

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS EM INSTALAÇÕES DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAIS¹

Wandrigo Santetti de Freitas²

RESUMO

Este artigo apresenta um modelo de Análise Preliminar de Risco (APR), aplicadas no projeto, instalação e manutenção de sistemas de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos residenciais. Tem como objetivo analisar os riscos existentes nas etapas de elaboração do projeto, instalação e manutenção de sistemas típicos de geração de energia elétrica em residências através de painéis fotovoltaicos. Bem como, apresentar um modelo de *checklist* nas etapas de projeto, instalação dos equipamentos e posterior manutenção dos mesmos. Com a aplicação do método indutivo, são indicadas as normas regulamentares e medidas adequadas a cada etapa, garantindo a segurança e minimizando os riscos de acidentes no exercício das atividades e, estando em consonância com a legislação profissional que habilita os envolvidos. A redução dos riscos é conclusiva neste trabalho, tendo em vista que as normas regulamentares utilizadas são consagradas no meio da engenharia de segurança do trabalho e regulamentadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego.

Palavras-chave: Análise preliminar de riscos. Sistemas fotovoltaicos. Geração de energia elétrica.

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica desempenha um papel fundamental para o desenvolvimento e manutenção da sociedade, é útil no transporte, infraestrutura, saneamento, telecomunicações, manutenção da vida, atividades do cotidiano e uma infinidade de ações realizadas no dia a dia pelo homem moderno, tornando-nos totalmente dependentes desta forma de energia.

O desenvolvimento econômico do país está intimamente relacionado à arquitetura e eficiência de sua matriz energética, a diversificação das formas de geração e a garantia de fornecimento são fundamentais para despertar o interesse de investidores nos diversos setores da economia.

A geração de energia elétrica através de fontes renováveis é foco de estudo de muitos profissionais e acadêmicos que atuam nas áreas de Engenharia, particularmente nas modalidades de Engenharia Elétrica, Química e Mecânica, na busca de sistemas eficientes com índices reduzidos de desperdício nas fases de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica. Em cada uma destas etapas a eficiência energética torna-se fundamental para que o sistema seja economicamente viável e competitivo. A geração de

¹ Pré-requisito para obtenção do título em Engenharia de Segurança do Trabalho.

² UCEFF Faculdades, Engenheiro Eletricista, wfreitas80@hotmail.com

energia elétrica fotovoltaica possui uma fonte de energia quase infinita fornecida pelo o sol. Painéis fotovoltaicos, ao serem instalados em locais próximos aos pontos de consumo (ex. em residências, comércios e indústrias), são alternativas economicamente viáveis, pois diminuem os sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica, os quais consomem parte da energia produzida e não geram trabalho.

No Brasil existem 24,6 mil unidades de fontes geradoras de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos que geram cerca de 1 Giga Watt (GW) de energia, com estimativas que em 2026 a capacidade esteja na casa de 3,3 Giga Watt (GW) atendendo a cerca de 770 mil unidades consumidoras. Santa Catarina está em quarto lugar no ranking nacional com 2,2 mil unidades. Números que tendem a aumentar, devido aos incentivos fiscais, redução dos custos dos equipamentos, implementação de veículos elétricos, atraente retorno dos investimentos (entre 5 e 8 anos) e vida útil do conjunto gerador de até 25 anos (LINDER, 2018, p. 6).

O problema está no grande número de novas instalações previstas e, como garantir a segurança nas instalações futuras, neste sentido questiona-se: **Como analisar os riscos em instalações de painéis fotovoltaicos residenciais?**

Pequenas unidades geradoras ou fontes de geração distribuídas são unidades de menor capacidade de geração, instaladas em residências ou empresas para consumo próprio, que podem provir de fonte solar, e são instalados nos telhados das instalações (plantas), que captam a radiação solar, gerando energia elétrica. Havendo excedente de energia gerada, esta é injetada na rede de energia elétrica das concessionárias como CELESC e Iguazu Energia, que atuam no Estado de Santa Catarina. Esta energia excedente é transformada em créditos e podem ser utilizados para o abatimento nos valores das faturas de energia elétrica futuras em um período de até 60 meses. Estes créditos também podem ser utilizados nos momentos em que a unidade estiver consumindo energia, como em períodos noturnos e de chuvas (ANEEL, RESOLUÇÃO 482, 2018, p.6).

A geração distribuída foi regulamentada através da RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que estabelece as condições gerais para: o acesso de microgeração e minigeração de energia elétrica devidamente conectada aos sistemas de distribuição de energia e a forma de compensação dos créditos gerados. Microgeração são centrais geradoras com potência instalada ≤ 75 KW e minigeração são centrais geradoras de potência instalada > 75 KW e ≤ 3 MW para fontes hídricas ou ≤ 5 MW para as demais fontes renováveis. A RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, DE 02 DE DEZEMBRO DE 2015 estabelece a alteração dos limites de capacidade de geração por unidade e procedimentos para distribuição da energia gerada.

O objetivo deste artigo é analisar os riscos existentes nas etapas de elaboração do projeto, instalação e manutenção de sistemas típicos de geração de energia elétrica em residências através de painéis fotovoltaicos. Os conjuntos avaliados neste estudo consistem em arranjos de células fotovoltaicas conectadas para fornecer tensão e corrente a uma carga (residência), possuem potência de saída entre 50W e 80W e, dependendo da tecnologia e da orientação solar, alimentam sistemas domésticos de até 2 KW e contém módulos que cobrem áreas de até 24 m² (ALDABÓ, 2012, p.27). Além disso, pretende identificar pontos que oferecem riscos aos profissionais envolvidos nas atividades, apresentar aspectos legais e minimizar os riscos apresentando um modelo de *checklist* para cada etapa e para os principais equipamentos que constituem este modelo de geração de energia elétrica.

Diante do exposto, cria-se um mercado de micro e minigeração distribuída de energia elétrica, que para sua implementação, é necessária a utilização de mão de obra capacitada, qualificada e habilitada nas modalidades de Engenharia de Segurança do Trabalho, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica e de Técnicos Industriais, nas etapas de projeto, instalação e manutenção, pois envolvem a utilização de equipamentos de complexidade tecnológica, energizados e normalmente instalados em locais de alturas elevadas.

Com um modelo de geração de energia elétrica distribuída definido pelas resoluções normativas, aliadas a um mercado que necessita do fornecimento de energia barata, tem-se o aumento do número de unidades geradoras, o que resulta na expansão do mercado, atraindo profissionais e empreendedores a atuarem no segmento. Por isso, é necessário garantir que sejam respeitadas e aplicadas as normas de saúde e segurança do trabalho, colaborando para a manutenção da saúde laboral de todos os envolvidos.

2 FUNDAMENTAÇÕES TEÓRICAS

2.1 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR)

É uma das técnicas consagradas e utilizadas para avaliar os riscos presentes em uma determinada atividade. É uma visão do trabalho a ser executado que permite a identificação prévia dos riscos envolvidos em cada passo da tarefa e oferece condições para evitá-los, o que permite realizar estas atividades com o máximo de segurança aos profissionais executores.

Esta análise deve ser elaborada por profissionais que executam ou supervisionam a atividade e recomenda-se o acompanhamento de profissional legalmente habilitado a exercer

atividades de segurança do trabalho, como engenheiros de segurança do trabalho (ATLAS, 2017, p.773).

Na implementação (instalação) de unidades de geração distribuída de energia através de painéis fotovoltaicos sejam residenciais ou em empresas, é de extrema importância a atuação profissionais legalmente habilitados para tais atividades, ou seja, que concluíram cursos técnicos e ou de engenharia em instituições de ensino com seus cursos devidamente credenciadas e reconhecidas pelo MEC, bem como com os respectivos registros nos conselhos profissionais da cada categoria (CONFEA, Lei Nº 5.194, 2018, p.1).

Existem algumas questões que devem ser consideradas ao elaborar uma APR:

- O que pode ocasionar um acidente?
- Quais as consequências ao (s) envolvido (os)?
- Os riscos podem ser eliminados e ou controlados?

Previamente à execução da atividade, deverão ser analisados os riscos em potencial, descrevendo detalhadamente as etapas realizadas na operação. Dentro de cada etapa identificar quais são os riscos existentes, elencar as medidas de segurança exequíveis para cada etapa com objetivo de reduzir e preferencialmente eliminar os riscos da atividade executada, através de técnicas de execução, utilização de ferramentas adequadas, utilização de Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva (EPI's e EPC's). Estabelecer o número de profissionais necessários para a execução de cada etapa com segurança e quem será o responsável por cada uma das atividades, respeitando o perfil, a capacitação e habilitação de cada profissional (ATLAS, 2017, p.774).

2.2 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DISTRIBUIDA

Este modelo consiste na geração de energia elétrica próxima aos pontos de consumo, independente da capacidade de geração, tecnologia ou fonte, o que reduz a utilização de meios de transporte da energia produzida que geralmente são tarefas realizadas por linhas de transmissão e de distribuição. Devido à resistência elétrica contida nos materiais que constituem os condutores destas linhas de transporte e a efeitos de aquecimento nos condutores como o efeito Joule, há a dissipação de energia no processo, que onera o custo da energia elétrica ao consumidor final.

Na geração distribuída está inclusa o modelo de geração de energia elétrica com a utilização de painéis fotovoltaicos foco deste artigo, centrais geradoras hidrelétricas (CGH's), pequenas centrais hidrelétricas (PCH's), geradores de emergência e geradores de operação

em horários de ponta. “O conceito envolve, ainda, equipamentos de medida, controle e comando que articulam a operação dos geradores e o eventual controle de cargas (ligamento/desligamento) para que estas se adaptem à oferta de energia” (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2018).

2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDE

São sistemas de geração distribuída de energia elétrica que utilizam a energia da radiação solar incidentes em painéis fotovoltaicos, construídos a partir de semicondutores (normalmente compostos de silício), com capacidade de converter a radiação solar em energia elétrica. A energia gerada pode ser fornecida à concessionária, ou utilizada para alimentação de cargas instaladas em residências como: Lâmpadas, equipamentos eletroeletrônicos, eletrodomésticos, computadores, dentre outros equipamentos que utilizam energia elétrica convencional para seu funcionamento (LOPEZ, 2012, p.110).

O arranjo típico de equipamentos deste sistema é formado a partir da associação de, conforme a Figura 1; 1 Painéis fotovoltaicos ou solares; 2 Controlador de carga; 3 Baterias (Banco de baterias); 4 Inversores CC/CA; 5 Quadro de distribuição; 6 Medidor de energia elétrica.

Figura 1 - Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede de Distribuição



Fonte: Adaptado de Portal Solar (2018) ³.

³ Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico-com-back-up-de-baterias.html>. Acesso em maio 2018.

Painéis fotovoltaicos ou solares convertem a radiação solar em energia elétrica, com grandezas elétricas de tensão e corrente contínuas (CC), estas podem ser armazenadas em bancos de baterias, porém não são adequadas à utilização da grande maioria dos equipamentos ou cargas que são alimentadas com tensão e corrente alternadas (CA).

A regulação da carga das baterias é função do controlador de carga, que evita a sobrecarga do banco de baterias elevando sua vida útil. Inversores CC/CA de forma geral, tem a função de converter a tensão e corrente contínua (CC) em tensão e corrente alternada (CA) dentro dos padrões de amplitude e frequência estipuladas pela ANEEL e idênticas à tensão que é distribuída pela concessionária.

O quadro de distribuição é composto por equipamentos que alimentam os diversos circuitos instalados na residência e alimentam cargas distribuídas de acordo com as dimensões e cômodos da residência, conectam ao medidor de energia elétrica que por sua vez contabiliza a energia elétrica consumida ou gerada pelo sistema de geração distribuída. “o dimensionamento de um sistema fotovoltaico depende da potência da carga e de seu ciclo de serviço” (LOPEZ, 2012, p.111).

2.4 NORMATIZAÇÕES TÉCNICAS E REGULAMENTARES

As normatizações técnicas são elaboradas por membros da sociedade civil, grupos de profissionais, fabricantes e associações que buscam estabelecer soluções relacionadas aos assuntos recorrentes ou rotineiros do campo profissional, são processos de formulação de regras para solução e prevenção de problemas, sempre com a cooperação das partes interessadas. Na construção destas regras, é comum o uso de tecnologias existentes para que possam estabelecer que produtos, sistemas, serviços, processos e outras atividades, atendam às finalidades para qual foram previamente concebidas.

Segundo (ABNT, 2018), “Norma é o documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece regras, diretrizes ou características mínimas para atividades ou para resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto”.

Neste artigo não é avaliada a normatização relacionada aos equipamentos instalados, porém são citadas as principais normas que envolvem o tema e servem como itens balizadores das atividades de projeto, instalação e montagens de equipamentos instalados nos arranjos de geração distribuída do estudo. Exemplo:

-NBR-5410: Instalações elétricas de baixa tensão;

-NBR-5419: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas;

-NBR-16.149: Sistemas fotovoltaicos, características da interface de conexão com rede elétrica de distribuição;

-NBR-16.150: Sistemas fotovoltaicos, características de interface de conexão com a rede elétrica de distribuição e procedimento de ensaio de conformidade;

-NBR/IEC-62116: Procedimento de ensaio anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados a rede elétrica;

-NBR-11704: Sistemas fotovoltaicos e classificação.

As normas regulamentares ou regulamentadoras são elaboradas pelo Ministério do Trabalho e Emprego, são de cunho obrigatório e o objetivo principal de proteger e fornecer subsídios à integridade e saúde do trabalhador:

As Normas Regulamentadoras – NR, relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos de administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos poderes legislativos e judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT (ATLAS, 2017, p.59).

Algumas destas normas regulamentares são arcabouços temáticos deste trabalho, estando elencadas somente as normas relacionadas às atividades de projeto, instalação e manutenção dos equipamentos utilizados nos arranjos residenciais típicos de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos.

2.4.1 Norma Regulamentar 6 – Equipamentos de Proteção Individual

Esta norma regulamenta a qualidade e responsabilidade na fabricação, aquisição e utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), por fabricantes, empregadores e empregados. “Considera-se Equipamento de Proteção Individual (EPI) todo dispositivo ou produto de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde do trabalhador” (BARROS, 2017, p.170).

Equipamentos utilizados para proteção de trabalhadores devem ser devidamente homologados e certificados através do Certificado de Aprovação de qualidade (CA) expedido por empresas especializadas e registradas no Ministério do Trabalho e Emprego (ATLAS, 2017, p.125).

Nas atividades de instalação e manutenção os trabalhadores envolvidos devem utilizar EPI's, como capacetes de proteção contra impactos ocasionados por objetos sobre o crânio, capuz ou bala clava contra riscos de origem térmica, óculos para proteção contra

luminosidade intensa, luvas e calçados com níveis de isolamento elétrica e proteção contra impactos, macacão, cinturão de segurança com dispositivos de trava para operações verticais e horizontais, entre outros equipamentos indicados pelo profissional de segurança do trabalho.

Todos estes equipamentos citados com Certificado de Aprovação (CA) válidos.

2.4.2 Norma Regulamentar 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

O programa de prevenção de riscos ambientais (PPRA) estabelece a obrigatoriedade de implantação de programas por parte do empregador, com a colaboração dos empregados, visando a antecipação, o reconhecimento e conseqüentemente o controle da ocorrência de riscos ambientais nas atividades realizadas no ambiente (local) de trabalho, priorizando a preservação da saúde dos envolvidos nas atividades laborais.

Os riscos ambientais são agentes físicos, químicos e biológicos presentes no ambiente de trabalho, em função de alguns fatores como sua natureza, concentração, dose e intensidade tempo de exposição, que de alguma forma afetam a saúde do trabalhador.

Agentes físicos são exemplificados por formas de energia as quais o indivíduo pode ficar exposto, como ruído, eletricidade, vibrações, pressões, temperaturas, radiações ionizantes dentre outras.

Agentes químicos são substâncias ou compostos que podem penetrar no organismo do indivíduo por vias aéreas, ingestão, contato ou absorção na forma de poeiras, fumos, gases, líquidos ou pequenas partículas.

Considerando agentes biológicos cita-se a exposição a fungos, bactérias, bacilos, vírus entre outros (ATLAS, 2017, p.146).

2.4.3 Norma Regulamentar 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

A NR-10 abrange as etapas geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica, bem como atividades de instalações, montagens, projetos e fabricação de equipamentos que utilizam a eletricidade convencional para seu funcionamento.

Na geração distribuída de energia elétrica com o uso de painéis fotovoltaicos, a norma regulamentadora NR – 10 é principal norma a ser respeitada, pois em todos as unidades geradoras, e em qualquer arranjo ou tecnologia utilizada, há a exposição das instalações e equipamentos à energia elétrica, independente de níveis de tensão, corrente ou frequências.

10.1.1 Esta Norma Regulamentadora – NR estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de 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 com eletricidade (ATLAS, 2017, p.158).

A energia elétrica expõe o trabalhador a uma forma de risco físico “[...] quando o corpo humano interliga dois pontos com potenciais diferentes, por ele circula uma corrente elétrica, o chamado choque elétrico. A circulação dessa corrente provoca aquecimento e contração dos músculos” (BARROS, 2017, p.160).

Em acidentes envolvendo choque elétrico a vítima pode sofrer queimaduras de primeiro, segundo ou terceiro grau, prendendo-se aos equipamentos energizados devido à contração muscular nas mãos, ou ser projetada a distância, causando lesões agravadas pelo fato dos painéis fotovoltaicos serem instalados em ambientes com alturas superiores a 2 metros.

2.4.4 Norma Regulamentar 17 – Ergonomia

Atividades de projeto, instalação e manutenção dos arranjos estudados são realizadas por trabalhadores de diversas idades, diferentes características psicofisiológicas e capacidades individuais diferenciadas, que devem ser consideradas no momento da contratação, alinhando as características individuais aos cargos exercidos.

A sobrecarga de peso, de rotinas ou de níveis de estresse podem desencadear doenças ocupacionais e o comprometimento da saúde do trabalhador.

17.1 Esta Norma Regulamentadora visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

17.2 As condições de trabalho incluem aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho e à própria organização do trabalho (ATLAS, 2017, p.372).

Projetistas de sistemas de energia elétrica devem exercer estas funções em locais com conforto térmico, luminoso e ambiente climatizado, pois necessitam de concentração ao realizar o trabalho, cujos detalhes são de extrema importância, exigindo solicitações intelectuais e de atenção constante. Em atividades prolongadas é necessário que o mobiliário como bancadas, mesas, cadeiras, equipamentos que compõem o posto de trabalho, bem como o posicionamento de monitores e teclados, estejam adequados às características físicas do

trabalhador. Estas sugestões deverão ser consideradas para a prevenção de lesões ou doenças ocupacionais futuras.

Nas atividades de instalações e manutenções, os cuidados que devem ser observados são no tocante da capacidade de carregamento de peso, transporte e acomodações de cargas e compatibilidade da capacidade de força individual às atividades executadas(ATLAS, 2017, p.372).

2.4.5 Norma Regulamentar 21 – Trabalho a Céu Aberto

Instalações e manutenções de sistemas distribuídos de energia elétrica que geram eletricidade a partir de painéis fotovoltaicos, os conjuntos de painéis solares naturalmente são instalados e acomodados em locais a céu aberto o que é fundamental para a captação adequada da energia proveniente do sol. São necessárias algumas medidas de controle como o uso de protetor solar, óculos de proteção contra luminosidade intensa, capuz ou balaclava e capacete, que corroboram a manutenção da saúde laboral.

E “[...]21.2 Serão exigidas medidas especiais que protejam os trabalhadores contra insolação excessiva, o calor, o frio a umidade e os ventos inconvenientes” (ATLAS, 2017, p.477).

2.4.6 Norma Regulamentar 35 – Segurança e Saúde no Trabalho em Altura

Como no item anterior, instalações e manutenções de sistemas distribuídos de energia elétrica que geram eletricidade a partir de painéis fotovoltaicos, e, em particular os painéis solares, na maioria dos casos são instalados em locais elevados ou nos telhados dos imóveis alimentados pela energia gerada. E “[...] 35.1.2 Considera-se trabalho em altura toda atividade executada acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior, onde haja risco de queda” (ATLAS, 2017, p.798).

O empregador deverá promover o treinamento e capacitação dos trabalhadores que realizarem trabalhos em altura. Bem como fornecer sistemas, equipamentos de proteção individual e equipamentos de proteção coletiva, e “[...] cabe ao empregador avaliar o estado de saúde dos trabalhadores que exercem atividades em altura, garantindo que os exames e sistemática de avaliação sejam partes integrantes do programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO” (ATLAS, 2017, p.799).

Trabalhos realizados em altura devem ser realizados sob uma supervisão, que será definida pela análise preliminar de riscos.

35.4.5.1 A Análise de Risco deve, além dos riscos inerentes ao trabalho em altura, considerar:

- a) o local em que os serviços serão executados e seu entorno;
- b) o isolamento e a sinalização no entorno da área de trabalho;
- c) o estabelecimento dos sistemas e pontos de ancoragem;
- d) as condições meteorológicas adversas (ATLAS, 2017, p.800).

2.5 LEGISLAÇÕES PROFISSIONAIS

No Brasil existem profissões regulamentadas e não regulamentadas. O Estado regulamenta uma profissão ao entender que o seu exercício indiscriminado pode colocar em risco a sociedade, que nitidamente são os casos das atividades de projeto, instalação e manutenção de sistemas de geração distribuída através de painéis fotovoltaicos, que devem ser realizados por profissionais legalmente habilitados como Engenheiros e Técnicos formados e com titulação dentro das modalidades de elétrica, eletrotécnica e afins (CONFEA, Lei Nº 5.194, 1966, p.1).

A Lei Federal Nº 5.194, de 24 dezembro 1966, regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências.

Art. 1º - As profissões de engenheiro, arquiteto e engenheiro-agrônomo são caracterizadas pelas realizações de interesse social e humano que importem na realização dos seguintes empreendimentos:

- a) aproveitamento e utilização de recursos naturais;
 - b) meios de locomoção e comunicações;
 - c) edificações, serviços e equipamentos urbanos, rurais e regionais, nos seus aspectos técnicos e artísticos;
 - d) instalações e meios de acesso a costas, cursos, e massas de água e extensões terrestres;
 - e) desenvolvimento industrial e agropecuário.
- (CONFEA, Lei Nº 5.194, 1966, p.1).

As atividades relacionadas à Engenharia, como projetos, instalações manutenções, de equipamentos são fiscalizadas pelos CREA/SC - Conselhos Regionais de Engenharia de Agronomia de Santa Catarina, jurisdicionados em nível de estados. Estas entidades são autarquias públicas federais de direito público, vinculadas ao CONFEA - Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, instância máxima de fiscalização dos profissionais ligadas Engenharia e Agronomia. Ao CONFEA cabe à promoção de resoluções específicas, que visam regulamentar, orientar e balizar as atividades e responsabilidades dos profissionais vinculados ao sistema CONFEA/CREA's (CONFEA, Lei Nº 5.194, 1966, p.2).

Em consonância com a Lei Nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977, que institui a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) em atividades de engenharia. A Emissão da ART é obrigatória por lei e deve ser emitida pelo profissional legalmente habilitado para as etapas de projeto, instalação e manutenção dos sistemas de geração em estudo.

Art 1º - Todo contrato, escrito ou verbal, para a execução de obras ou prestação de quaisquer serviços profissionais referentes à Engenharia, à Arquitetura e à Agronomia fica sujeito à "Anotação de Responsabilidade Técnica" (ART).

Art 2º - A ART define para os efeitos legais os responsáveis técnicos pelo empreendimento de engenharia, arquitetura e agronomia (CONFEA, Lei Nº 6.496, 1977, p.2).

A Lei Federal Nº 7.410, de 27 novembro 1985, dispõe sobre as especializações em Engenharia de Segurança do Trabalho para Engenheiros, Arquitetos e Técnicos, definindo suas a permissões, competências e condições para a habilitação aos portadores de certificados de conclusão de curso em nível de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho e cursos Técnicos em Segurança do Trabalho bem como do exercício das profissões. A referida lei foi regulamentada pelo decreto 92.530 de 9 de abril de 1986.

Art. 1º O exercício da especialização de Engenheiro de Segurança do Trabalho é permitido, exclusivamente:

I - ao Engenheiro ou Arquiteto, portador de certificado de conclusão de curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, em nível de pós-graduação;

II - ao portador de certificado de curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, realizado em caráter prioritário, pelo Ministério do Trabalho;

III - ao possuidor de registro de Engenheiro de Segurança do Trabalho, expedido pelo Ministério do Trabalho, dentro de 180 dias da extinção do curso referido no item anterior.

Art. 2º O exercício da profissão de Técnico de Segurança do Trabalho é permitido, exclusivamente:

I - ao portador de certificado de conclusão de curso de Técnico de Segurança do Trabalho, ministrado no País em estabelecimento de ensino de 2º grau;

II - ao portador de certificado de conclusão de curso de Supervisor de Segurança do Trabalho, realizado em caráter prioritário pelo Ministério do Trabalho;

III - ao possuidor de registro de Supervisor de Segurança do Trabalho, expedido pelo Ministério do Trabalho até 180 dias da extinção do curso referido no item anterior (CONFEA, Lei Nº 7.410, 1985, p.1).

As atividades dos Engenheiros de Segurança do Trabalho e suas atribuições são definidas pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, respeitando os currículos definidos pelo Ministério da Educação – MEC. O Exercício da profissão de Engenheiro de Segurança do Trabalho dependerá do devido registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA, no estado de atuação do profissional. Aos profissionais formados e diplomados em cursos técnicos em Segurança do Trabalho cabe o registro no Ministério do Trabalho e Emprego (CONFEA, Lei Nº 7.410, 1985, p.1).

Nas atividades de instalação e manutenção dos equipamentos para geração de energia utilizando painéis fotovoltaicos, além dos profissionais graduados em Engenharia na modalidade de elétrica e afim, os profissionais Técnicos de Nível de 2º da modalidade de elétrica e afim, estão habilitados a exercer as profissões, após o registro nos respectivos conselhos profissionais.

A Lei Nº 13.639, de 26 de março de 2018, cria o Conselho Federal dos Técnicos Industriais, que tem como objetivo, fornecer diretrizes, orientar, disciplinar e fiscalizar o exercício do profissional dos Técnicos e suas responsabilidades.

Art. 1º São criados o Conselho Federal dos Técnicos Industriais, o Conselho Federal dos Técnicos Agrícolas, os Conselhos Regionais dos Técnicos Industriais e os Conselhos Regionais dos Técnicos Agrícolas, autarquias com autonomia administrativa e financeira e com estrutura federativa.

Art. 2º Aplica-se o disposto na alínea “c” do inciso VI do caput do art. 150 da Constituição Federal ao Conselho Federal dos Técnicos Industriais, ao Conselho Federal dos Técnicos Agrícolas, aos Conselhos Regionais dos Técnicos Industriais e aos Conselhos Regionais dos Técnicos Agrícolas.

Art. 3º Os conselhos federais e regionais de que trata esta Lei têm como função orientar, disciplinar e fiscalizar o exercício profissional das respectivas categorias.

§ 1º Os conselhos regionais serão denominados Conselho Regional dos Técnicos Industriais e Conselho Regional dos Técnicos Agrícolas, com acréscimo da sigla da unidade federativa ou da região geográfica correspondente.

§ 2º Os conselhos federais e os conselhos regionais terão sua estrutura e seu funcionamento definidos em regimento interno próprio, aprovado pela maioria absoluta de seus conselheiros.

§ 3º A instituição das estruturas regionais ocorrerá com observância das possibilidades efetivas de seu custeio com recursos próprios, considerados ainda seus efeitos nos exercícios subsequentes (CONFEA, Lei Nº 13.639, 2018, p.1).

3 METODOLOGIA

A metodologia indutiva e dedutiva utilizada para o desenvolvimento deste artigo, parte da aplicação um modelo de Análise Preliminar de Risco em consonância com normas regulamentares consagradas, em atividades de projeto, instalação e manutenção de sistemas de geração distribuída de energia elétrica, em residências que utilizam painéis fotovoltaicos com capacidade de geração de até 2KW instalados no estado de Santa Catarina. (FIGUEIREDO, 2014, p.33).

É composto por um *checklist* no formato de quadro que pode ser utilizado como base em análises preliminares futuras, pois aos arranjos e equipamentos apresentados obedecem a uma arquitetura de instalação padrão, como observado no item 2.3. Ao identificar as particularidades de cada atividade, são apontadas as potenciais causas de acidentes, analisados os riscos que os trabalhadores estão expostos, as consequências do acidente e mitigados através da indicação de meios de extinção ou controle (ATLAS, 2017, p.773).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 PROJETO

Projeto pode ser definido como o escopo ou planejamento de algo que será executado no futuro, esforço temporário que será aplicado para desenvolver uma solução, produto ou serviço. No estudo realizado, trata-se do projeto do sistema de geração distribuída de energia elétrica utilizando painéis fotovoltaicos, a partir deste pode-se organizar as etapas que serão executadas de forma racional e lógica evitando retrabalhos, custos adicionais, previsão de esforços, do local e como serão aplicados os recursos (CONFEA, Lei Nº 5.194, 1966, p.1).

Determina-se o arranjo, quantificação, qualificação, dimensionamento dos equipamentos, forma de instalação, memorial descritivo e informações adicionais.

No quadro abaixo em formato de *checklist*, são avaliadas as situações de perigo, suas causas e efeitos, bem como as medidas recomendadas para mitigar os riscos na atividade laboral, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – APR da etapa de projeto

Responsável: Eng. Eletric. Wandrigo Santetti de Freitas			
Atividade: Projeto			
PERIGO	CAUSAS	EFEITO	MEDIDAS RECOMENDADAS
Quedas e escorregamento.	Trabalho altura, Piso escorregadio.	Lesões e fraturas.	Atendimento a NR 9 e NR 6.
Luminosidade.	Ambiente com iluminação ineficiente.	Lesão nos olhos; redução da acuidade visual.	Adequação do ambiente e normas de luminotécnica e atendimento a NR 9.
Calor.	Ambiente sem climatização.	Doenças respiratórias.	Atendimento a NR 17 e NR 9.
Ergonômico.	Postura inadequada.	Lesões por Esforços Repetitivos (LER); Doenças Oeteoarticulares Relacionadas ao Trabalho (DORT).	Adequação do mobiliário; NR 17; NR 9.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Ao avaliar os dados que compõe o Quadro 1, é apresentada uma Análise Preliminar de Riscos (APR) da atividade de projeto. Os riscos ambientais (NR-9) e riscos ergonômicos (NR-17), ficam em evidência, pois esta atividade é frequentemente desenvolvida em escritórios ou salas que são adequados seus *layouts* e mobiliários aos projetistas e, raramente são construídas especificamente para a acomodação de escritórios de engenharia (ATLAS, 2017, p.146).

4.2 INSTALAÇÕES DE EQUIPAMENTOS

Instalação dos equipamentos consiste na colocação, fixação e conexão dos equipamentos eletroeletrônicos, painéis fotovoltaicos, banco de baterias, medidores, conversores e cabeamentos, pré-definidos e listados na etapa do projeto. É de extrema importância o planejamento das instalações principalmente dos painéis e acomodações em alturas definidas pela NR-35. Antes de içá-los, devem-se efetuar verificações como capacidade de carga (peso) na estrutura, pontos de fixação das placas, verificação de elementos frágeis (telhas de fibrocimento ou cerâmica), acesso ao telhado, uso dos equipamentos EPI's, EPC's conectados aos grampos de ancoragens e condições climáticas.

Normas técnicas relacionadas a instalações elétricas supracitadas no item 2.4 devem ser rigorosamente seguidas, que contribuirão para manutenção e vida útil satisfatórias de todos os equipamentos, bem como da garantia oferecida pelo fabricante dos equipamentos eletroeletrônicos que compõe o conjunto gerador.

4.3 MANUTENÇÕES DE EQUIPAMENTOS

A periodicidade de manutenção dos equipamentos dependerá de fatores como condições climáticas da região, qualidade, procedência e instalação adequada dos equipamentos, mão de obra qualificada na instalação, ações de controle de pragas e roedores e da poda da vegetação próxima aos painéis fotovoltaicos. A utilização de ferramentas adequadas, atenção na instalação, aterramento eficiente, isolamento de pontos energizados, instalação das baterias em locais livres de umidade e ventilados (sem exposição ao sol), são fatores determinantes para a longevidade e eficiência do conjunto gerador.

A manutenção é a recuperação ou substituição de partes ou componentes que venham a apresentar problemas que afetem de maneira negativa a eficiência do arranjo constituído para desempenhar uma função pré-determinada na fase de projeto.

Nos quadros 2, 3, 4, 5, 6 e 7, são apresentadas as Análises Preliminares de Riscos, que são as mesmas para as etapas de instalação e manutenção dos equipamentos utilizados.

Quadro 2 – APR de instalação e manutenção de painéis fotovoltaicos

Responsável: Eng. Eletric. Wandrigo Santetti de Freitas			
Atividade: Instalação e Manutenção de Painéis Fotovoltaicos			
PERIGO	CAUSAS	EFEITO	MEDIDAS RECOMENDADAS
Quedas e escorregamento.	Trabalho altura e piso escorregadio.	Lesões e fraturas.	Atendimento a NR 6, NR 9 e NR 35.

Exposição intempéries e ao sol.	Radiação Solar.	Queimaduras, propensão a doenças de pele e ao câncer.	Atendimento a NR 6, NR 9 e NR 21.
Choque elétrico.	Eletricidade.	Fibrilação ventricular, com parada cardiorrespiratória, queimaduras e perda de consciência.	Atendimento a NR 6, NR9 e NR 10.
Ergonômico.	Carregamento excessivo de peso.	Lesões na coluna.	Atendimento a NR6, NR 9, e NR 35.
Queda.	Trabalho altura.	Lesões corporais.	Atendimento a NR, 6, NR9 e NR 35.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

A instalação e manutenção de painéis fotovoltaicos apresentados na Análise Preliminar de Riscos do Quadro 2 são realizadas em locais com alturas consideráveis, que oferecem riscos adicionais aos profissionais que executam tais atividades, além da queda, há possibilidade de traumas graves. O cumprimento rigoroso da NR-35 (Segurança e Saúde no Trabalho em Altura) bem como a utilização de linhas de vida e grampos de ancoragens que obedeçam as normas, reduzem os riscos em potencial nesta atividade (NBR 16325, 2014, p.1).

Quadro 3 – APR de instalação e manutenção do controlador de carga

Responsável: Eng. Eletric. Wandrigo Santetti de Freitas			
Atividade: Instalação e Manutenção do Controlador de Carga			
PERIGO	CAUSAS	EFEITO	MEDIDAS RECOMENDADAS
Choque elétrico.	Eletricidade.	Fibrilação ventricular, com parada cardiorrespiratória, queimaduras, perda de consciência.	Atendimento a NR 6, NR9 e NR 10.
Ergonômico.	Carregamento excessivo de peso.	Lesões na coluna.	Atendimento a NR6, NR 9.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

As instalações e manutenções de controladores de carga devem obedecer as recomendações dos fabricantes, visando a longevidade e eficiência do sistema de carga do banco de baterias, no Quadro 3 a segurança em equipamentos e instalações elétricas NR-10 e a utilização de EPI's recomendadas na NR-6 devem ser constantemente observadas pelo profissional. Esta etapa é realizada em campo ou seja na residência (ATLAS, 2017, p.158).

Quadro 4 – APR da instalação manutenção das baterias (Banco de baterias)

Responsável: Eng. Eletric. Wandrigo Santetti de Freitas			
Atividade: Instalação e Manutenção de Baterias (Banco de Baterias)			
PERIGO	CAUSAS	EFEITO	MEDIDAS RECOMENDADAS
Choque elétrico.	Eletricidade.	Fibrilação ventricular, com parada cardiorrespiratória, queimaduras e perda de consciência.	Atendimento a NR 6, NR9 e NR 10.
Ergonômico.	Carregamento	Lesões na coluna.	Atendimento a NR6, NR 9, e NR

	excessivo de peso.		35.
Contaminação.	Contato com ácido, explosão e vapores.	Queimaduras.	Atendimento a NR6, NR 9 e NR 15 (Atividades e Operações Insalubres).

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Conforme o Quadro 4, nas atividades de instalação e manutenção dos bancos de baterias, cujos conjuntos são relativamente pesados e numerosos, observa-se riscos ergonômicos e devem-se considerar as características psicofisiológicas do trabalhador descritas na NR-6 (ATLAS, 2017, p.125).

Normalmente compostos por baterias livres de manutenção liberam gases que em contato com a pele podem levar a queimaduras, que são evitadas com o uso de EPI's adequados a atividade, em condições de uso e com certificado de qualidade válidos

Quadro 5– APR de instalação e manutenção do inversor CC/CA

Responsável: Eng. Eletric. Wandrigo Santetti de Freitas			
Atividade: Instalação e Manutenção do Inversor CC/CA			
PERIGO	CAUSAS	EFEITO	MEDIDAS RECOMENDADAS
Choque elétrico.	Eletricidade.	Fibrilação ventricular, com parada cardiorrespiratória, queimaduras e perda de consciência.	Atendimento a NR 6, NR9 e NR 10.
Ergonômico.	Carregamento excessivo de peso.	Lesões na coluna.	Atendimento a NR6 e NR 9

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

As instalações e manutenções de inversores que são equipamentos eletroeletrônicos devem obedecer às recomendações dos fabricantes e atendendo-se as normas de aterramento (ABNT, 2017). No Quadro 6, além das medidas recomendadas, a norma NR-10 recomenda as condições mínimas de segurança para trabalhadores que interajam com instalações elétricas (ATLAS, 2017, p.158).

Quadro 6 – APR de instalação e manutenção do quadro de distribuição

Responsável: Eng. Eletric. Wandrigo Santetti de Freitas			
Atividade: Instalação e Manutenção do Quadro de Distribuição			
PERIGO	CAUSAS	EFEITO	MEDIDAS RECOMENDADAS
Choque elétrico.	Eletricidade.	Fibrilação ventricular, com parada cardiorrespiratória, queimaduras e perda de consciência.	Atendimento a NR 6, NR9 e NR 10.
Ergonômico.	Carregamento excessivo de peso.	Lesões na coluna.	Atendimento a NR6 e NR 9.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Nas instalações e manutenções dos quadros de distribuição, que também são constituídos por equipamentos eletroeletrônicos e eletromecânicos, devem-se obedecer às recomendações dos fabricantes bem como o atendimento das normas de aterramento (ABNT, 2017).

No Quadro 7, além das medidas recomendadas, a norma NR-10 recomenda as condições mínimas de segurança para trabalhadores que interajam com instalações elétricas (ATLAS, 2017, p.158).

Quadro 7 – APR de instalação manutenção do medidor de energia elétrica

Responsável: Eng. Eletric. Wandrigo Santetti de Freitas			
Atividade: Instalação e Manutenção do Medidor de Energia Elétrica			
PERIGO	CAUSAS	EFEITO	MEDIDAS RECOMENDADAS
Choque elétrico.	Eletricidade.	Fibrilação ventricular, com parada cardiorrespiratória, queimaduras e perda de consciência.	Atendimento a NR 6, NR9 e NR 10.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Nas instalações e manutenções dos medidores de energia elétrica, que são equipamentos eletroeletrônicos e eletromecânicos, devem-se obedecer às recomendações dos fabricantes, homologados pelas concessionárias de energia elétrica e atendimento das normas de aterramento (ABNT, 2017). No Quadro 7, além das medidas recomendadas, a norma NR-10 recomenda as condições mínimas de segurança para trabalhadores que interajam com instalações elétricas (ATLAS, 2017, p.158).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Análise Preliminar de Risco – APR, utilizada em projetos, instalações e manutenções de sistemas de geração de energia elétrica com a utilização de painéis fotovoltaicos, indica nas medidas recomendadas a atenção em especial às Normas Regulamentares NR-6, NR-9, NR-10 e NR-35, que tratam respectivamente de Equipamentos de Proteção Individual, Programas de Prevenção de Riscos Ambientais, Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade e Trabalho em Altura. Visto que os maiores riscos nas atividades estão relacionados ao trabalho com equipamentos energizados, ou de alguma forma expostos a ação da eletricidade, unido ao fator agravante que é a instalação de equipamentos em locais de altura elevada. O uso de equipamentos de proteção individual com Certificado de Aprovação (CA) válidos e obrigatório, bem como a análise dos riscos antes da realização de

qualquer uma das atividades reduz drasticamente a incidência de acidentes que venham a comprometer a saúde do trabalhador. No estudo não houve a necessidade de fazer análises distintas para as etapas de instalação e manutenção, pois os riscos para ambas são os mesmos.

Incito a estudos futuros das normas técnicas de aterramento e isolamento, que visem elevar os níveis de segurança e saúde dos trabalhadores. Equipamentos bem como tecnologias inovadoras dispostas em arranjos diversos são tendências no vasto campo de geração de energia elétrica a partir da fonte abundante de energia que é o sol.

6 REFERÊNCIAS

- ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, São Paulo, 2018.
Disponível em:< www.abnt.org.br/normalizacao/o-que-e/o-que-e>. Acesso em: 18 mai.2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa Nº482, de 17 de abril de 2012**, Brasília, Distrito Federal, 2012.
Disponível em:< www2.aneel.gov.br/cedo/ren2012482.pdf>. Acesso em: 18 mai.2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa Nº687, de 24 de novembro de 2015**, Brasília, Distrito Federal, 2015.
Disponível em:< www2.aneel.gov.br/cedo/ren2015687.pdf>. Acesso em: 18 mai.2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações Elétricas em Baixa Tensão**, Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419: Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas**, Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16325: Dispositivos de Ancoragem Tipo A, B e D**, Rio de Janeiro, 2014.
- ATLAS. **Manuais de Legislação Atlas: Segurança e Medicina do Trabalho**. 78ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2017.
- BARROS, Benjamin Ferreira. *et al.* **NR 10 Guia Prático de Análise e Aplicação**. 4ª Ed. São Paulo: Érica, 2017.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA. **Legislações**, Brasília, 2018.
Disponível em:< <http://normativos.confed.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=25>>.
Acesso em: 24 mai.2018.
- FIGUEIREDO, Anelice Maria. *et al.* **Pesquisa Científica e Trabalhos Acadêmicos**. 2ª Ed. Chapecó:Uceff, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. **Geração Distribuída de Energia Elétrica**, Rio de Janeiro, 2018.

Disponível em: < http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp?Cat=gd>. Acesso em: 13 mai.2018.

LOPEZ, Ricardo Aldabó. **Energia Solar para Produção de Eletricidade**. São Paulo: Artliber Editora, 2012.

LINDER, Larissa. Avanço Sustentável. **NSC Diário Catarinense**, Florianópolis, 24 e 25 de mar. 2018, p. 6 e 7.

PORTAL SOLAR. **Como funciona o sistema fotovoltaico com back-up de baterias**, São Paulo, 2018.

Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico-com-back-up-de-baterias.html>>. Acesso em: 15 mai.2018.

REPÚBLICA, Presidência da. **Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos**, Brasília, 2018. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6496.htm >. Acesso em: 24 mai.2018.

REPÚBLICA, Presidência da. **DECRETO Nº 92.530, DE 9 DE ABRIL DE 1986**, Brasília, 2018. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/1985-1987/D92530.htm >. Acesso em: 24 mai.2018.

REPÚBLICA, Presidência da, **LEI Nº 5.194, DE 24 DE DEZEMBRO DE 1966**, Brasília, 2018. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L5194.htm>. Acesso em: 25 mai.2018.

REPÚBLICA, Presidência da, **LEI Nº 6.496, DE 07 DE DEZEMBRO DE 1977**, Brasília, 2018. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6496.htm>. Acesso em: 11 jul.2018.

REPÚBLICA, Presidência da, **LEI Nº 7.410, DE 77 DE NOVEMBRO DE 1985**, Brasília, 2018. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7410.htm>. Acesso em: 11 jul.2018.

REPÚBLICA, Presidência da, **LEI Nº 13.639, DE 26 DE MARÇO DE 2018**, Brasília, 2018. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Lei/L13639.htm>. Acesso em: 11 jul.2018.