecto- contagiosas
Bactérias	
Protozoários	
Fungos e Bacilos	Infecção variada externa (dermatites) e interna (doenças pulmonares)
Parasitas	Infecção cutânea ou sistêmica, podendo causar contágio

Fonte: DICLER (2004 apud VECCHIONE; FERRAZ, 2010, pág. 9)

Para que as medidas de proteção específicas ao trabalhador sejam tomadas, é necessário a classificação dos agentes biológicos em classes de riscos. O Quadro 1 mostra a classificação dos riscos dos riscos biológicos existentes conforme os estudos de Camisassa (2016).

Quadro 1- Etapas de desenvolvimento do PPRA

CLASSE DE RISCO	RISCO INDIVIDUAL	RISCO DE PROPAGAÇÃO À COLETIVIDADE	PROFILAXIA OU TRATAMENTO EFICAZ
1	Baixo	Baixo	-
2	Moderado	Baixo	Existe
3	Elevado	Moderado	Sem sempre existe
4	Elevado	Elevado	Atualmente não existe

Fonte: Camisassa (2016)

Conforme observado no Quadro 1, o risco individual e de propagação à coletividade pode ter níveis baixo, moderado e elevado que variam conforme a classe de risco. O autor do Quadro explica que o risco individual se refere à probabilidade de o trabalhador contrair a doença e também à gravidade dos danos à saúde que essa doença pode ocasionar.

2.6.4 Riscos ergonômicos

Camisassa (2016) descreve riscos ergonômicos como qualquer fator que possa interferir nas características psicofisiológicas do trabalhador, causando desconforto ou afetando sua saúde. São considerados riscos ergonômicos: esforço físico, levantamento de peso, postura inadequada, controle rígido de produtividade, situação de estresse, entre outros.

A NR 9 no item 9.1.5 não obriga a identificação no PPRA dos riscos de acidente e ergonômicos. Entretanto, a NR 17, estabelece diretrizes para condições de trabalho que incluem aspectos relacionados ao levantamento de peso, transporte e descarga de materiais, mobiliário, equipamento e condições ambientais do posto de trabalho e à própria organização do trabalho. O não cumprimento dessas recomendações pode gerar consequências (Tabela 5).

Tabela 5 - Riscos ergonômicos e suas consequências

RISCOS BIOLÓGICOS	CONSEQUÊNCIAS
Esforço físico	
Levantamento e transporte manual de pesos e exigências de posturas	Doenças infecto- contagiosas
Ritmos excessivos	
Trabalhos de turno e noturno	
Monotonia e receptividade	Cansaço, dores musculares, fraquezas, alterações do sono e da libido e da vida social, com reflexões na saúde e no comportamento, hipertensão
Jornada prolongada	arterial
Controle rígido de produtividade	
Outras situações (conflitos, ansiedade e responsabilidade).	

Fonte: DICLER (2004 apud VECCHIONE; FERRAZ, 2010, pág. 9)

A ergonomia está associada ao homem e seu ambiente de trabalho, não se limitando ao espaço físico, mas englobando instrumentos, métodos e organização para o desenvolvimento das atividades, buscando sempre promover a saúde e bem-estar, adaptando o trabalho ao trabalhador (MOREIRA, 2003).

2.6.5 Riscos de acidentes

Conforme Santos (2014, p. 2) os riscos de acidentes “são aqueles que ocorrem em função das condições físicas e tecnológicas, que podem vir a causar danos à integridade física ou moral do trabalhador”. Para Soares (2018) os riscos de acidente são definidos como qualquer fator que coloque o trabalhador em situação vulnerável e possa afetar sua integridade, e seu bem estar físico e psíquico.

Queiroz (2010) acrescenta que esses riscos podem ser caracterizados por longas jornadas de trabalho, turnos alterados ou trabalho noturno e em turno que provocam um desgaste levando ao cansaço excessivo do trabalhador, falta de tempo destinado ao descanso e lazer, além das demais variáveis expostas na Tabela 6 e suas respectivas consequências.

Tabela 6 - Riscos de acidentes e suas consequências

RISCOS DE ACIDENTES	CONSEQUÊNCIAS
Arranjo físico inadequado	Acidentes e desgaste físico excessivo
Máquinas sem proteção	Acidentes graves
Iluminação deficiente	Fadiga, problemas visuais e acidentes do trabalho.
Ligações elétricas deficientes	Curto circuito, choque elétrico, incêndio, queimadura e acidentes fatais
Armazenamento inadequado	Acidentes por estocagem de materiais sem observação das normas de segurança
Ferramentas defeituosas ou inadequadas	Acidentes, principalmente com repercussão nos membros superiores
EPI inadequado	Acidentes e doenças profissionais

Fonte: DICLER (2004 apud VECCHIONE; FERRAZ, 2010, pág. 9)

É de suma importância a minuciosa análise dos fatores de riscos de acidente na etapa de antecipação para que seja conforme o reconhecimento do risco sejam implantadas medidas de proteção eficaz nos trabalhadores e demais pessoas que estejam no local (TRUCOLLO,2012).

2.7 Acidentes em execução de sistemas fotovoltaicos

Independente do setor econômico, toda atividade produtiva apresenta risco de acidentes de trabalho. Para Moraes (2013), a maior parte desses acidentes estão relacionados à vários fatores que envolvem o ambiente de trabalho, sua dinâmica interna em máquinas, ferramentas, locais de difícil acesso dentre outras variáveis.

Os acidentes relacionados aos sistemas fotovoltaicos podem ocorrer por erros de projeto ou erros de execução. Pode-se enfatizar, por exemplo, problemas de dimensionamento de componentes elétricos dos sistemas fotovoltaicos, capazes de causar sobrecarga, o que aumenta as chances de incêndios e explosões (Figura 10).

Figura 10 - Incêndio provocado por um gerador solar fotovoltaico



Fonte: Própria autora (2019)

Outro erro grave relacionado à sistemas fotovoltaicos é o desmoronamento de telhados e estruturas devido à sobrecarga proveniente do peso dos módulos fotovoltaicos. É importante ressaltar que cada módulo pesa aproximadamente 25kg e, com a sua instalação, conforme Ayrão (2017), o peso da estrutura do telhado aumenta cerca de 40% a cada metro quadrado (Figura 11).

Figura 11 - Colapso estrutural proveniente da sobrecarga dos módulos



Fonte: DuSol (2019)

A força do vento também deve ser considerada em projetos e execução de gerador solar fotovoltaico, pois o vento também gera cargas significativas na estrutura da edificação. Logsdon (2002) em seu estudo afirma que o vento é a principal carga acidental que incide sobre o telhado. Tal ação às vezes é transmitida às estruturas principais, segundo direções não contidas no plano da estrutura, tornando necessária a utilização de uma estrutura auxiliar destinada a resistir a tais esforços (Figura 12).

Figura 12 - Acidente provocado pela ação dos ventos em um gerador



Fonte: Canal Energia Fotovoltaica (2017)

O projeto e acompanhamento de um profissional técnico habilitado é essencial para evitar futuros problemas aos usuários e também para aqueles que estão executando. Vale frisar que em toda instalação deve-se realizar ensaios e testes a fim de detectar erros de conexão e instalação.

3 METODOLOGIA

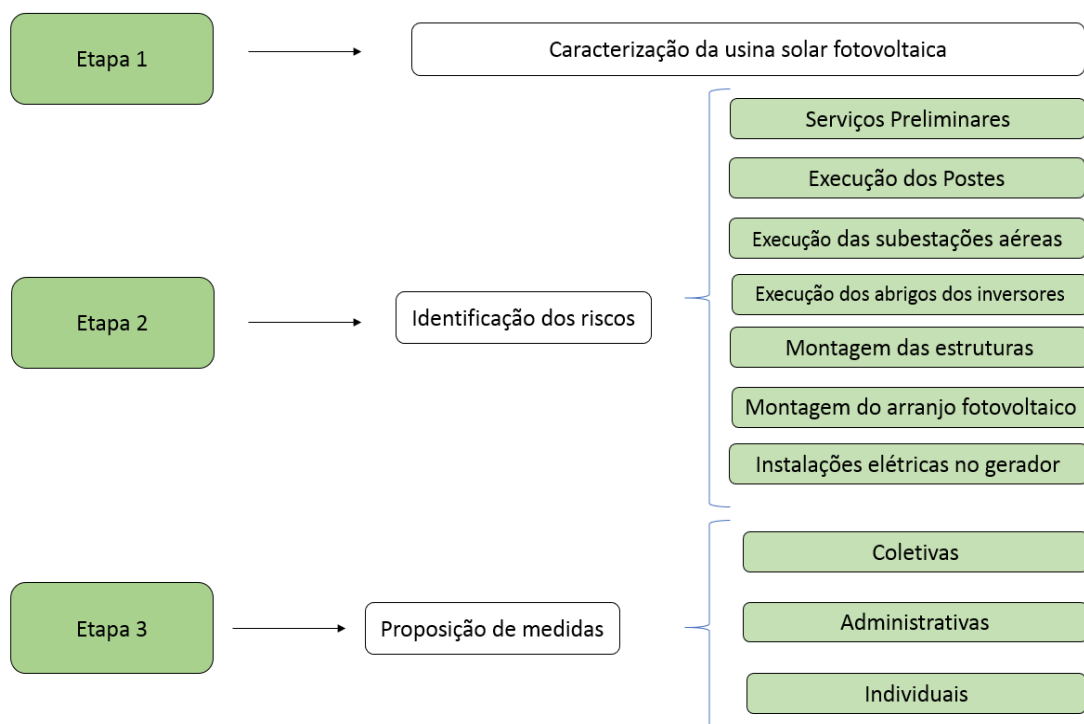
3.1 Tipologia da pesquisa

A pesquisa desenvolvida é de campo, de caráter transversal, com uma abordagem qualitativa que aborda o estudo sobre a adequação às Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e refere-se à segurança do trabalho na execução de usinas de geração solar fotovoltaica. Quanto a sua finalidade, a pesquisa é aplicada e classifica-se como pesquisa descritiva, na qual houve visita *in loco* em uma usina solar fotovoltaica para analisar os riscos e posteriormente descrevê-los em cada etapa de execução. Também foi realizada uma pesquisa bibliográfica a partir de livros, artigos, revistas, dissertações e teses com o objetivo de adquirir informações relacionadas ao tema estudado.

3.2 Etapas metodológicas

O desenvolvimento deste estudo compreendeu essencialmente três etapas. Inicialmente fez-se o reconhecimento e caracterização da usina solar fotovoltaica em estudo. Na segunda etapa realizou-se o acompanhamento das obras e a identificação dos riscos em cada etapa de execução. Por fim, na terceira etapa, foi realizado a proposição de medidas de segurança na execução de usinas de energia solar (Figura 13).

Figura 13 - Etapas metodológicas do estudo



Fonte: Própria autora (2019)

3.2.1 1ª Etapa metodológica: Caracterização da usina solar fotovoltaica

A área de estudo é uma usina solar fotovoltaica conectada à rede de energia elétrica (*On-Grid*), onde foram executadas 3 subestações aéreas de energia, 3 abrigos de equipamentos, 6 inversores e instalados 1.356 módulos fotovoltaicos com 335 W de potência cada, totalizando 454,26 KWp, ocupando uma área aproximada de 0,5 hectares (5.000m²).

A execução da usina contou com a participação de 15 trabalhadores, dentre os quais: eletricitas de alta tensão, eletricitas de baixa tensão, pedreiros, serventes, serralheiro, instalador solar, supervisor de obras, engenheiro civil e engenheiro eletricitista.

A usina localiza-se na zona rural do município de Esperança, Paraíba, e sua execução durou aproximadamente 3 meses (13 semanas). O cronograma de execução (gráfico de Gantt) foi elaborado e disponibilizado pela empresa responsável pela execução da usina (Quadro 2).

Quadro 2 - Cronograma de execução da obra

	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	5ª semana	6ª semana	7ª semana	8ª semana	9ª semana	10ª semana	11ª semana	12ª semana	13ª semana
Serviços preliminares	█												
Movimentação de terra							█	█					
Execução dos postes	█												
Execução das subestações	█								█				
Execução do padrão de entrada	█												
Fundações	█	█											
Alvenaria		█	█	█	█	█							
Cobertura					█	█							
Revestimento						█							
Pintura						█							
Forro							█						
Esquadrias							█	█	█	█			
Fixação das estruturas							█	█	█	█			
Transporte e descarga dos módulos									█				
Fixação dos módulos									█	█	█	█	
Instalações elétricas (CC)											█	█	
Instalações elétricas (CA)												█	█
Aterramento	█								█				█
Inversores													█
Comissionamento													█
Operação e manutenção													█

Fonte: Própria autora (2019)

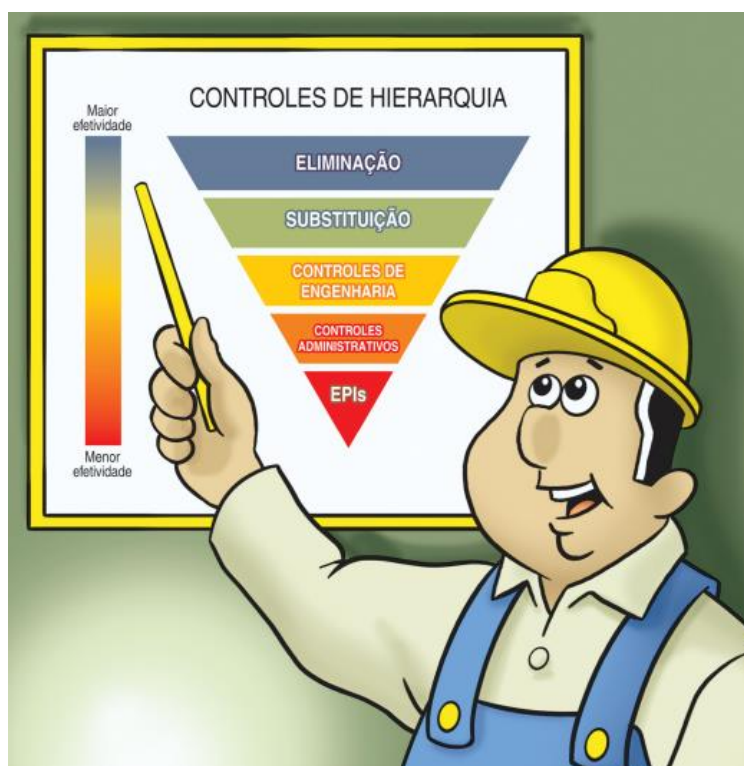
3.2.2 2ª Etapa metodológica: Identificação dos riscos

Os serviços relacionados às etapas de execução envolvem diferentes especialidades, como instalações elétricas, serviços de alvenaria, transporte de material pesado, movimentações de terra, entre outros. Consequentemente, existem diferentes riscos associados à cada etapa de execução. Desta forma, a partir do acompanhamento da obra em campo foram identificados os riscos em cada etapa de execução e propostas medidas coletivas, administrativas e individuais necessárias a partir da consulta as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho.

3.2.3 3ª Etapa metodológica: Proposição de medidas

Conforme a Revista Proteção (2017) há diferentes meios de se controlar os riscos. Entretanto há métodos que se mostram mais eficientes, dentre eles pode-se citar o controle dos riscos por hierarquias (Figura 14).

Figura 14 – Hierarquia de controle de riscos



Fonte: Revista Proteção (2019)

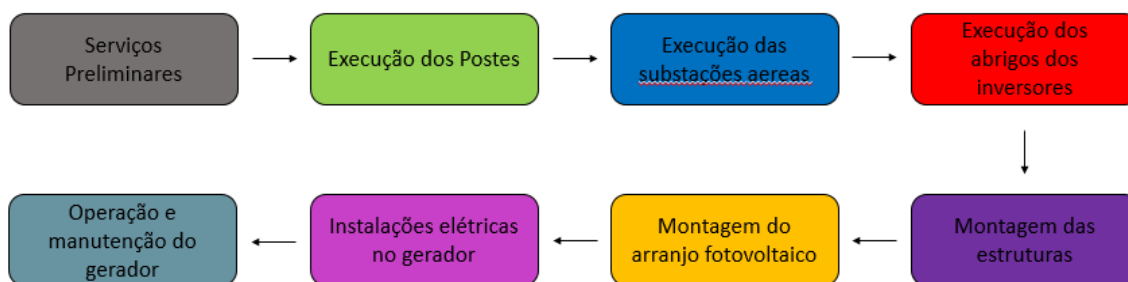
A hierarquia de controle acima citada, sugerida pela OHSAS (1999) e pela Revista Proteção (2017) refere-se as seguintes prioridades: eliminação, redução ou substituição, equipamentos de proteção coletiva, procedimentos ou controles administrativos, equipamento de proteção individual.

A eliminação consiste em modificar um projeto para eliminar o perigo, como por exemplo, mecanizar em vez de empacotar manualmente. Na redução ou substituição deve-se substituir o material mais perigoso por um com menor potencial ofensivo, como por exemplo, pressão e temperatura. No nível posterior, encontra-se os equipamentos de proteção coletiva (EPC) que é o caso das proteções das máquinas e redutores de ruído. Os procedimentos ou controle administrativos são controles que envolve pessoas para melhorar os procedimentos como exemplo pode-se citar a inspeção de equipamentos e controle de acesso. Na base da pirâmide, encontra-se os equipamentos de proteção individual, tais como protetores auricular, capacete e óculos de segurança que deve ser usado até que medidas superiores sejam implantadas (LEINFELDER, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A etapas de execução da usina solar fotovoltaica estudada é constituída pelas atividades listadas na Figura 15. É importante lembrar que essas são as etapas de execução da empresa que executou a usina.

Figura 15 - Fluxograma das etapas de execução da obra



Fonte: Própria autora (2019)

4.1 Serviços preliminares

Os serviços preliminares são essenciais para que a execução transcorra dentro do planejado. Envolvem as atividades de limpeza do terreno, serviços de terraplanagem, preparação do canteiro de obras, armazenamento de materiais e locação da obra.

A limpeza do terreno foi realizada com retroescavadeira na qual retirou-se os resíduos indesejados, preparando o terreno para receber os demais maquinários e os colaboradores da execução da obra. Após isso, realizou-se os serviços de terraplanagem para nivelar o terreno. e locação da obra com piquetes para demarcar os locais que passarão por escavação de valas, conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Preparação do canteiro de obras e locação das valas e materiais ao fundo



Fonte: Própria autora (2019)

Os materiais utilizados nas etapas iniciais da obra (tijolo, agregado miúdo, agregado graúdo, telhas, eletrodutos, condutores e água) foram dispostos estrategicamente para se manterem próximos aos pontos de utilização e ao mesmo tempo facilitar a locomoção de colaboradores e maquinários. No Quadro 3 estão descritos os riscos identificados na etapa de execução de serviços preliminares, bem como causas, consequência e medidas de controle propostas.

Quadro 3 - Riscos associados aos serviços preliminares

RISCOS	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	MEDIDAS DE CONTROLE
RISCOS FÍSICOS			
Radiação não ionizante	Temperatura elevada	Câncer de pele Queimaduras Insolação	Coletivas Hidratação, proteção solar
			Administrativas Controle do tempo de exposição
			Individuais Camisa de manga longa
Ruído	Decorrentes da retroescavadeira	Desconforto acústico Perda auditiva	Coletivas Isolamento do ruído
			Administrativas Uso obrigatório do EPI
			Individuais Uso de protetor auricular
Vibrações	Provenientes da retroescavadeira	Perda do equilíbrio e falta de concentração Aumento da frequência cardíaca Visão turva Degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso	Coletiva Lubrificação da máquina
			Administrativa Redução do tempo de exposição Troca de componente defeituoso ou desgastado
			Individual Calços de borracha absorvedores de vibrações e luva antivibração
RISCOS QUÍMICOS			
Poeira	Poeira oriunda da movimentação de terra	Alergias Doenças pulmonares crônicas	Coletivas Paralisar outras atividades durante a movimentação de terra
			Administrativas Diminuição do tempo de exposição
			Individuais Uso de máscaras contra poeira
RISCOS ERGONÔMICOS			
Má postura	Devido à má postura do ambiente de trabalho.	Lesão corporal	Coletiva Equipamentos e ferramentas antropométricas
			Administrativas Pausas no trabalho
			Individual Cinta ergonômica
RISCOS DE ACIDENTE			
Atropelamento	Devido a movimentação de pessoas durante o uso da retroescavadeira	Lesão corporal Óbito	Coletiva Sinalização eficiente
			Administrativa Dispositivos eletrônicos embutido na máquina capaz de detectar pessoas.
			Individual Fardamento com refletivos
Queda de pessoas no mesmo nível	Entulhos e desorganização do canteiro de obras Vias de acesso com obstáculos	Lesão corporal	Coletiva Sinalização com placas, cones, telhas, pedestal, iluminação.
			Administrativa Organização do layout
			Individual Capacete, botas, vestimentas

Fonte: Própria autora (2019)

4.2 Execução dos postes

Após a locação da obra, iniciou-se a execução dos postes. A escavação das valas foi realizada manualmente por serventes a uma profundidade de 1,7m com o auxílio de picareta, escavadeira articulada, pá, enxada, chibanca, dentre outras ferramentas.

A montagem dos postes (Figura 17), que consiste na fixação de cruzetas, para-raios, isoladores e demais acessórios, foi feita em solo pelos eletricitistas de alta tensão com o poste suspenso horizontalmente pelo caminhão *munck*, sendo o principal risco nesta etapa o tombamento, em vista que o peso total ultrapassa 1 tonelada.

Figura 17 – Instalação dos postes posicionados nas valas



Fonte: própria autora (2019)

Após o posicionamento do poste na vala de fundação, ainda com o poste ancorado ao caminhão *munck*, dois serventes realizaram o reaterro e compactação por etapas, até que o poste adquira engastamento no solo. Após a verificação da estabilidade e testes de prumos e nível, é feita a retirada da ancoragem do poste. No Quadro 4 estão descritos os riscos nesta etapa construtiva e suas respectivas medidas de controle.

Quadro 4 - Riscos associados à implantação dos postes

RISCOS	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	MEDIDAS DE CONTROLE
RISCOS FÍSICOS			
Radiação não ionizante	Temperatura elevada	Câncer de pele Queimaduras Insolação	Coletivas Hidratação Proteção solar
			Administrativas Controle do tempo de exposição
			Individual Óculos, Camisa de manga longa
RISCOS QUÍMICOS			
Poeira	Devido a movimentação de terra oriundas da escavação e reaterro das valas.	Alergias Doenças pulmonares crônicas	Coletiva Paralisar outras atividades durante a movimentação de terra
			Administrativa Umidificação
			Individual Uso de máscaras facial
RISCOS ERGONÔMICOS			
Levantamento de peso	Proveniente do posicionamento dos postes	Lesão corporal	Coletiva Mover cargas superiores a 30kg somente em operações ocasionais e com no mínimo 2 funcionários
			Administrativa Utilizar acessórios que auxiliem o transporte (ganchos, alavancas, ventosas e carrinhos de mão).
			Individual Cinta ergonômica
Má postura	Devido a escavação das valas	Lesão corporal	Coletiva Máquinas e equipamentos antropométricos
			Administrativa Pausas no trabalho
			Individual Cinta lombar
RISCOS DE ACIDENTE			
Corte e/ou ferimentos	Devido ao uso manuseio de ferramentas sem proteção	Lesão corporal Óbito	Coletiva Treinamento e capacitação
			Administrativa Uso obrigatório do EPI
			Individual Luvas, óculos, botas
Tombamento do poste	Devido a falha de suspensão do poste fazendo com que o centro de carga não coincida com o centro de gravidade.	Lesão corporal Óbito	Coletivo Sinalização da área, treinamento
			Administrativo Delimitação do local de trabalho
			Individual Uso do capacete, óculos, luvas, botina
Queda de objetos/materiais	Ferramentas e materiais soltos nas estruturas	Lesão corporal Óbito	Coletivo Sinalização e Isolamento da área de trabalho

			Administrativo Organização do layout
			Individual Utilização de bolsa de eletricista, capacete, luvas
Queda pessoas no mesmo nível	Entulhos e desorganização do canteiro de obras Vias de acesso com obstáculos	Lesão corporal	Coletivo Sinalização com placas, cones, telhas, pedestal, iluminação
			Administrativo Organização do layout
			Individual Capacete, botas, vestimentas

Fonte: própria autora (2019)

4.3 Execução das subestações aéreas

Na execução da subestação aérea, os transformadores de tensão foram inicialmente posicionados em solo para montagem das conexões elétricas pelos eletricistas de alta tensão. Em seguida, com o auxílio do caminhão *munck*, os transformadores foram içados pelo operador e seu auxiliar à 8 metros de altura e posicionados junto ao poste (Figura 18).

Com o transformador içado, um eletricista de alta tensão, com auxílio de uma escada de fibra de vidro realiza a fixação do transformador junto ao poste. Após fixado, foi liberada a ancoragem no transformador ao caminhão *munck*. É importante salientar que nesta etapa todos os equipamentos estão desenergizados.

Figura 18 – Montagem e fixação do transformador ao poste



Fonte: própria autora (2019)

Após a fixação, realizou-se a passagem dos condutores de média tensão (primário do transformador) até a cruzeta através do caminhão *munck* com o cesto aéreo para dois operadores, sendo estes eletricitas de alta tensão. Os condutores são posicionados “em espera” com comprimento suficiente para chegar ao poste mais próximo da concessionária, com a finalidade de aguardar a interligação do sistema elétrico do cliente à rede de distribuição.

As caixas de medição foram executadas junto ao poste. Também foi feita a montagem dos eletrodutos de aço galvanizado e, posteriormente, a passagem dos condutores de baixa tensão (secundário do transformador) até a caixa de medição. Escavou-se manualmente valas próximas ao poste para execução das caixas de passagem e das malhas de aterramento da subestação. Já execução da malha de aterramento ocorreu por meio da cravação direta das hastes de cobre no solo com o auxílio da marreta.

Diante da descrição dos serviços realizados nesta etapa, foi desenvolvido o Quadro 5 que apresenta a identificação dos riscos e suas medidas de controle.

Quadro 5 - Riscos associados à execução da subestação

RISCOS	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	MEDIDAS DE CONTROLE
RISCOS FÍSICOS			
Radiação não ionizante	Temperatura elevada	Câncer de pele Queimaduras Insolação	Coletiva Hidratação, proteção solar
			Administrativa controle do tempo de exposição
			Individual Camisa de manga longa, óculos
RISCOS QUÍMICOS			
Poeira	Devido a movimentação de terra oriunda das malhas de aterramento.	Alergias Doenças pulmonares crônicas	Coletiva Paralisar outras atividades durante a movimentação de terra
			Administrativa Umidificação do ambiente
			Individual Uso de máscaras faciais, óculos e vestimentas
RISCOS ERGONÔMICOS			
Má postura	Devido a postura durante o cravamento do aterramento e na escavação de valas	Lesão Corporal	Coletiva Adoção de máquinas e equipamentos antropométricos Ginástica laboral
			Administrativa Pausas no trabalho
			Individual Cinta lombar
RISCOS DE ACIDENTE			
Cortes e/ou ferimentos em algum membro	Manuseio inadequado e/ou falta de atenção.	Lesão nos membros	Coletivas Treinamento/capacitação
			Medidas administrativas Tornar obrigatório o uso do EPI
			Medidas Individuais Óculos, luvas
Queda de altura	Fixação da subestação no poste	Lesão corporal Óbito	Coletiva Guarda-corpo, barreiras de proteção, redes de proteção
			Administrativa Uso obrigatório do EPI
			Individual Uso de cinto de segurança, talabarte de posicionamento, trava quedas, ancoragem
Queda de pessoas no mesmo nível	Entulhos e desorganização do canteiro de obras Vias de acesso com obstáculos	Lesão corporal	Coletiva Sinalização com placas, cones, telhas, pedestal, iluminação
			Administrativa Organização do layout
			Individual Capacete, botas, vestimentas

Fonte: própria autora (2019)

4.4 Execução dos abrigos dos inversores

Com a demarcação do local dos abrigos dos inversores com piquetes e linhas de pedreiro, realizou-se a escavação manual das valas da fundação e assentou a alvenaria de embasamento e, posteriormente, a alvenaria de vedação com blocos cerâmicos 9x19x19 e argamassa de cimento e areia na proporção 1:3.

Em seguida, aplicou-se o reboco das paredes de vedação executou a cobertura com telhado de fibrocimento e linhas de madeira. Por fim, realizou-se as etapas de acabamento, como forro de PVC, esquadrias, pintura e revestimento cerâmico. Cada abrigo de inversor foi executado em alvenaria um quadro de proteção elétrica para corrente alternada, três haste de aterramento para inversores, além de uma saída de eletroduto para a caixa de medição e uma outra saída de eletroduto para o arranjo fotovoltaico. Os eletrodutos utilizados são de PVC rígido de 3 polegadas. Junto a cada saída, no lado externo dos abrigos, são executadas caixas de passagem em alvenaria, para facilitar a passagem e mudança de direção dos condutores. Na Figura 19 é ilustrado a construção do abrigo na usina fotovoltaica.

Figura 19- Execução dos abrigos dos inversores



Fonte: Própria autora (2019)

O abrigo de alvenaria possui uma área de 8m², onde cada um comportará dois inversores, um condicionador de ar e os quadros de proteção para corrente contínua e para

corrente alternada. Os riscos e medidas de controle para esta etapa são descritos no Quadro 6 a seguir.

Quadro 6 - Riscos associados à execução dos abrigos

RISCOS	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	MEDIDAS DE CONTROLE
RISCOS FÍSICOS			
Radiação não ionizantes	Temperatura elevada	Câncer de pele Queimaduras Insolação Desmaios	Coletiva Hidratação e proteção da exposição solar
			Administrativa controle do tempo de exposição
			Individual Camisa de manga longa, óculos
RISCOS QUÍMICOS			
Poeira	Decorrente da poeira suspensa em ar livre durante a escavação das valas	Alergias Doenças pulmonares crônicas	Coletiva Paralisar outras atividades durante a escavação
			Administrativa Umidificação do ambiente
			Individual Uso de máscara facial
RISCOS ERGONÔMICOS			
Má postura	Devido a locação dos abrigos, assentamento da alvenaria, movimentação de cargas e repetitividade	Lesão corporal	Coletivo Máquinas e equipamentos antropométricos Ginástica laboral
			Administrativo Pausas no trabalho
			Individual Cinta lombar
RISCOS DE ACIDENTE			
Corte e/ou ferimentos	Devido ao manuseio de ferramentas sem proteção	Lesão nos membros inferiores e/ou superiores	Coletivo Luvas e bolsa de ferramentas.
			Administrativo Tornar obrigatório o uso do EPI
			Individual Capacete, luva, botina
Queda pessoas no mesmo nível	Entulhos e desorganização do canteiro de obras Vias de acesso com obstáculos	Lesão corporal	Coletiva Sinalização com placas, cones, iluminação
			Administrativa Organização do layout
			Individual Capacete, óculos, luvas, botina, vestimentas

Fonte: própria autora (2019)

4.5 Montagem das estruturas

Com a escavação das valas executadas para a montagem das estruturas, foram dispostas os perfis (cavaletes) de aço galvanizado tubular em suas respectivas posições. Em seguida as valas foram concretadas. Pra cada perfil (cavelete) foi escavado 2 valas visto que o perfil é composto por 1 longarina apoiada sobre 2 pilares. Esse procedimento é análogo para todos os perfis, estando espaçados um dos outros a cada 3m.

Figura 20 - Instalação dos perfis de aço galvanizado



Fonte: própria autora (2019)

Com os perfis de aço fixados ao solo, em seguida foram posicionadas estruturas de alumínio e fixadas transversalmente para receber os módulos fotovoltaicos. A identificação dos riscos da montagem dos perfis e suas medidas de controle estão no Quadro 7.

Quadro 7 - Riscos associados à montagem das estruturas

RISCOS	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	MEDIDAS DE CONTROLE
RISCOS FÍSICOS			
Radiação não ionizantes	Temperatura elevada	Câncer de pele Queimaduras Insolação Desmaios	Coletiva Hidratação e proteção da exposição solar
			Administrativa Controle do tempo de exposição
			Individual Camisa de manga longa, óculos
RISCOS QUÍMICOS			
Poeira	Devido a partículas suspensa no ar durante a escavação das valas	Alergias Doenças pulmonares crônicas	Coletiva Paralisar outras atividades durante a escavação
			Administrativa Umidificação do ambiente
			Individual Uso de máscara facial
RISCOS ERGONÔMICOS			
Má postura	Escavação das valas	Lesão Corporal	Coletiva Ferramentas antropométricas
			Administrativa Pausas no trabalho
			Individual Cinta lombar
RISCOS DE ACIDENTE			
Corte e/ou ferimentos	Devido ao uso incorreto das máquinas e ferramentas e Devido à queda de nível das ferramentas	Lesão corporal Óbito	Coletiva Treinamento, inspeção da máquina
			Administrativa Uso obrigatório do EPI
			Individual Luva, capacete, bolsa de eletricista.
Queda pessoas no mesmo nível	Entulhos e desorganização do canteiro de obras Vias de acesso com obstáculos	Lesão corporal	Coletiva Sinalização com placas, iluminação.
			Administrativa Organização do layout
			Individual Capacete, óculos, botina, vestimentas

Fonte: própria autora (2019)

4.6 Execução da montagem dos arranjos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são descarregados através de paletes fechados, onde cada palete possui 32 unidades, no qual a descarga é feita com o auxílio do caminhão *munck*. Os

paletes foram posicionados estrategicamente para filas frente aos perfis de alumínio para facilitar a execução do arranjo fotovoltaico (Figura 21).

Figura 21 - Arranjo do sistema fotovoltaico



Fonte: própria autora (2019)

Em seguida, iniciou-se o posicionamento dos módulos sobre os perfis de alumínio e, conseqüentemente, sua fixação. O Quadro 8 descreve os riscos identificados e medidas de controle propostas.

Quadro 8 - Riscos associados a montagem do arranjo fotovoltaico

RISCOS	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	MEDIDAS DE CONTROLE
RISCOS FÍSICOS			
Radiação não ionizante	Temperatura elevada	Câncer de pele Queimaduras Insolação	Coletiva Hidratação, proteção solar e óculos de segurança
			Administrativa Controle do tempo de exposição
			Individual Camisa de manga longa, óculos
RISCOS QUÍMICOS			
Poeira	Devido a partículas suspensa no ar durante a escavação das valas e movimentação de carga e descarga	Alergias Doenças pulmonares crônicas	Coletiva Paralisar outras atividades durante a escavação
			Administrativa Umidificação do ambiente
			Individual Uso de máscara facial
RISCOS ERGONÔMICOS			
Movimentação de cargas horizontal	Carregamento horizontal manual do módulo até posicionamento na estrutura	Lesão Corporal	Coletivo Mover cargas superiores a 30kg somente em operações ocasionais e com no mínimo 2 funcionários
			Administrativo Isolamento da área

			Individual Capacitação do operador de <i>munk</i> , capacete, botina, luvas
Movimentação de transporte vertical	Proveniente da descarga vertical dos módulos do caminhão <i>munk</i> até solo	Lesão Corporal	Coletivo Sinalização, isolamento da área
			Administrativo Uso obrigatório de EPI
			Individual Luvas, capacetes, botina, vestimentas
RISCOS DE ACIDENTE			
Choque elétrico	Devido ao manuseio dos módulos fotovoltaicos que podem ser energizados a partir da radiação	Lesão corporal Queimadura	Coletivo Verificar o estado dos condutores e terminais de conexão
			Administrativo Uso obrigatório do EPI
			Individual Luvas isolantes, capacete, vestimentas antichamas, botas isolantes
Corte e/ou ferimentos	Devido ao uso incorreto das máquinas e ferramentas	Lesão corporal Óbito	Coletivo Conhecer as limitações das máquinas e/ou ferramentas, capacitação.
			Administrativo Uso obrigatório do EPI
			Individual Luvas, capacete, botina, vestimentas

Fonte: própria autora (2019)

4.7 Instalações elétricas

Na etapa de instalações elétricas do gerador, os módulos fotovoltaicos foram conectados entre si em ligações em série e/ou paralelo, de acordo com o projeto da usina. Os conectores são do tipo MC4, com alta resistência a intempéries, visto que ficarão expostos. Por fim, realizou-se a passagem dos cabos das saídas das *strings* dos módulos até os abrigos dos inversores (Figura 22).

Figura 22 - Instalações elétricas

Fonte: própria autora (2019)

Os inversores e os quadros de proteção foram fixados em seus respectivos abrigos e montados seus dispositivos elétricos. Após, foi realizada a conexão dos condutores do arranjo fotovoltaico e a conexão dos condutores da rede elétrica.

Antes da energização do sistema realizou-se o comissionamento das subestações e do gerador, que consistem em todos os testes necessários e suficientes para garantir a segurança do sistema elétrico. No Quadro 9 estão descritas medidas de controle propostas desta etapa.

Quadro 9 - Riscos associados a instalações elétricas do gerador

RISCOS	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	MEDIDAS DE CONTROLE
RISCOS FÍSICOS			
Radiação não ionizante	Temperatura elevada	Câncer de pele Queimaduras Insolação	Coletivas Hidratação, proteção solar
			Administrativas Controle do tempo de exposição
			Individuais Óculos de segurança.
RISCOS ERGONÔMICOS			
Postura Inadequada	Devido a escavação das valas para passagem dos condutores subterrâneos	Lesão corporal	Coletiva Ferramentas antropométricas
			Administrativa Pausas no trabalho
			Individual Cinta ergonômica
RISCOS DE ACIDENTE			
Corte e/ou ferimentos	Devido ao uso incorreto das máquinas e ferramentas	Lesão corporal Óbito	Coletivo Conhecer as limitações das máquinas e/ou ferramentas
			Administrativa Uso obrigatório do EPI
			Individual Luva, óculos, botina, vestimentas

Fonte: Própria autora (2019)

4.8 Operação e manutenção do gerador

Esta é a fase em que de fato o sistema entra em operação. Nessa etapa, com o comissionamento aprovado, o sistema é interligado a rede da concessionária, ou seja, todos os equipamentos são energizados. Os condutores em corrente alternada apresentam tensão de 220/380V, enquanto os condutores em corrente contínua têm tensão variável de acordo com a incidência solar podendo chegar até 1500V.

Com o sistema em operação (Figura 23), periodicamente, realiza-se inspeção e limpeza dos equipamentos, em especial os módulos fotovoltaicos. Como o sistema está energizado esses procedimentos requerem cuidado devido às altas tensões.

Figura 23 - Painéis em operação

Fonte: Própria autora (2019)

Caso detectado falhas que requerem substituição de dispositivos, o gerador deverá ser desenergizado. Vale salientar que devido aos capacitores contidos no sistema, mesmo após o seccionamento dos disjuntores deverá aguardar um tempo, conforme especificações de projeto, até que ocorra a descarga total dos capacitores e operador possa trabalhar com segurança.

Quadro 10 - Riscos associados a operação e manutenção do gerador

RISCOS	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	MEDIDAS DE CONTROLE
RISCOS FÍSICOS			
Radiação não ionizante	Temperatura elevada	Câncer de pele Queimaduras Insolação	Coletiva Hidratação, proteção solar
			Administrativa Controle do tempo de exposição
			Individual Óculos de segurança.
RISCOS DE ACIDENTE			
Choque elétrico	Devido ao sistema está energizado	Lesão corporal Queimadura	Coletiva Sinalização de impedimento de energização
			Administrativa Restrições e impedimentos de acesso de pessoas não autorizadas
			Individual Uso de luvas isolantes, botina, vestimentas antichamas, capacete e capacitação dos operadores Travamentos e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobra e comandos

Fonte: própria autora (2019)

5. CONCLUSÃO

A correta identificação dos riscos é fundamental em qualquer atividade, visto que estratégias para eliminação e/ou neutralização só é possível após a correta identificação dos potenciais riscos. Esses riscos podem ser alterados constantemente à medida que a obra avança e que novas tecnologias surgem no mercado.

O estudo procurou evidenciar os riscos associados às atividades laborais de execução de uma usina solar fotovoltaicas. Pode-se perceber que as radiações não ionizantes, postura inadequada e queda de mesmo nível são riscos que estão presentes frequentemente em todas as etapas de execução. Apesar da não eliminação dos riscos constatou-se que a empresa estudada procurou minimizá-los reduzindo o tempo de exposição aos agentes, fornecendo os equipamentos de proteção adequados conforme os riscos associados e promovendo campanha de conscientização.

A instalação de um sistema fotovoltaico requer profissionais de diversas áreas e conhecimento multidisciplinar necessário desde o planejamento até a entrega do sistema em perfeito funcionamento para o consumidor. Dada sua complexidade, o segmento pode ser caracterizado de alto risco de acidentes no trabalho, porém a literatura não descreve trabalhos sobre riscos ocupacionais e equipamentos e ferramentas de segurança relacionadas à execução de sistemas fotovoltaicos.

Infelizmente no campo de atuação da energia solar ainda não há diretrizes direcionadas a segurança no trabalho em instalações de painéis fotovoltaicos, fazendo necessário utilizar de outras normas tais como NR6, NR10 NR 20 e NR35, para auxiliar nos procedimentos de segurança.

Apesar da empresa estudada fazer o uso de medidas preventivas fornecendo os equipamentos de proteção necessários conforme os riscos associados, treinamento sobre o uso correto desses equipamentos e campanhas sobre prevenção de acidentes, a mesma deixa a desejar quanto a um plano contínuo de ação de gerenciamento de risco conforme estabelecido na NR 1 que identifique o nível do risco ocupacional de cada atividade e a probabilidade de causar lesões ou agravos à saúde do trabalhador.

Independente dos riscos a que os trabalhadores estão expostos, preveni-los é sempre a melhor opção, visto que acidentes de trabalho geram custos diretos e/ou indiretos para a empresa, colaboradores e usuários além de manchar a imagem da empresa do mercado. O usuário por sua vez pode fazer sua parte cobrando da empresa responsável pela instalação comprovante de treinamento daqueles que irão executar a atividade.

Além de campanhas já promovidas sobre o tema, sugere-se para a empresa estudada adoção de formas de promoção e premiação para aqueles que realizarem ações que contribuem para tal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMANN, T., ANDERSSON, G., SODER, L. **Distributed generation: a definition. Department of Electric Power Engineering.** Royal Institute of Technology, Electric Power Systems, Stockholm, Sweden, 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 25 de Novembro de 2019.

ASSEF, Guilherme. **Perigos no trabalho energia solar.** 2019. Disponível em:< <http://assef.site/perigos-no-trabalho-energia-solar-ecologico/>>. Acesso em: 28 de Novembro de 2019.

AYRÃO, Vinicius. **Riscos na instalação de placas fotovoltaicas.** 2017. Disponível em:< <https://viniciusayrao.com.br/riscos-na-instalacao-das-placas-fotovoltaicas/>>. Acesso em: 29 de Novembro de 2019.

BARBOSA. Eliton Bezerra. **Análise da viabilidade financeira de investimento em gerador solar fotovoltaico – um estudo de caso.** 48f. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Estadual da Paraíba. Araruna, 2018.

BARBOSA FILHO, Antônio Nunes. **Segurança do trabalho e gestão ambiental.** –4ed.– São Paulo: Atlas, 2011.

BASTOS, Wisley da Silva. **Estudo de Caso de um Projeto Fotovoltaico integrado à Edificação.** 2018. 74f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018.

BETTIOL, Israel Costa. **Proposta de um mecanismo de giro para sistemas de captação de energia solar através de placas fotovoltaicas.** 2017. 49f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2017.

BRASIL. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho (SEPRT). **NR 1: Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais.** Disponível em:< https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-01.pdf>. Acesso em: 21 de Novembro de 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). **NR 6: Equipamento de Proteção Individual.** Disponível em:< https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-06.pdf> Acesso em: 21 de Novembro de 2019.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). **NR 7: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.** Disponível em:< https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-07.pdf> Acesso em: 21 de Novembro de 2019.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). **NR 9:** Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Disponível em:< https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-09.pdf>. Acesso em: 21 de Novembro de 2019.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). **NR 10:** Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Disponível em:< <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>>. Acesso em: 21 de Novembro de 2019.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). **NR 26:** Sinalização e Segurança. Disponível em:< <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/trabalhista/nr/nr26.htm>>. Acesso em: 21 de Novembro de 2019.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). **NR 32: Segurança e saúde no trabalho em serviços de saúde.** Disponível em:< <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR32.pdf>> Acesso em: 23 de Novembro de 2019.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). **NR 35:** Trabalho em altura. Disponível em:< <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr35.htm>>. Acesso em: 21 de Novembro de 2019.

BYCZKOVSKI, Eliane. **A sinalização de segurança de trabalho na indústria da construção.** 2012. 36 f. Dissertação (especialização em engenharia de segurança no trabalho) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2012.

CAMISASSA, Mara. **Segurança e saúde no trabalho: NRs 1 a 36 comentadas e descomplicadas.** 3.ed. rev. São Paulo: Método, 2016.

CANAL ENERGIA FOTOVOLTAICA. **Rajadas de ventos em painéis solares.** 2017. Disponível em:< <https://www.youtube.com/watch?v=TSyvxmZH8bI>>. Acesso em 20 de Novembro de 2019.

CARMARGO, Lucas Tamanini. **Projeto de sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** 101f. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica). – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2017.

CRUZ, A. A. P. **Usina Solar Fotovoltaica de Juiz de Fora. Juiz de Fora (MG),** 2012. Trabalho Final de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012.

DUSOL. **O barato pode sair caro:** a escolha da empresa de energia solar. 2019. Disponível em:< <https://www.dusolengenharia.com.br/post/o-barato-pode-sair-caro-escolha-da-empresa-de-energia-solar/>>. Acesso em: 20 de Novembro de 2019.

GERMANO, Abraão Do Nascimento. **Um estudo comparativo do programa de prevenção de riscos em ambientes de trabalho - PPRA e a prática efetiva de instalações de sistemas fotovoltaicos em uma empresa s/a de geração e distribuição de energia solar.** 71f. 2019.

Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho). Universidade do Sul de Santa Catarina. Florianópolis, 2019.

G. H. Alves. **Projeto e Análise da Viabilidade Econômica da Instalação de Painéis Fotovoltaicos no Setor Industrial**. Trabalho de Conclusão de Curso. Depart. de Eng. Elétrica e Computação, Escola de Eng. De São Carlos, SP, 2016.

LEINFELDER, Robson Rodrigues. **Análise de riscos para a redução dos riscos de segurança em uma pedreira paulista**. 100f. 2016. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.

LOGSDON, N. B. **Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997**. Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT. 2002

MARTINS JUNIOR, Wellyngton Moralles. **Aplicação de painéis solares fotovoltaicos como fonte geradora complementar de energia elétrica em residências**. 86f. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Novos empreendimentos solares devem gerar investimentos de R\$ 8 bilhões**. 2018. Disponível em:<
http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/_asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/novos-empreendimentos-solares-devem-gerar-investimento-de-r-8-bilhoes>. Acesso em: 29 de Novembro de 2019.

MME- Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**. 2019. Disponível em:<
<http://www.mme.gov.br/documents/1138781/1435504/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Fevereiro+-+2019.pdf/e7e55cd2-2a56-41db-8054-9620095728e4>>. Acesso em: 29 de Novembro de 2019.

MOREIRA, A.M.R. **Fatores de risco dos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho de Enfermagem: cenário atual e propostas de mudanças**. 2003. 177f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

OHSAS – OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ADMINISTRATION SATANDARD 18001: **Sistemas de gestão de segurança e saúde ocupacional** – especificação, 1999, 28p.

PEREIRA, Bruno Eustáquio Lima. **Análise da viabilidade econômica de implantação de um sistema de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos em sítio aeroportuário**. 67f. 2017. Monografia (especialização em Eficiência Energética). Universidade Federal de Santa Catarina. Novo Hamburgo, 2017.

PINHO, J.; GALDINO, M. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

PORTAL SOLAR. **Usina solar.** 2019. Disponível em:<
<https://www.portalsolar.com.br/usina-solar.html>>. Acesso em: 09 de Dezembro de 2019.

QUEIROZ, Juliana Americano da Costa. **Riscos ocupacionais a que estão expostos os profissionais de enfermagem em uma unidade de terapia intensiva.** 64f. 2010. Monografia (Especialização em Enfermagem). Universidade Castelo Branco, Salvador, 2010.

REIS, Pedro Ferreira; MORO, Antônio Renato Pereira. **Risco ergonômico do trabalho repetitivo.** 1. ed. São Paulo: Paco Editorial, 2014.

REVISTA PROTEÇÃO. **Controle de hierarquia.** 2017. Disponível em:<
http://www.protecao.com.br/upload/protecao_prottegildo/150.pdf>. Acesso em: 9 de Dezembro de 2019.

RIBEIRO, Raylla Pereira. **Estudo de caso: dimensionamento de um sistema fotovoltaico residencial.** 51f. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Automação). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Araxá, 2016.

ROSA, Antônio Robson da; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de energia solar.** Ano 7. Volume VII, nº2. Pag. 140-147. Dezembro de 2016.

SANTOS, Mauricio Oliveira. **Geração Distribuída Baseada em Energia Solar e Eólica: Uma alternativa de Geração Auxiliar.** 2017. 53 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – UNIME, Lauro de Freitas, 2017.

SANTOS, Zelâne Beatriz dos. **Segurança do Trabalho e Meio Ambiente – NR 09 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA.** Instituto Federal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS, 2014.

SOARES, Williane de Oliveira Silva. **Work safety canvas: desenvolvimento de uma ferramenta para o gerenciamento de riscos.** 104f. 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Campina Grande. Sumé, 2018.

TIECHER, Janrie Carlos. **Aplicação da NR 35 no processo de instalações de painéis fotovoltaicos em residências unifamiliares.** 24f. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho). Universidade do Vale do Taquari. Lajeado, 2017.

TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais.** 2012. 164f Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, 2012.

TRUCCOLO, Luiz Junior. **Análise dos Riscos de Acidentes no Setor de Produção em Uma Empresa de Produção de Móveis Escolares.** 2012. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2012.

VECCHIONE, D.; FERRAZ, F. T. Avaliação dos riscos ambientais dos canteiros de obras caso Fiocruz. In: **VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, 2010.

VIANA, S. F. A. C. **Modelação de Micro-Sistemas Híbridos Fotovoltaicos/Eólicos para Produção Descentralizada**. 310f, 2010. Tese (Doutorado Ciências da Engenharia). Universidade Técnica de Lisboa, 310f, 2010.

VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 2^a ed. rev. e atual, São Paulo, Brasil: Érica, 2015.