

MITIGAÇÃO DOS RISCOS DE CHOQUE ELÉTRICO AOS BOMBEIROS MILITARES NO COMBATE A INCÊNDIO EM ESTRUTURAS COM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

*Magno Wudarski de Souza¹
Gustavo Santos Brito de Moraes²*

RESUMO: O presente trabalho busca analisar os riscos de choque elétrico a que os bombeiros militares estão expostos ao atuarem no combate a incêndios em edificações equipadas com sistemas fotovoltaicos. Com o crescimento da utilização dessa tecnologia no Brasil e a regulamentação da geração distribuída de energia solar, observa-se um aumento significativo de estruturas que apresentam essa nova variável de risco nas ocorrências. O estudo adotou uma metodologia descritiva com abordagem qualitativa, utilizando o método indutivo para analisar os riscos de choque elétrico a que os bombeiros militares estão sujeitos ao combater incêndios em estruturas com sistemas fotovoltaicos. Verificado que, embora existam normativas para a segurança na instalação dos sistemas, há uma lacuna quanto aos procedimentos específicos a serem seguidos pelos bombeiros durante o combate a incêndios nesse tipo de estrutura, especialmente em residências unifamiliares, onde as normas técnicas aplicáveis são apenas recomendatórias. Em conclusão, a presente pesquisa buscou reforçar a necessidade de atualização dos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), treinamentos contínuos e a aquisição de equipamentos para que os militares possam atuar de maneira segura e eficiente, mitigando os riscos inerentes a esse cenário.

Palavras-chave: Módulos Fotovoltaicos. Incêndio em sistemas solares. Técnicas de extinção de incêndios.

ABSTRACT: This study aims to analyze the risk of electric shock that military firefighters face when combating fires in buildings equipped with photovoltaic systems. With the increasing adoption of this technology in Brazil and the regulation of distributed solar energy generation, there has been a significant rise in structures incorporating this new risk variable in fire incidents. The research follows a descriptive methodology with a qualitative approach, using the inductive method to assess the exposure of military firefighters to electric shock risks while responding to fires in structures with photovoltaic systems. Findings indicate that, although safety regulations exist for system installation, there is a gap regarding specific procedures for firefighters during fire suppression in such structures, particularly in single-family residences, where applicable technical standards are merely recommendations. In conclusion, this study highlights the need to update Standard Operating Procedures (SOPs), implement continuous training, and acquire specialized equipment to ensure firefighters can operate safely and effectively, mitigating the inherent risks of this scenario.

Keywords: Photovoltaic Panels. Solar System Fires. Fire Suppression Techniques.

1 INTRODUÇÃO

A busca por construções mais eficientes, pela sustentabilidade ambiental somada ao aumento populacional e à melhoria de qualidade de vida, esses fatores culminam na procura de fontes de energias renováveis na atual conjuntura das sociedades. Tendo o crescimento populacional, industrialização, e a conseqüente melhoria da qualidade de vida, impactam uma

¹ Aspirante a Oficial do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Rondônia (CBMRO), formado no 1º Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso (CBMMT). Bacharel em Direito pela Faculdades Associadas de Ariquemes (FAAr). Pós-graduado em Direito Militar pela Faculdade Prominas. Contato: magno_wudarski@hotmail.com.

² Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Cuiabá. Pós-Graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela EduCare MT. Pós-Graduado em Docência na Educação Profissional e Tecnológica pela Faculdade SENAI CETIQT. Mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade de Cuiabá. Contato:gustavosbmoraes@gmail.com.

maior necessidade de energia elétrica, e isso se reflete em novos métodos de produção energética, sendo elas de fontes não renováveis ou renováveis.

É de conhecimento que a energia obtida através dos raios solares vem ganhando espaço no Brasil, principalmente pelas condições geográficas do país serem altamente favoráveis a este tipo de fonte de geração de energia limpa, que inclusive, é tema sobre transição energética, ponto destacado perante a Conferência das Partes sobre Mudanças Climáticas da Organização das Nações Unidas (COP 29).

Sabendo então, que a atribuição do combate a incêndio é atributo legal destinado às corporações de bombeiros militares dos Estados, conforme preconizado na Constituição Federal do Brasil, Constituição Estadual do Estado de Mato Grosso e Lei Orgânica das Polícias e Corpos de Bombeiros Militares do Brasil, depara-se com uma nova problemática, consistindo nas melhorias em regulamentações existentes e criação de procedimentos operacionais para lidar com o novo risco.

Os riscos sob os quais as guarnições de serviço estão expostas ao combaterem incêndios estruturais, o que, particularmente, já demandam habilidades e preocupações distintas que mudam conforme os cenários, e somando a isso, vislumbramos um risco potencial que são os sistemas fotovoltaicos, elevando os riscos de choque elétrico e acrescentando uma nova variável às ocorrências de combate a incêndio.

Logo, o objetivo trazido por este trabalho, foi apresentar a forma como podemos trabalhar os riscos de choque elétrico no combate aos incêndios, salvaguardando patrimônio e mantendo os militares protegidos, mitigando ou eliminando o risco potencial do choque elétrico, para que se possa manter um combate técnico, seguro e eficiente.

O estudo elaborado adotou uma metodologia descritiva com abordagem qualitativa, utilizando o método indutivo para analisar os riscos de choque elétrico a que os bombeiros militares estão expostos ao combater incêndios em estruturas com sistemas fotovoltaicos. Foram realizadas três etapas metodológicas: revisão bibliográfica, análise de dados sobre incêndios atendidos pelos Batalhões da região metropolitana do Estado e interpretação das estratégias de segurança adotadas em conformidade com os Procedimentos Operacionais Padrão existentes.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa em artigos científicos, normas técnicas e legislações, seguida de análise da quantidade de ocorrências para identificar dificuldades enfrentadas e procedimentos aplicados. Após a coleta, os dados foram organizados para mapear vulnerabilidades, demonstrar o aumento exponencial dos referidos sistemas e propor medidas

de mitigação dos riscos envolvidos, contribuindo para a segurança operacional dos bombeiros militares nessas situações.

2 CENÁRIO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL

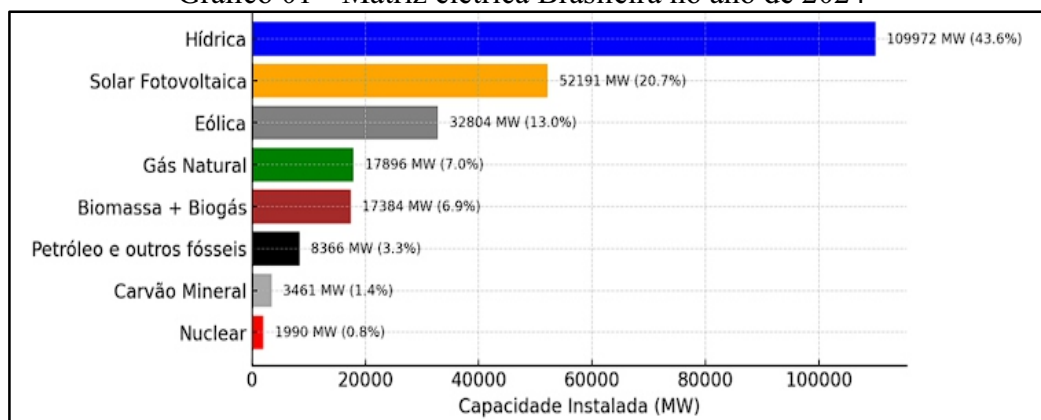
No ano de 2012 inicia-se de fato o mercado de energia solar no Brasil, partindo da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em sua Resolução Normativa 482 de 2012, trazendo em seu escopo a possibilidade de geração própria de energia solar por meio de fontes renováveis. Atualmente o setor é regulamentado pela resolução Normativa da ANEEL 1.059, de 7 de fevereiro de 2023, que diz:

Art. 1º Esta Resolução aprimora as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como as regras do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, altera as Resoluções Normativas nº 920, de 23 de fevereiro de 2021, 956, de 7 de dezembro de 2021, 1.000, de 7 de dezembro de 2021, e dá outras providências (Brasil, 2023, p. 01).

A respectiva resolução é de suma importância por tornar viável a instalação de energia solar, um dos pontos positivos é a possibilidade de redução na tarifa em até 90% e a criação de crédito solar, através do excedente da energia solar produzida, SOLAR (2024).

O gráfico abaixo demonstra que atualmente a matriz elétrica brasileira composta por segmentos de energia renovável e não renovável elenca a solar fotovoltaica como a segunda fonte geral de produção, equivalente a 21,4% do total produzido no país, o que demonstra o exponencial crescimento e a necessidade de estudos voltados aos riscos, produção, proteção, certificação e manuseio dos equipamentos utilizados.

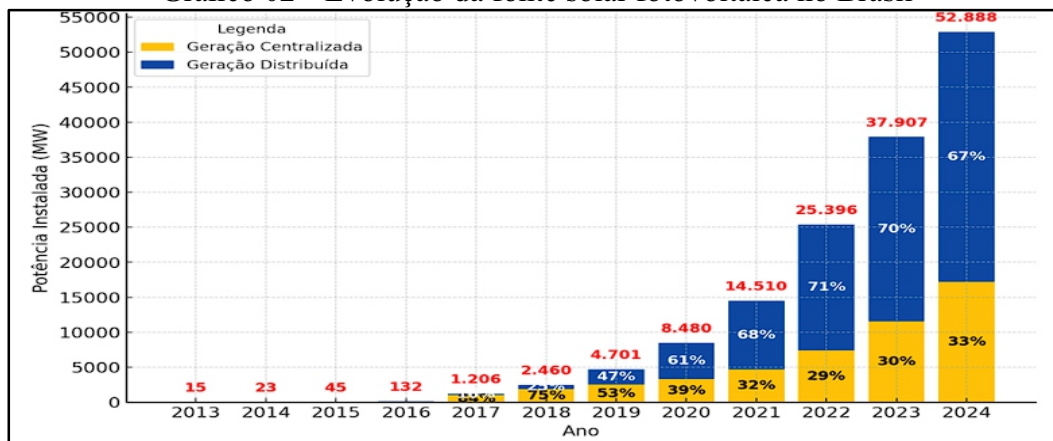
Gráfico 01 - Matriz elétrica Brasileira no ano de 2024



Fonte: Elaborado pelo autor de dados extraídos da ANEEL/ABSOLAR (2025).

No próximo gráfico temos a evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil, cabe mencionar que as informações iniciam no ano de 2013, um ano após a Resolução Normativa 482, a qual por ser considerada o marco inicial da política de energia solar no País, permitiu o acesso de consumidores a microgeração e minigeração de energia e conseqüentemente a distribuição para o sistema elétrico.

Gráfico 02 - Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor de dados extraídos da ANEEL/ABSOLAR (2025).

Um sistema de captação de energia solar envolve nas principais configurações os seguintes itens: Módulos Fotovoltaicos, o item é constituído por células fotovoltaicas que captam a energia solar e as transformam em corrente contínua, os cabos elétricos que realizam o transporte da corrente contínua gerada pelos módulos até o ponto de conversão, já o inversor solar é responsável por converter a corrente contínua em alternada, que é comumente compatível na utilização dos aparelhos.

Existem ainda as estruturas de suporte que são responsáveis por manterem os arranjos fixados nos locais delimitados, seja no topo de residências e comércios, ou locais destinados para a finalidade, por fim o sistema de monitoramento é utilizado para acompanhar a performance de geração do sistema, detectando possíveis problemas que necessitam de manutenção.

Em síntese, os módulos solares captam a luz do sol e a transformam em corrente contínua, onde posteriormente ao serem submetidas ao inversor realizam a mudança de corrente contínua para alternada, e caso ocorra um excesso na produção de eletricidade, a sobra a depender do modelo do sistema, poderá ser injetada na rede externa que posteriormente será utilizada como crédito pelo cliente gerador, ou seja, a rede utiliza-se dessa sobra de energia produzida e gera um crédito ao cliente que em momento posterior poderá utilizar esse saldo,

especialmente no período noturno, onde o sistema não produz eletricidade, ou produz minimamente.

Nas principais utilizações de captação de energia solar adentramos as modalidades de geração centralizada (GC) e geração distribuída (GD). Sendo esta, corriqueiramente utilizada em residências e comércios por ser conceituada como a produção de energia no próprio local em que se dará o consumo, permitindo então que os consumidores produzam sua própria energia, ou seja, essa modalidade está associada a múltiplos pontos de geração de energia solar de pequeno porte e que se comunicam com a rede elétrica, onde é injetada a produção. ANEEL (2023).

Por outro lado, a Geração Centralizada são grandes produções, que alimentam a rede elétrica e são comercializadas a consumidores finais.

Importante mencionar que existem, mesmo que em escala reduzida, os sistemas Off Grid (isolado), que funcionam sem conexão com a rede elétrica, são sistemas mais voltados a consumidores que residem em locais remotos não atendidos pelo sistema elétrico, tendo como principal diferencial o armazenamento da produção de energia elétrica gerada, assim dizendo, mantém os riscos dos sistemas interligados e adiciona mais uma componente, as baterias.

Desta forma, devido as facilidades atuais para aquisição dos sistemas, cria-se mecanismos que fomentam e despertam o interesse dos brasileiros em geral, partindo do ponto que podem se aproveitar de estruturas já concebidas, por exemplo, telhados de residências ou comércios, bem como espaços ociosos nos terrenos, dando início em uma revolução de produção de energia limpa, que é um dos principais temas que vem sendo trabalhado na COP 30 (Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2025), tecnologias de energia renovável.

2.1 ATRIBUIÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO AO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE MATO GROSSO (CBMMT)

A Constituição Federal de 1988 lista o Corpo de Bombeiros Militar, como uma das forças responsáveis pela preservação da ordem pública e incolumidade das pessoas e patrimônio, sendo força integrante do sistema de segurança pública do Estado, nesta seara de proteção da qual o Corpo de Bombeiros está inserido, o texto constitucional reverbera que sua atuação está instituída por lei:

Art. 144. A segurança pública, dever do Estado, direito e responsabilidade de todos, é exercida para a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do **patrimônio**, através dos seguintes órgãos:

[...] V - polícias militares e **corpos de bombeiros militares**.

[...] § 5º Aos corpos de bombeiros militares, além das **atribuições definidas em lei**, incumbe a execução de atividades de defesa civil (Brasil, 1988, p. 81, grifo nosso).

A nível estadual, a Constituição do Estado de Mato Grosso de 1989, especifica dentre várias atribuições inerentes ao CBMMT, a realização dos serviços para prevenir e extinguir incêndios:

Art. 82 Ao Corpo de Bombeiros Militar, instituição permanente e regular, força auxiliar e reserva do Exército, organizada com base na hierarquia e na disciplina, e dirigida pelo Comandante Geral, compete:

I - realizar serviços de prevenção e **extinção de incêndio** (Mato Grosso, 1989, p. 20, grifo nosso).

Importante mencionar e corroborar com o texto da nova Lei Orgânica Nacional das Polícias Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares dos Estados, do Distrito Federal e dos Territórios, tal especificidade:

Art. 6º **Compete aos corpos de bombeiros militares dos Estados**, do Distrito Federal e dos Territórios, nos termos de suas atribuições constitucionais e legais:

[...] II - executar, prioritariamente, ressalvada as competências da União e dos Municípios, as ações de busca, salvamento e resgate e, **privativamente**, as ações de prevenção, **combate** e perícia administrativa de **incêndios** e de polícia judiciária militar (Lei nº 14.751, 2023, p. 05, grifo nosso).

Como visto, seja no âmbito federal ou estadual, diversas são as normativas que atribuem ao Corpo de Bombeiros Militar do Estado atuações específicas. Desta forma, ao explanarmos sobre combate a incêndio, cargo chefe da instituição, vislumbra-se notório que existem diversas atribuições atreladas ao CBMMT, todavia, o combate a incêndios é atividade privativa da corporação, em qualquer de suas modalidades, como no caso de estruturas equipadas com sistemas fotovoltaicos, sendo mais uma das especificidades possíveis de serem encontradas em residências ou comércios atingidos por incêndio.

2.2 RISCOS POTENCIAIS AO MILITAR POR CHOQUE ELÉTRICO

Os efeitos nocivos ao corpo humano podem variar de acordo com o tempo de duração do contato, o caminho que é percorrido no corpo humano pela corrente elétrica, bem como a sua intensidade.

Segundo MARGIRIUS (2024), os efeitos podem variar de desconfortos até a morte, citando como as consequências mais comuns, contrações musculares que ocorrem devido a

estimulação dos nervos e músculos, queimaduras ocasionadas devido ao calor advindo da passagem de corrente elétrica (efeito Joule), e em casos mais graves evoluir a parada cardíaca se afetar o ritmo de funcionamento do coração, sendo esta uma das mais graves consequências possíveis, e ainda danos aos órgãos internos que podem evoluir para hemorragia do órgão afetado.

Existem ainda complicações secundárias, que são danos psicológicos, infecções e comprometimento de funções da memória a depender da idade, saúde e resistência corporal da pessoa atingida.

Na problemática trazida no trabalho, temos que os militares estão expostos tanto a corrente alternada (CA) quanto a corrente contínua (CC), cada uma com suas peculiaridades.

RUNDE (2024), exemplifica em seu manual para profissionais de saúde que se tratando de contato com corrente alternada a uma frequência de 60 Hertz (Hz), com sua passagem pelo tórax, já pode ocasionar fibrilação ventricular, mesmo que em baixa intensidade, entre 60 a 100 miliamperes (mA), já para corrente contínua o valor necessário seria de 300 a 500 mA.

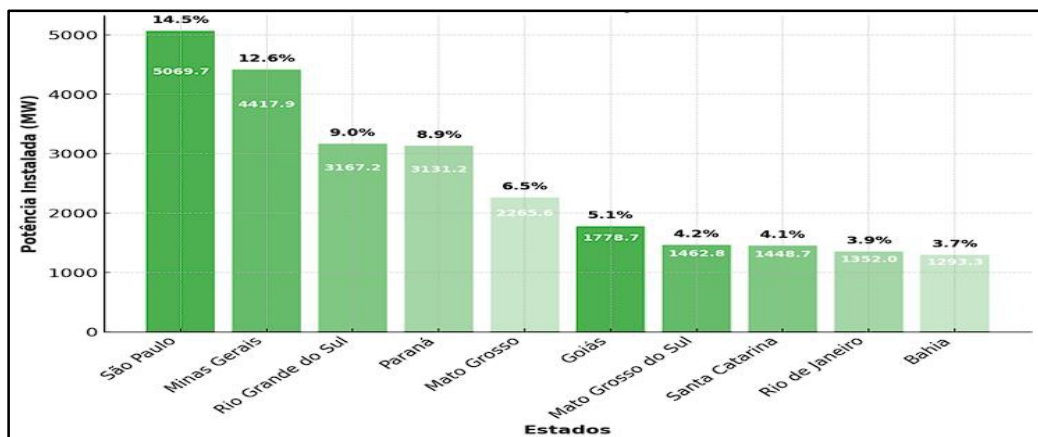
Sendo assim, fica evidente o risco cotidiano atribuído aos militares, sendo necessário cuidados adicionais para que se possa evitar o contato com descargas elétricas, seja de qualquer intensidade ou duração.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em relação ao Estado de Mato Grosso, figuramos na quinta colocação em potência instalada de produção de energia solar, produzindo um montante de 2.265,6 Megawatts no ano de 2024, o que coloca o Estado em local de destaque nacional, e, que devido a condições climáticas inerentes a região, vislumbra-se cada vez mais o aumento da produção e distribuição dessa energia.

O gráfico abaixo demonstra esse potencial de geração no Estado de Mato Grosso.

Gráfico 03 - Potencial instalado por Estado

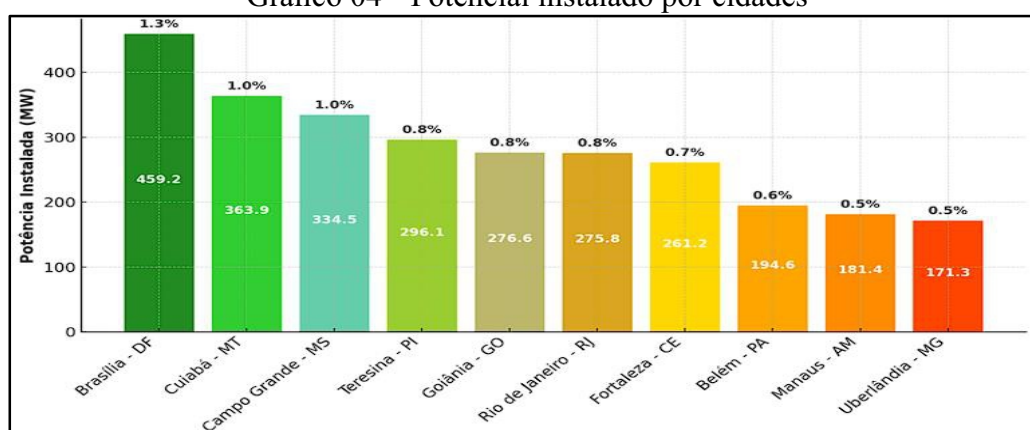


Fonte: Elaborado pelo autor de dados extraídos da ANEEL/ABSOLAR (2025)

Contextualizado o potencial crescimento da geração solar no nível estadual, importante mencionar que a capital do estado, cidade de Cuiabá, está, segundo a ANEEL e Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), na segunda posição entre as cidades que mais possuem potencial energético mediante produção por painéis fotovoltaicos, destacando a importância dessa informação para estudos e aplicação de mecanismos na corporação para tratar o assunto.

Salienta evidenciar que Cuiabá ao figurar nesta posição, implica dizer conforme o gráfico, que a geração consoante a população local está muito acima das médias nacionais de outros municípios, sendo então necessário a criação de um procedimento padrão para atuar em ocorrências de incêndio desse segmento.

Gráfico 04 - Potencial instalado por cidades



Fonte: Elaborado pelo autor de dados extraídos da ANEEL/ABSOLAR (2025)

2.3.1 Como eliminar ou mitigar os riscos de choque elétrico no atendimento a ocorrências que contenham sistemas de painéis fotovoltaicos

Essa problemática deve ser vista sobre três principais pontos: produção e qualidade dos materiais, regulamentações por parte do Corpo de Bombeiros Militar do Estado e a atuação dos militares no local da ocorrência.

O principal passo dado para discutir essa nova problemática teve início em 2022 que, conforme a revista Brasil Energia (2023), o país através do Conselho Nacional de Corpos de Bombeiros Militares do Brasil (LIGABOM) e do Comitê Nacional de Combate a Incêndio (CONACI) emitiu uma carta alertando sobre o risco que os Bombeiros Militares estavam expostos. Essa carta então traz órgãos e entidades governamentais federais para se debruçar sobre a nova problemática.

Sendo assim a ANEEL e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) já no ano seguinte, trouxeram mudanças normativas sobre a regulamentação dos produtos comercializados e a obrigatoriedade de novos itens de segurança nas futuras instalações de sistemas fotovoltaicos.

A ABNT através das Normas Brasileiras (NBRs) 5410 que versa sobre instalações elétricas de baixa tensão e 16690 sobre requisitos para projetos de instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos, já norteavam a segurança das instalações, porém, a partir de 2023 a ANEEL publicou a portaria 515, impondo a obrigatoriedade de novos dispositivos de segurança de extrema importância para a segurança das operações, e que recentemente no ano de 2025 veio a compor a NBR 17193, quais sejam, os dispositivos de AFCI (sistema de interrupção para falha de arco elétrico) e a FDR (função de desligamento rápido), que demonstra a evolução do setor em relação a segurança e a obrigatoriedade de regulação por parte do Estado.

Superando explanação sobre a evolução das normativas e portarias federais, adentramos a esfera Estadual e suas obrigações. O Estado de Mato Grosso foi um dos entes pioneiros na implantação de norma estadual quanto a segurança em arranjos fotovoltaicos já no ano de 2023, e em 2024 revisou a Norma Técnica (NTCB) nº 49/2024 que regulamenta o setor:

Estabelecer as medidas de segurança contra incêndio e pânico nas edificações ou locais de risco que contam com arranjos fotovoltaicos, atendendo ao previsto na Legislação de Segurança Contra Incêndio e Pânico do Estado de Mato Grosso (Mato Grosso, 2024, p. 02).

A referida norma traz os conceitos sobre os dispositivos de segurança de desligamento rápido e equipamento de proteção de arco elétrico:

4.6 Desligamento rápido: Requisito de segurança elétrica (sigla em inglês RSD – rapid shutdown) definido para sistemas de painéis solares pelo Código Elétrico Nacional Americano (NEC 2017 - National Electrical Code), incorporado pela Associação Nacional de Proteção contra Incêndios Americana (NFPA - National Fire Protection

Association). Fornece maneira de desenergizar rapidamente sistema de painel solar em telhado, reduzindo a tensão da ligação em série de painéis fotovoltaicos para níveis seguros (desenergização elétrica ou emprego de tensão de segurança).

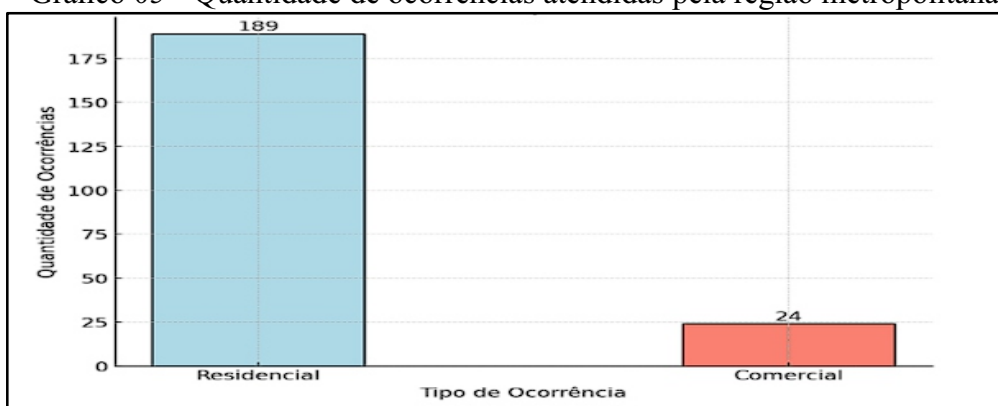
4.8 Equipamento de proteção de falha de arco elétrico - AFPE: Combinação das funcionalidades de detecção (em inglês: Arc Fault Detection Device - AFDD) e interrupção (em inglês Arc Fault Circuit Interrupter AFCI) de falhas de arco elétrico, representado pela sigla AFPE (Arc Fault Protection Equipment), que consiste em dispositivo que interrompe o fluxo de corrente em caso de detecção de arco elétrico (Mato Grosso, 2024, p. 02).

Estabelecendo ainda a NTCB 49 (2025), que a desenergização é a garantia de efetiva ausência de tensão no circuito, para que possa ocorrer a intervenção por parte da equipe de trabalho.

No entanto, nos deparamos com uma nova dificuldade, o número de ocorrências de incêndio tem se mostrado significativamente maior em residências unifamiliares, e para ser possível levantar essa informação, ocorreu o processamento de dados das chamadas de ocorrências de incêndio estrutural da região metropolitana que chegaram no Centro Integrado de Operações de Segurança Pública (CIOSP) com a classificação EDIFICAÇÃO/INSTALAÇÃO, que equivalem a 753 lançamentos, todavia não existe a distinção entre ocorrências residenciais e comerciais, e desses lançamentos existem as recorrências de uma mesmo chamado.

Sendo assim, foi necessário processar os dados por palavras-chave, limitando a 213 ocorrências do segmento no ano de 2024 atendidas pelos batalhões da região metropolitana. Onde o produto desse levantamento concluiu que no referido ano e tendo como base os atendimentos da localidade mencionada, cerca de 88% das ocorrências de incêndio estrutural ocorreram em locais denominados como residencial.

Gráfico 05 - Quantidade de ocorrências atendidas pela região metropolitana



Fonte: Elaborado pelo autor de dados extraídos do CIOSP (2025)

Não existe atualmente estatística específica no CBMMT ou do CIOSP sobre o número de ocorrências de incêndios em sistemas fotovoltaicos, todavia ao utilizarmos o gráfico acima,

é possível interpretar que a possibilidade de ocorrer incêndios em sistemas fotovoltaicos em residências unifamiliares são maiores do que em edificações comerciais, justamente locais onde a atual NTCB 49 é de aplicação recomendada e não obrigatória:

2.1 Esta Norma aplica-se às edificações e áreas de risco onde haja a instalação de sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica.

2.2 Esta Norma é **recomendatória** aos arranjos fotovoltaicos instalados **em edificações exclusivamente unifamiliares** (Mato Grosso, 2024, p. 02, grifo nosso).

Diante disso e levando em consideração a existência de milhares de arranjos já instalados e em funcionamento, devemos padronizar o que fazer ao se deparar com ocorrências nesse segmento. Então, adentramos ao terceiro ponto abordado nesta discussão, que é a atuação da guarnição de serviço.

O CBMMT possui Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) sobre incêndio em edificação residencial unifamiliar (POP 2.2); incêndio em edificação residencial multifamiliar até 03 pavimentos (POP 2.3); acima de 03 pavimentos (POP 2.4); em estabelecimento comercial (POP 2.5); indústria (POP 2.6) e todos trazem na sequência de procedimentos o controle de fontes de energia da edificação, vale ressaltar que as escritas dos procedimentos é do ano de 2019, sendo que o controle de energia pode ser entendido como a interrupção do fornecimento da rede elétrica que adentra a residência ou estabelecimento comercial.

Contudo, com o passar dos anos e o exponencial aumento das instalações de energia solar, se faz necessário a atualização dos POPs para que se possa sequenciar atos a serem realizados pelos militares em campo, agora em relação a energia elétrica que vem no sentido oposto, ou seja, a energia que está sendo gerada na residência ou comércio e a sua injeção na rede externa.

2.3.2 Procedimentos operacionais a serem adotados

Existem normativas federais que atribuem às instalações requisitos mínimos de segurança, assim como normas técnicas por parte da Instituição Bombeiro Militar para a segurança das edificações, todavia, o fato das Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros não serem de aplicabilidade obrigatória em residências unifamiliares, fica a cargo do comandante no local do incêndio prezar pela segurança dos militares, que atualmente segue um POP que não engloba os riscos de choque elétrico em combate a estruturas que contemplam arranjos fotovoltaicos.

Sendo assim, este trabalho propõe uma atualização e conseqüente adição de itens a serem adotados. No que diz respeito à seqüência de procedimentos, seria de grande importância a inclusão:

Quadro 1 - Sequência de procedimentos e advertências

1. Durante o reconhecimento do local, levantar informações junto ao proprietário ou população sobre a existência de SFV (sistema fotovoltaico);
 2. Verificar nas proximidades do aferidor de energia, placa indicativa que a residência possui produção de energia solar;
 3. Verificar se o medidor instalado é bidirecional;
 4. Realizar inspeção visual sobre a cobertura do imóvel para avistamento de possíveis painéis fotovoltaicos.
- Em relação às advertências:
1. Proceder o desligamento do sistema através do (disjuntor de desligamento do sistema);
 2. Priorizar combate defensivo, caso não seja necessário resgate de pessoas;
 3. Ao combater diretamente o sistema, optar por jato neblinado com mangueiras de 1 ½ ou 2 ½ mantendo 3 metros de distância de segurança, podendo ser utilizado o jato compacto com mangueiras de 1 ½ com 6 metros de distância de segurança ou 10 metros de distância de segurança se mangueiras de 2 ½. (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2017);
 4. Proceder cautelosamente no combate, haja vista, a própria água utilizada ser fator de risco tanto na aplicação do jato quando no escoamento de volta ao militar;
 5. Observação: Caso verifique que se trata de SFV Off Grid, priorizar os procedimentos dos itens 1 e 4 e as advertências 2, 3 e 4.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Importante mencionar sobre o treinamento constante das equipes, o CBMMT executa atividades operacionais técnicas, e sendo assim, se faz necessário, devido às mudanças tecnológicas constantes como é o caso em estudo, nivelar o conhecimento dos militares para que possam reconhecer os riscos que estão expostos e conseqüentemente saber como agir em cenários diferentes, somando isto a aquisição de materiais a exemplo de bastão detector e luvas para alta tensão por parte da corporação, adiciona-se camadas extras de segurança nas operações.

Dessa forma, a adição dos itens nos POPs somada às recentes normativas sobre materiais e instalações de sistemas fotovoltaicos, e o já mencionado nivelamento de conhecimento por parte do efetivo, contribuirão para a segurança dos militares na atuação das ocorrências.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da utilização de sistemas fotovoltaicos no Brasil trouxe um novo desafio para as corporações de Bombeiros Militares, incluindo o Estado de Mato Grosso, exigindo adaptações nos procedimentos operacionais de combate a incêndio.

A análise realizada evidenciou que os riscos de choque elétrico nesses cenários são significativos e podem comprometer a segurança dos militares, especialmente diante da possibilidade de corrente elétrica residual nos módulos solares mesmo após o desligamento da rede externa, e ainda nos sistemas off grid (sistema isolado ou sistema autônomo) que são específicos a locais que produzem e armazenam a geração de energia elétrica em baterias no próprio local, não existindo conexão com rede externa.

Devido às normativas serem apenas recomendatórias em residenciais unifamiliares, amplia-se essa vulnerabilidade, tornando essencial a revisão dos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) para que contemplem medidas específicas para a mitigação do risco.

Diante dessa realidade, alguns entes federativos, já vêm se antecipando e criando Instruções Técnicas voltadas para a segurança em instalações fotovoltaicas. Destaca-se o Estado de Mato Grosso, que foi um dos pioneiros na regulamentação desse tema. Criada no ano de 2023 e posteriormente revisada em 2024 a Norma Técnica nº 49, que estabelece diretrizes de segurança contra incêndio em arranjos fotovoltaicos.

Apesar desses avanços, ainda existe um caminho a ser percorrido para que tais normativas contemplem todos os pormenores dos desafios enfrentados pelos bombeiros no combate a incêndios envolvendo esses sistemas.

Sendo assim, o estudo apontou que se faz necessário treinamentos constantes, aquisição de equipamentos de proteção para lidar com o risco e maior difusão de conhecimento sobre as particularidades das instalações fotovoltaicas entre os bombeiros.

Concluindo assim, que a padronização e atualização dos procedimentos operacionais padrão, aliada ao aprimoramento das normativas estaduais e nacionais, é essencial para garantir uma atuação mais segura e eficiente, minimizando os riscos de choque elétrico e protegendo tanto os militares na atuação das ocorrências como os ocupantes das edificações.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo.** Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico>. Acesso em: 11 mai. 2025.

ANEEL. **Minigeração e microgeração distribuídas de energia elétrica no Brasil.**

Disponível em:

<https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/item.html?id=6ba00e57a3df46bb9eb03be7136b0ada>.

Acesso em: 6 mar. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: **Instalações elétricas de baixa tensão.** Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 16690: Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto.** Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 17193: Segurança contra incêndio em instalações fotovoltaicas – Requisitos e especificações de projetos – Uso em edificações.** Rio de Janeiro, 2025.

BRASIL. **Constituição Federal (1988).** Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acessado em: 06 mai. 2025.

_____. **Lei nº 14.745, de 12 de dezembro de 2023.** Institui a Lei Orgânica Nacional das Polícias Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares dos Estados, do Distrito Federal e dos Territórios. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/114751.htm. Acessado em: 06 mai. 2025.

_____. **Portaria nº 515,** de 10 de novembro de 2023. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?jornal=515&pagina=26&data=16/11/2023&captchafield=firstAccess#:~:text=PORTARIA%20N%C2%BA%20515%2C%20DE%2010,EI%C3%A9trica%20em%20Sistemas%20Fotovoltaicos%20%2D%20Consolidado>. Acessado em: 06 mai. 2025.

_____. **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.059, DE 7 DE FEVEREIRO DE 2023.** Aprimora as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica [...]. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.html>. Acessado em: 06 mai. 2025.

CALDEIRA. **Normas de segurança e o crescimento da energia solar no Brasil: Um olhar sobre regulamentações e impactos.** Disponível em: <https://brasilenergia.com.br/energia/normas-de-seguranca-e-o-crescimento-da-energia-solar-no-brasil-um-olhar-profundo-sobre-regulamentacoes-e-impactos>. Acesso em: 13 mai. 2025.

GOIÁS. **Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Manual operacional de bombeiros: combate a incêndio urbano.** Goiás, 2017. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/MOB-Combate-a-Inc%C3%AAndio-Urbano-CBMGO.pdf>. Acessado em: 06 mai. 2025.

MARGIRIUS. **Os efeitos do choque elétrico no corpo humano.** Disponível em: <https://www.margirius.com.br/blog/os-efeitos-do-choque-eletrico-no-corpo-humano/>. Acesso em: 6 mar. 2025.

MATO GROSSO. **Constituição Estadual (1989).** Constituição do Estado de Mato Grosso. Disponível em: <https://storage.al.mt.gov.br/api/v1/download/default/746344>. Acessado em: 06 mai. 2025.

_____. **Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso. NTCB 49: Segurança Contra Incêndio e Pânico em Arranjos Fotovoltaicos.** Disponível em: <https://www.bombeiros.mt.gov.br/documents/d/bombeiros/ntcb-49-2024-corrigida-formatada-1-pdf>. Acessado em: 06 mai. 2025.

RUNDE. **Lesões por choque elétrico.** Disponível em:
<https://www.msmanuals.com/pt/profissional/les%C3%B5es-intoxica%C3%A7%C3%A3o/les%C3%B5es-por-choque-el%C3%A9trico-e-raios/les%C3%B5es-por-choque-el%C3%A9trico>. Acesso em: 6 mar. 2025.

SOLAR. **Dados do mercado de energia solar no Brasil.** Disponível em:
<https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>. Acesso em: 5 fev. 2025.