

INCÊNDIOS EM TRANSFORMADORES REFRIGERADOS A ÓLEO DE SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS: IMPORTÂNCIA DA DISPONIBILIDADE DE LÍQUIDO GERADOR DE ESPUMA - LGE

*Luiz Fabio da Silva¹
Bruno Grou Vilas Boas²*

RESUMO: Esse artigo tem por objetivo analisar os riscos de incêndio em subestações elétricas, com enfoque nos transformadores refrigerados a óleo mineral por representarem o maior volume de combustível com risco de incêndio dessas instalações. Ao se constatar o componente mais sensível para eventos de incêndio, buscou-se averiguar os agentes extintores mais adequados aos referidos incêndios, como água pulverizada, pó químico seco e CO₂, no entanto, se sobressai, pela sua maior eficiência, o Líquido Gerador de Espuma – LGE. Com base nessas duas constatações iniciais, o trabalho salienta a necessidade de haver disponibilidade de LGE pelo órgão de segurança pública incumbido da prevenção e combate a incêndios, demonstrando-se, com base em estudo de caso, a importância desse produto na extinção de incêndios envolvendo hidrocarbonetos. A pesquisa, de natureza mista (quantitativa e qualitativa), baseou-se em revisão bibliográfica, análise normativa, aplicação de questionário a militares e estudo de caso de ocorrência real na Subestação Barro Duro, em Cuiabá-MT. O artigo sugere ainda a necessidade de adequação no registro estatístico de ocorrências com vistas a subsidiar futuras análises e planejamento operacional.

Palavras-chave: Subestação elétrica. Transformador. ó leo mineral. Incêndio. Líquido Gerador de Espuma - LGE.

ABSTRACT: This article aims to analyze fire risks in electrical substations, with a focus on transformers cooled with mineral oil, as they represent the largest volume of combustible material posing a fire hazard in such facilities. Upon identifying the component most susceptible to fire events, the study sought to determine the most suitable extinguishing agents for these types of fires, such as water spray, dry chemical powder, and CO₂. However, due to its greater efficiency, Aqueous Film-Forming Foam (AFFF) stands out. Based on these initial findings, the study highlights the need for AFFF to be readily available to the public safety agency responsible for fire prevention and suppression, demonstrating—through a case study—the importance of this product in extinguishing hydrocarbon-based fires. The research, which

¹ Aspirante a Oficial do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso (CBMMT), formado no 1º Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Mato Grosso (CBMMT). Bacharel em Direito pela Faculdade de Direito de Alta Floresta – FADAF. Pós-Graduado em Direito Constitucional, Direito Processual Penal e Direito Processual Civil pela Universidade Anhanguera/LFG. E-mail: luizsilva@cbm.mt.gov.br

² Major do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso. Engenheiro de Segurança Contra Incêndio e Pânico pela Academia de Bombeiros Militar Aristarco Pessoa – Corpo de Bombeiros Militar da Paraíba - Curso de Formação de Oficiais. Especialista em Prevenção de Incêndios pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Pós-Graduado em Engenharia de Segurança Contra Incêndio e Pânico pela Universidade Cândido Mendes. Especialista em Gestão de Segurança Contra Incêndio e Emergências - Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais, pelo Corpo de Bombeiros Militar da Bahia. E-mail: vilasboas@cbm.mt.gov.br

is of a mixed nature (quantitative and qualitative), was based on a literature review, regulatory analysis, a questionnaire administered to military personnel, and a case study of a real incident at the Barro Duro Substation in Cuiabá-MT. The article also suggests the need to improve the statistical recording of incidents to support future analyses and operational planning.

Keywords: Electrical substation. Transformer. Mineral oil> Fire. Foam Generating Liquid – FGL.

1 INTRODUÇÃO

As ocorrências de incêndio, de modo geral, possuem caráter devastador, resultando em prejuízos materiais, impactos ambientais e riscos à integridade física das pessoas. Por essas razões são eventos indesejáveis, cuja prevenção é constantemente buscada.

No seu rol de atribuições, o Corpo de Bombeiros Militar tem por incumbência realizar perícias de incêndio na área de sua competência, planejar, coordenar, dirigir e executar, com exclusividade, os serviços de prevenção e extinção de incêndios, bem como editar atos normativos, vistoriar, aprovar e fiscalizar as medidas de prevenção e combate a incêndio e pânico e a desastres em estabelecimentos, edificações, locais de risco e eventos de reunião de público.

Numa gama de instalações suscetíveis de incêndio encontram-se as subestações elétricas, caracterizadas por um conjunto de equipamentos usados para controlar as características e/ou a distribuição da potência elétrica, podendo apresentar várias possibilidades de projeto.

Nesse espectro, se abordará inicialmente esses importantes entrepostos da infraestrutura de distribuição de energia elétrica, conceituando-os, trazendo suas características e algumas classificações, explanando, também, acerca dos componentes principais dessas instalações, com ênfase nos transformadores.

Quanto aos métodos de pesquisa utilizados na produção do artigo, sobressai-se o método bibliográfico, feito pela coleta de dados em fontes de consultas diversas como Normas Brasileiras de Regulamentação, Fichas de Informação sobre Produtos Químicos, Manuais de Corpos de Bombeiros e legislação, dentre outros. Em soma, o método de pesquisa quantitativo também foi utilizado por meio da aplicação de questionário a militares que atuaram em ocorrência de incêndio em subestação elétrica e na busca de dados sobre estas ocorrências num determinado período, apresentando-se números e gráficos relacionados.

No decorrer do trabalho pretende-se analisar qual a área de uma subestação elétrica é mais suscetível a ocorrências de incêndio, qual agente extintor é o mais eficiente no combate a

incêndios e levantar informações pertinentes da atuação do Corpo de Bombeiros Militar perante essas ocorrências, com o fito de se poder trazer alguma sugestão com base no resultado da análise.

A fim de se traçar uma delimitação espacial e temporal para exame no presente artigo, propõe-se pesquisar o quantitativo de ocorrências de incêndio em subestações elétricas atendidas pelo Corpo de Bombeiros de Mato Grosso nos últimos 05 (cinco) anos (2020-2024), nos municípios de Cuiabá e Várzea Grande, cidades essas com a maior população do Estado.

Para melhor subsidiar o trabalho acerca de incêndios em transformadores refrigerados a óleo de subestações elétricas, traz-se como estudo de caso ocorrência atendida pelo Corpo de Bombeiros na Subestação Barro Duro, na data de 11/06/2022, levantando-se as medidas de segurança contra incêndio da instalação e analisando-se a eficácia dos agentes extintores utilizados por meio de entrevista a militares que atuaram na ocorrência.

Por conclusão do trabalho e como objetivo principal, tenciona-se demonstrar o resultado da pesquisa sobre qual a área ou componente de uma subestação apresenta maior risco de incêndio, qual o agente extintor mais adequado e a importância da disponibilidade desse agente extintor para se propiciar uma intervenção mais segura e eficaz.

2 SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS E TRANSFORMADORES

As subestações elétricas são primordiais na infraestrutura de distribuição de energia elétrica, com a principal função de transformar a tensão elétrica advinda das linhas de transmissão para níveis adequados para a distribuição local. Também auxiliam no controle do fluxo de energia, possibilitando que seja entregue de maneira mais eficiente e segura ao consumidor final.

De acordo com Valente (2000, p. 48), “as subestações de distribuição desempenham um papel capital ao conectar-se ao sistema de transmissão e realizar a redução da tensão de transmissão para um nível médio, que geralmente varia de 2 kV a 35 kV, usando transformadores”.

A fim de facilitar o entendimento acerca desses entepostos de distribuição de energia elétrica, denominados “subestações elétricas”, convém trazer no presente artigo algumas classificações dessas infraestruturas. As referidas classificações podem ser quanto à função no sistema de energia, quanto ao nível de tensão, ao tipo de instalação e à forma de operação.

Quanto à função no sistema de energia, há as subestações transformadoras que convertem a tensão de suprimento para um nível diferente, maior ou menor, sendo, respectivamente, uma subestação transformadora elevadora ou subestação transformadora abaixadora. Monteiro (2023, p. 12) explana que:

Geralmente, uma subestação transformadora próxima aos centros de geração é uma SE elevadora. Subestações no final de um sistema de transmissão, próximas aos centros de carga, ou de suprimento a uma indústria é uma SE transformadora abaixadora.

Ainda quanto à função, tem-se a Subestação Seccionaladora, de Manobra ou de Chaveamento, que de acordo com Monteiro (2023, p. 12):

É aquela que interliga circuitos de suprimento sob o mesmo nível de tensão, possibilitando a sua multiplicação. É também adotada para possibilitar o seccionamento de circuitos, permitindo sua energização em trechos sucessivos de menor comprimento.

As subestações, quanto ao nível de tensão, conforme disponibilizado no portal da Furnas Centrais Elétricas, classificam-se do seguinte modo:

Quadro 1 – Classificação das subestações quanto à tensão

Baixa Tensão	níveis de tensão inferiores a 1 kV
Média Tensão	níveis de tensão compreendidos entre 1 e 34,5 kV
Alta Tensão	níveis de tensão compreendidos entre 34,5 e 230 kV
Extra Alta Tensão	níveis de tensão superiores a 230 kV

Fonte: Furnas Centrais Elétricas, subsidiária da Eletrobrás.

No que concerne ao tipo de instalação, há as subestações a céu aberto, cuja infraestrutura está exposta às condições ambientais livres e as subestações interiores ou abrigadas, em que os equipamentos são colocados em construções específicas para os mesmos, que podem ser cubículos metálicos, subestações de gás, edificação ou câmara subterrânea.

Atualmente, toda infraestrutura que envolva uma configuração de equipamentos diversos tende à automação e nisto enquadram-se as subestações, que podem funcionar com uso de operadores, cada vez mais incomum, apesar de algumas etapas ainda ficarem por conta de operação humana, contudo, as instalações de natureza semiautomáticas e automáticas estão se tornando a regra.

A configuração de uma subestação elétrica tem por base a existência de uma série de equipamentos, acessórios e itens diversos que a permitem funcionar adequadamente conforme a sua finalidade, levando-se em conta critérios técnicos como tensão nominal e potência nominal.

Valente (2023, p. 60), explica que há uma variedade de equipamentos essenciais que são alocados tanto no pátio de manobras quanto na sala de comandos:

No pátio de manobras, podemos encontrar uma gama diversificada de equipamentos, incluindo barramentos, disjuntores, isoladores, chaves seccionadoras, transformadores de força, transformadores de potencial (TPs), transformadores de corrente (TCs), para-raios, entre outros.

[...]

Já os equipamentos alocados na sala de comando geralmente consistem em cubículos blindados de médias e baixas tensões, conhecidos como "*metal clad switchgear*"; painéis de medição, sala de baterias, geradores de reserva, entre outros.

No que concerne especificamente aos transformadores, são equipamentos essenciais nas subestações, responsáveis pela alteração da relação entre a tensão e a corrente de entrada e saída. Sabendo-se que as subestações representam uma complexa instalação elétrica com funções de transformação, regulação de tensão, proteção e controle, os transformadores elétricos atuam na transformação da tensão e corrente elétrica, ajustando-as a níveis necessários para prosseguir na distribuição e utilização pelo usuário final.

Nas subestações há transformadores com finalidades diferentes, sendo os transformadores de potência, transformadores de corrente e os transformadores de força. Conforme definição acerca de cada tipo de transformador na plataforma “energês”, traz-se abaixo um quadro descritivo dos referidos equipamentos:

Quadro 2 – Classificação de transformadores

Tipo de transformador	Descrição
Transformador de potência	Também conhecido somente como transformador, é responsável pela adequação da tensão de operação entre os trechos primário e secundário da instalação em que se encontra. Por esse motivo, é o equipamento principal da SE. Em geral, as subestações possuem dois tipos de transformadores, trafos a óleo ou a seco.
Transformador de corrente - TC	São equipamentos responsáveis pela adequação da corrente elétrica para o circuito de medição de energia e proteção elétrica, os relés da SE.
Transformador de potencial - TP	De maneira análoga aos TCs, os transformadores de potencial são responsáveis por adequar a tensão nominal do circuito a tensão de operação de relés e equipamentos de medição.

Fonte: Quadro elaborado com base em informações sobre subestações na plataforma Energês.

Como visto na tabela acima, no que concerne à maneira de refrigeração dos transformadores, existem os traços a óleo ou a seco, considerando que o resfriamento desses equipamentos é fundamental na sua durabilidade e tal fator está intrinsecamente relacionado ao surgimento de incêndios, tema que será tratado no próximo tópico.

2.1 ANÁLISE DE NORMAS TÉCNICAS SOBRE FLUIDOS DE TRANSFORMADORES DE SUBESTAÇÕES

A NBR 13231 que estabelece os requisitos mínimos exigíveis para proteção contra incêndio em subestações elétricas, de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia, menciona que um dos principais riscos de incêndio numa subestação elétrica está relacionado ao óleo mineral, pois este é utilizado, predominantemente, como líquido isolante em transformadores e outros equipamentos elétricos (2015, p. 7).

Como líquido isolante alternativo ao óleo mineral, por reduzir os riscos de incêndio, há os fluidos dielétricos, com ponto de combustão mínimo de 300º C, pelo método de ensaio “vaso aberto *Cleveland*”, como prevê a NBR 11341 (2008, p.2).

Importante mencionar que o óleo mineral isolante possui ponto de fulgor de 145º C e ponto de combustão de 160º C. Para fins de comparação, traz-se o quadro abaixo, que consta na NBR 13231 (2015, p. 8), apresentando exemplos de fluidos dielétricos de alto ponto de combustão (classe K) e seus respectivos valores de ponto de fulgor, combustão e nível máximo de contaminação com óleo mineral:

Quadro 3 - Fluidos dielétricos de alto ponto de combustão (classe K)

Fluido dielétrico	Ponto de fulgor	Ponto de combustão	Nível máximo de contaminação de óleo mineral para assegurar ponto de combustão >300 °C
Óleo vegetal isolante (éster natural)	343º C	360º C	< 7 %
Éster sintético	275º C	322º C	< 7 %
Hidrocarbonetos de alto peso molecular	285º C	308º C	< 3 %
Silicone	300º C	330º C	Produto não é totalmente miscível com óleo mineral

Fonte: NBR 13231.

Ademais, no que concerne ao risco de incêndio em transformadores, a norma (NBR 13231, 2015, p. 21) que disciplina a proteção contra incêndio em subestações elétricas assevera que:

Os riscos de incêndio associados com transformadores são dependentes de sua potência e tensão nominal, tipo e volume do líquido isolante, e também da proximidade, exposição e tipo de equipamentos e estruturas adjacentes.

Os transformadores são classificados em função do líquido isolante em contato com o enrolamento e o método de refrigeração utilizado. Para os transformadores imersos em líquido isolante, a classificação do líquido isolante é definida conforme seu ponto de combustão (ver 4.1.2), enquanto que a classificação dos transformadores do tipo seco é definida segundo seu comportamento quando expostos ao fogo, conforme estabelecido na ABNT NBR 5356-2.

Em síntese, sob a perspectiva econômica, a adoção do óleo vegetal isolante (OVI) em transformadores de potência tem se consolidado como uma alternativa tecnicamente viável e economicamente vantajosa, sobretudo em razão da crescente preocupação das concessionárias de energia com a maximização da eficiência operacional e a manutenção da continuidade no fornecimento elétrico.

2.2 AGENTES EXTINTORES: LÍQUIDO GERADOR DE ESPUMA - LGE E SUA APLICAÇÃO

Como já apurado no subitem anterior que a maior criticidade de incêndio numa subestação elétrica está relacionada ao óleo mineral isolante dos transformadores, nesse contexto há que se mencionar a essencialidade do agente extintor mais recomendado para a classe de incêndio objeto do presente estudo, ou seja, o Líquido Gerador de Espuma – LGE que, conforme a NBR 15511³ (2008, p. 2), trata-se de “líquido que, quando diluído em água e aerado, gera espuma para a prevenção e extinção de incêndios em combustíveis líquidos”.

A fim de extrair a maior eficiência do LGE no combate ao incêndio, importante que esse agente extintor seja da classe e tipo corretos em relação ao líquido em combustão, pois há LGEs específicos para cada categoria de líquido inflamável. Assim, o LGE pode ser classificado em HC: para a extinção de incêndios em hidrocarbonetos; AV: utilização em aeroportos, para extinção de incêndios em hidrocarbonetos; AR: para a extinção de incêndios em solventes polares (NBR 15511, 2008, p. 3).

Apesar disso, a NBR 15511 (2008, p. 3) apresenta na sua primeira tabela que há LGEs tidos como polivalentes, ou seja, aqueles que atendem os requisitos de mais de uma classe consoante se pode conferir abaixo:

³ ABNT NBR 15511: norma que estabelece os requisitos mínimos exigíveis para líquido gerador de espuma (LGE) utilizado no combate a incêndio em combustíveis líquidos, em instalações como aeroportos, navios, refinarias, indústrias de petróleo, petroquímicas, químicas e outras onde haja o manuseio, estocagem ou produção de combustíveis líquidos em suas atividades.

Quadro 4 – Tabela 1 da NBR 15511

Tipo	Classe de LGE			O LGE pode ser fornecido em diversas dosagens para uso. As mais usuais são 1%, 3% e 6%.
	HC	AV	AR	

1	x			Para LGE polivalente, a dosagem de uso para hidrocarbonetos pode ser diferente da dosagem de uso para solventes polares. NOTA 1 Os tipos 5, 6 e 7 são conhecidos como polivalentes. NOTA 2 A disponibilidade de determinados tipos depende da demanda de mercado.
2		x		
3	x	x		
4			x	
5	x		x	
6		x	x	
7	x	x	x	

Fonte: NBR 15511.

Sabendo que existe LGEs específicos para cada categoria de combustíveis líquidos, é essencial que possamos enquadrar em qual classe de LGE se encontra o óleo mineral utilizado como isolante elétrico em transformadores.

Assim, para melhor ilustrar, analisemos a “FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos” do produto denominado “Lubrax AV 66 IN”, da empresa Petrobras Distribuidora S.A., utilizado como óleo isolante inibido para uso em transformadores de todas as classes de tensão. O referido produto, conforme o fabricante, “engloba misturas de petróleo compostas, principalmente, por hidrocarbonetos saturados com cadeia carbônica entre 15 e 50 átomos de carbono e, ponto de ebulação entre 371-538°C” (FISPQ, 2015, p. 2). Possui uma concentração de 70 a 80% de Naftênico hidrotratado leve e de 20 a 30% de óleo branco mineral.

Precisamente em relação ao agente extintor a ser empregado em caso de incêndio, a FISPQ mencionada aponta como meios de extinção apropriados o “dióxido de carbono (CO₂), espuma para hidrocarbonetos, neblina d’água e pó químico, e não recomendados jatos de água de forma direta” (FISPQ, 2015, p. 3). Ainda prescreve que “contêineres e tanques envolvidos no incêndio devem ser resfriados com neblina d’água”.

De igual modo, a “FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos” do produto denominado “Lubrax AV 70 IN”, da empresa Vibra Energia S.A., que tem uso recomendado como óleo mineral isolante elétrico, define que os meios de extinção adequados são “água pulverizada, pó químico seco, espuma para uso em hidrocarbonetos e dióxido de carbono (CO₂), e é meio de extinção inadequado a aplicação de jato forte de água (FISPQ, 2023, p. 3).

Diane das informações colacionadas no presente capítulo, é possível concluir que a classe de LGE mais apropriada para combate e extinção de incêndios em transformadores refrigerados a óleo mineral é a “classe HC”, podendo ser dos tipos 1, 3, 5 e 7, de acordo Tabela 1 da NBR 15511 (2008, p. 3).

Nos casos de transformadores que utilizam como óleo isolante fluidos dielétricos de alto ponto de combustão (classe K), apesar de tais fluidos apresentarem maior resistência a

incêndios, impõe-se mencionar o agente extintor recomendado para esta classe, pois diferem do óleo mineral isolante por serem de origem vegetal, enquadrando-se, portanto, na classe K.

Para exemplificar, tomamos conhecimento de um fluído vegetal isolante disponível no mercado, da Cocamar Cooperativa Agroindustrial, sediada no estado do Paraná, que produz o BioFluid, cujo Boletim Técnico do produto o descreve da seguinte maneira:

O BIOFLUID é um óleo vegetal isolante à base de éster natural, contendo ligação éster, tipicamente triglicerídeos. É produzido através de plantas oleaginosas, onde é extraído o óleo e processado para garantir um grau de refino elevado, e a partir deste óleo inicia a produção do óleo vegetal isolante.

[...]

Sua formulação é composta por uma base derivada de sementes/grãos e aditivos, sendo classificado pela NBR 13.231 como resistente ao fogo e de alto ponto de combustão, líquido isolante classe K segundo a NBR 5356, não tóxico e facilmente biodegradável (Boletim Técnico nº 001, 2018, p. 01).

O agente extintor mais apropriado para a classe K de combustíveis é uma solução à base de potássio, geralmente composta por acetato de potássio e citrato de potássio. Conforme matéria no portal do Corpo de Bombeiros Militar do Ceará, acerca de quando utilizar o extintor classe K, afirma-se que “quando pulverizado sobre o fogo de óleo quente, reage com os óleos e gorduras, formando uma espuma que ajuda a suprimir as chamas. A reação química ajuda a resfriar o óleo, reduzindo a temperatura e interrompendo a reação em cadeia do incêndio” (CBMCE, 2023, [s.p.]).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.3.1 Panorama das subestações em Cuiabá e Várzea Grande

O município de Cuiabá, capital do Estado, juntamente com a cidade de Várzea Grande, são os dois maiores municípios de Mato Grosso, em que o primeiro possui uma população de 650.877 habitantes, e o segundo tem uma população de 300.078 habitantes, perfazendo quase um milhão de pessoas nas duas cidades (950.955 habitantes), conforme censo 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Esse contingente populacional representa 25,99% da população de Mato Grosso, que é de 3.658.649 habitantes e, por óbvio, o impacto de demanda energética nesses dois municípios é bastante significativo por deterem a maior população e expressiva atividade econômica, tendo o maior PIB do Estado a cidade de Cuiabá e ocupando a 3^a posição o município de Várzea Grande, conforme levantamento do IBGE referente ao ano de 2021.

Conforme o Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2024, ano base 2023, da Empresa de Pesquisa Energética – EPE⁴, pode-se constatar que a demanda energética é crescente,

comparando-se um panorama do Estado de Mato Grosso em relação aos anos de 2014 e 2023, no quadro abaixo:

Quadro 5 - Consumidores por classe, região e UF - dezembro de cada ano

Tipo de Classe	2014	2023	Percentual de aumento ou redução
Comercial	94255	103924	10,25%
Consumo próprio	293	312	6,48%
Iluminação pública	792	874	10,35%
Industrial	22635	16893	-25,36%
Poder Público	11709	13280	13,41%
Residencial	976619	1326625	35,83%
Rural	162165	175991	8,52%
Serviço público	1204	1613	33,97%

Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2024, ano base 2023, da Empresa de Pesquisa Energética – EPE.

Em levantamento feito no SINMAPS, que é um aplicativo que disponibiliza informações relevantes do Sistema Nacional Interligado de energia elétrica, as cidades de Cuiabá e Várzea Grande, atualmente, possuem 10 (dez) subestações elétricas, sendo que dessas, 07 (sete) estão em operação e 03 (três) estão classificadas como planejadas, conforme verificase no quadro a seguir:

Quadro 6 – Subestações de energia elétrica nos municípios de Cuiabá e Várzea Grande

ORDEM	IDENTIFICAÇÃO	LOCALIZAÇÃO POR COORDENADAS	SITUAÇÃO
01	Subestação Barro Duro - MTBADU	-15.593 -56.077 graus	Em operação
02	Subestação Cidade Alta - MTCALT	-15.591 -56.132 graus	Em operação
03	Subestação Cuiabá - MTCB	-15.685 -55.857 graus	Em operação
04	Subestação Cuiabá Norte - MTCUN	-15.581 -55.956 graus	Planejada
05	Subestação Coxipó - MTCX	-15.627 -55.997 graus	Em operação

⁴ Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

06	Subestação Distrito Cuiabá - MTDCU	-15.659 -56.005 graus	Planejada
07	Subestação Várzea Grande - MTVG	-15.670 -56.130 graus	Em operação
08	Subestação Várzea Grande 2 - MTVG1	-15.729 -56.184 graus	Em operação
09	Subestação Trevo do Lagarto - MTTLA	-15.645 -56.197 graus	Planejada
10	Subestação CPA - MTCPA	-15.551 -56.043 graus	Em operação

Fonte: Sistema de Informações Geográficas Cadastrais (SINMAPS) do Sistema Interligado Nacional.

Essas instalações, por causas diversas, estão suscetíveis a incêndios em suas estruturas, que demanda a atuação do Corpo de Bombeiros Militar quando o sinistro não é eliminado em

seu princípio com o emprego das medidas de segurança contra incêndio da instalação ou outros dispositivos de segurança anti-incêndio dos diversos equipamentos das subestações.

2.3.2 Atuação do Corpo de Bombeiros Militar nas ocorrências de incêndio em subestações elétricas

O artigo 82, inciso I, da Constituição do Estado de Mato Grosso, preconiza que compete ao Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso – CBM-MT a realização dos serviços de prevenção e extinção de incêndios (Mato Grosso, 1989). Nesta mesma trilha, a Lei Complementar nº 775, de 27 de setembro de 2023, que dispõe sobre a estrutura e organização básica do CBM/MT, preceitua no inciso III, artigo 3º, que compete ao CBM-MT os serviços de prevenção e extinção de incêndios (Mato Grosso, 2023).

Num amplo rol de edificações, instalações e locais de risco suscetíveis de incêndios encontram-se as subestações elétricas, cujos sinistros representam severo risco à infraestrutura energética, à segurança pública e ao meio ambiente. Esses eventos podem causar interrupções no fornecimento de energia elétrica, afetando indústrias, hospitais, serviços essenciais e o cotidiano da população.

Além disso, o calor intenso e a liberação de gases tóxicos durante a queima de componentes elétricos, como óleo isolante e materiais poliméricos, podem agravar a situação, dificultando o combate às chamas e aumentando os danos ambientais. A destruição de equipamentos de alta tensão também implica elevados custos financeiros para reparos e substituições, além de comprometer a confiabilidade do sistema elétrico.

Dante desses impactos, a rápida resposta dos bombeiros e a disponibilidade de agentes extintores adequados, como o Líquido Gerador de Espuma (LGE), são essenciais para mitigar os danos e restaurar a normalidade com segurança e eficiência.

A fim de subsidiar o presente trabalho com dados estatísticos de ocorrências de incêndios em subestações elétricas atendidas pelo Corpo de Bombeiros, buscou-se no Centro Integrado de Operações de Segurança Pública de Mato Grosso – CIOSP-MT as referidas informações, contudo, foi verificado que nos registros de ocorrências da unidade em comento não há a especificação de ocorrências em subestações elétricas, sendo classificados os atendimentos de maneira genérica como “incêndio em transformador”.

Apesar de os incêndios em subestações elétricas serem bem esporádicos, sem possibilidade de levantamento no sistema estatístico atual de segurança pública de Mato Grosso, por meio de busca na internet é possível aferir que ocorrem, como incêndio na Subestação Barro Duro, no final da tarde do dia 29/11/2021, em que a empresa Energisa

informou que um raio atingiu a subestação, provocando o incêndio, que foi rapidamente controlado.⁵ No ano seguinte, na madrugada de 11/06/2022, na mesma subestação ocorreu um incêndio em um de seus transformadores.⁶

2.3.3 Estudo de caso: incêndio na Subestação Barro Duro

A Subestação Elétrica Barro Duro trata-se de uma subestação de distribuição de energia elétrica, localizada entre os bairros Jardim Leblon e Bosque da Saúde, na cidade de Cuiabá-MT, a mais antiga de Cuiabá, administrada atualmente pela Energisa Mato Grosso – Distribuidora de Energia S.A., que detém a concessão de distribuição de energia elétrica no Estado de Mato Grosso.

Conforme nota da empresa divulgada na imprensa e que consta no site da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Mato Grosso – AGER, a empresa informou que acionou regime de contingência à 1h30 da manhã do dia 11/06/2022, por causa de um incêndio em um dos quatro transformadores que fazem parte da Subestação Barro Duro. O fogo foi 100% extinto às 7h25. Verifica-se que transcorreu um período de 05h55min desde o acionamento do Plano de Contingência até a extinção do incêndio.

Faz-se importante tecer uma análise acerca da instalação mencionada à luz da segurança contra incêndio e pânico no Estado de Mato Grosso, pois a Lei nº 12.149, de 16 de junho de 2023, prescreve em seu artigo 4º que “as exigências das medidas de segurança contra incêndio

⁵ Bairros sofrem queda de energia após raio atingir subestação do Barro Duro. Disponível em: <https://mtnoticias.com.br/cuiaba/bairros-sofrem-queda-de-energia-apos-raio-atingir-subestacao-do-barro-duro/>.

⁶ Transformador pega fogo e causa incêndio em subestação de concessionária de energia em Cuiabá. Disponível em: <https://g1.globo.com/mt/mato-grosso/noticia/2022/06/11/incendio-em-subestacao-de-concessionaria-de-energia-deixa-parte-de-cuiaba-sem-luz-na-madrugada.ghtml>.

e pânico no Estado de Mato Grosso, pois a Lei nº 12.149, de 16 de junho de 2023, prescreve em seu artigo 4º que “as exigências das medidas de segurança contra incêndio e pânico aplicam-se a todas as edificações e locais de risco”, excetuando-se algumas categorias de edificações e locais de risco que estão elencadas no parágrafo único do artigo em comento (Mato Grosso, 2023).

Nessa linha, a Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 31 estabelece as medidas de segurança contra incêndio em subestações elétricas, atendendo ao previsto na legislação de segurança contra incêndio e pânico do Estado de Mato Grosso, aplicando-se a todos os tipos de subestações elétricas refrigeradas a óleo e a seco (Corpo de Bombeiros Militar de Mato Grosso, 2023).

O item 5.6 da NTCB nº 31, enumera as exigências mínimas para cada tipo de subestação elétrica com tanques de óleo isolante com capacidade individual ou fracionado maior que 20 m³ se mineral, e maior que 38 m³ para classe K, sendo algumas das medidas de segurança contra incêndio os “extintores portáteis e sobre rodas” e “sistema de proteção por espuma”.

Em 14/03/2025, na Seção de Segurança Contra Incêndio e Pânico – SSCIP do 1º Batalhão Bombeiro Militar – 1º BBM, foi averiguado que a Subestação Barro Duro, conforme classificação da tabela 3, da NTCB nº 01/2023 – Procedimentos Administrativos, Parte 3 – Classificação e exigências, pertence ao Grupo M, Uso Especial, Divisão M-3, por ser uma instalação da infraestrutura de distribuição de energia elétrica, de risco de incêndio “baixo” (Corpo de Bombeiros Militar de Mato Grosso, 2023, p.10).

Com uma área construída de 34.438,30 m² (trinta e quatro mil, quatrocentos e trinta e oito vírgula trinta metros quadrados), a subestação possui Alvará de Segurança Contra Incêndio e Pânico – ASCIP vigente do Corpo de Bombeiros Militar, o que lhe confere regularidade concernente às exigências de medidas de segurança contra incêndio e pânico.

Com relação às medidas de segurança contra incêndio que são exigidas para a edificação, verificou-se que são as seguintes: acesso de viatura do CBMMT; alarme de incêndio; brigada de incêndio; compartimentação horizontal; controle de materiais de acabamento; sistema de proteção contra descarga atmosférica – SPDA; extintores; hidrante e mangotinhos; iluminação de emergência; resistência ao fogo dos elementos de construção; saídas de emergência e sinalização de emergência.

No dimensionamento das medidas de segurança contra incêndio no pátio da instalação, onde estão alocados os transformadores, especificamente quanto a disponibilidade de LGE, verificou-se a seguinte distribuição de extintores de espuma mecânica:

Quadro 7: Distribuição de extintores de espuma mecânica na Subestação Barro Duro

Bacia de contenção 2 – armazenamento de transformador a óleo	50 kg – sobre rodas – espuma mecânica 40-B; 50 kg – sobre rodas – espuma mecânica 10-B.
Bacia de contenção 3 – Tanque de óleo diesel	50 kg – sobre rodas – espuma mecânica 40-B; 50 kg – sobre rodas – espuma mecânica 10-B.
Bacia de contenção 4 – Tanque de óleo diesel	50 kg – sobre rodas – espuma mecânica 10-B.
Bacia de contenção 4, 5, 6 e 7 – Transformadores a óleo	50 kg – sobre rodas – espuma mecânica 10-B.

Fonte: Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico da Subestação Barro Duro.

É relevante frisar que o dimensionamento das medidas de segurança contra incêndio e pânico das instalações e locais de risco, via de regra, levam em consideração uma atuação

efetiva perante princípios de incêndio, não sendo o escopo de tais medidas possibilitar o controle e extinção de incêndios em magnitude que ultrapasse o seu estágio inicial.

Contudo, é importante frisar que em certos casos existe a exigência de medidas de segurança contra incêndio e pânico com potencial de propiciar combate a um incêndio, a exemplo do sistema de proteção por espuma, podendo a norma técnica de medidas de proteção contra incêndio de subestações ser atualizada para recomendar o referido sistema em subestações de volume inferior ao que é atualmente exigido.

No caso do incêndio da Subestação Elétrica Barro Duro, iniciado na madrugada do dia 11/06/2022, é possível afirmar que o sinistro perpassou a capacidade de ser combatido e extinto com os meios disponíveis na instalação, podendo ser por uma primeira intervenção mais tardia, cujo estágio de incêndio já estava avançado, ou até mesmo pela capacidade extintora inicial que não foi suficiente para conter o princípio de incêndio, tanto é que o Corpo de Bombeiros foi acionado.

Na imagem abaixo, obtida no site de notícias RD News, que noticiou matéria acerca do incêndio, observa-se que há uma significativa quantidade de aparelhos extintores utilizados no combate ao incêndio e que não foram suficientes para o combate. É possível notar também no cenário dois galões azuis, de Líquido Gerador de Espuma - LGE, cujo conteúdo foi aplicado no incêndio.

Imagem 1: Incêndio em transformador refrigerado a óleo mineral na Subestação Barro Duro



Em visita técnica à Subestação Barro Duro, no dia 14/01/2024, pela turma de cadetes do Curso de Formação de Oficiais do CBM-MT, como aula da disciplina de Eletricidade Básica Aplicada, foi reportado por responsável da empresa sobre a dificuldade de se combater o

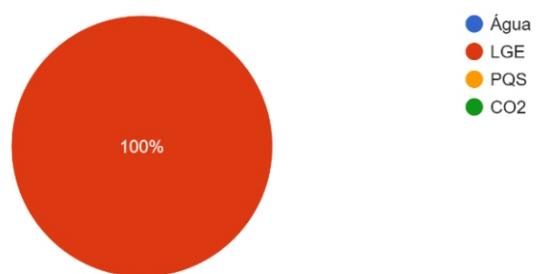
incêndio ocorrido no dia 11/06/2022, pela falta de LGE, considerando que, conforme asseverado pelo representante da empresa, o CBM-MT iniciou o combate com água, sendo ineficaz a intervenção com o uso desse agente extintor frente ao fogo no óleo mineral do transformador. Desse modo, a informação repassada foi a de que o incêndio somente foi combatido após a empresa ter providenciado LGE externamente, tendo isto passado algumas horas do início do sinistro.

A informação acima consignada foi corroborada por pesquisa realizada com 05 militares que atuaram na ocorrência do incêndio na subestação, em que 80% deles responderam que não havia LGE disponível na(s) viatura(s) para o combate ao fogo, 100% responderam que foi providenciado LGE externamente pela empresa para aplicação no sinistro, e todos responderam que o único agente extintor disponível de pronto para a atuação do CBM-MT era somente a água.

No que tange à eficácia e essencialidade da espuma mecânica para incêndios em transformadores refrigerados a óleo mineral, vejamos nos gráficos, com base nas respostas da pesquisa feita com militares que atuaram na ocorrência:

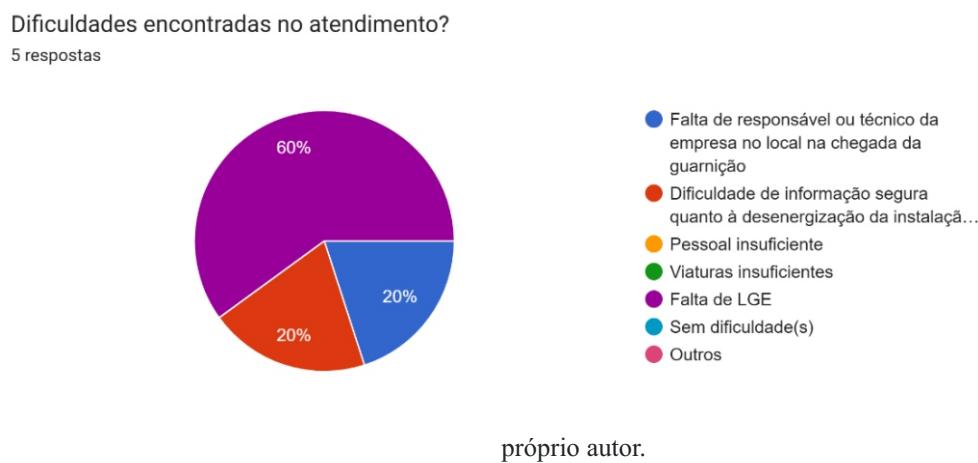
Gráfico 1 – Agente extintor mais primordial no combate a incêndio na Subestação Barro Duro

Qual agente extintor foi MAIS primordial no combate ao incêndio?
5 respostas



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Gráfico 2 – Dificuldades encontradas no atendimento



O Manual Operacional de Bombeiros – Combate a Incêndio Urbano, do Corpo de Bombeiros Militar de Goiás, menciona um ensaio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, realizado em 21 de junho de 2007, no Centro de Treinamento Operacional do CBMDF, com sensor a 1,5 metro de altura, com pré-queima de 9 minutos e temperatura de 500°C, em que se demonstra que com a aplicação de água no material combustível há uma queda de temperatura de 2,9° C por segundo, enquanto que com a aplicação da espuma há uma baixa de temperatura de 18,6° C por segundo, tendo um poder de resfriamento superior a 06 vezes em relação à água (2017, p. 323).

Por fim, deve-se levar em conta que o emprego do líquido gerador de espuma em quantidade insuficiente não é medida adequada, pois é provável que não haja a extinção do incêndio ou a sua reignição, sendo mais prudente e econômico aguardar a chegada de reforço desse recurso, a fim de evitar desperdício. Tal orientação consta no Manual de Bombeiros Militar – Combate a Incêndio Urbano, do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (2020, p. 421).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseando-se em uma pesquisa bibliográfica levada a efeito no presente artigo, ficou constatado que transformadores isolados em óleo mineral representam o maior risco de incêndio numa subestação elétrica por constituir a maior fonte de combustível dessas instalações.

Partindo dessa constatação, o trabalho teve por escopo levantar qual o agente extintor mais adequado para o combate a incêndios em transformadores resfriados a óleo mineral, ficando patente que o Líquido Gerador de Espuma – LGE é o agente extintor mais indicado

para aplicação nos referidos incêndios, considerando sua ação de abafamento e alto poder de resfriamento, superior a 06 vezes quando comparado à água, e por ser o agente extintor mais recomendado em incêndios em hidrocarbonetos.

Sendo o objetivo principal do trabalho demonstrar que a indisponibilidade ou disponibilidade insuficiente de Líquido Gerador de Espuma representa um problema no combate a incêndio em transformadores com grande volume de óleo mineral, em decorrência do aumento do tempo de combate quando realizado somente com água, ficou evidenciada essa constatação em estudo de caso, com base em incêndio em transformador da Subestação Barro Duro, ocorrido em 11/06/2022, que teve a duração de 05h55min desde o acionamento do Plano de Contingência até a extinção do incêndio, comprovando-se a baixa eficiência do uso de água na extinção das chamas, conforme informação obtida na empresa e por militares que atuaram na ocorrência.

Na busca de dados para levantamento estatístico do quantitativo de ocorrências de incêndios em subestações elétricas, nos municípios de Cuiabá e Várzea Grande, nos últimos 05 (cinco) anos, foi constatada a impossibilidade da obtenção específica desses dados junto ao Centro Integrado de Operações de Segurança Pública - CIOSP, havendo somente dados acerca de incêndios em transformadores, de maneira genérica. Desse modo, sugere-se alteração na plataforma de registro de ocorrências a fim de possibilitar levantamento de dados mais específicos de atendimentos realizados pelo Corpo de Bombeiros.

Ademais, enfatizou-se que a legislação de segurança contra incêndio e pânico de Mato Grosso exige que as edificações, instalações e locais de risco possuam as medidas de segurança contra incêndio e pânico pertinentes, contudo, estas têm o condão de fazerem frente aos princípios de incêndio. Quando os eventos de fogo perpassam a capacidade de resposta local, incumbe ao Corpo de Bombeiros uma atuação rápida e eficaz, demandando a disponibilidade de Líquido Gerador de Espuma – LGE em locais com armazenamento de hidrocarbonetos, como é o caso do óleo mineral de transformadores de subestações elétricas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO ESTADO DE MATO GROSSO – AGER. **Nota Energisa Mato Grosso**. Disponível em: <https://www.ager.mt.gov.br/-/22248654-nota-energisa-mato-grosso>. Acesso em: 22/03/2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11341: Derivados de petróleo: determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland. Brasil, 2014.

- _____. **NBR 13231: Proteção contra incêndio em subestações elétricas.** Brasil, 2014.
- _____. **NBR 15511: Líquido gerador de espuma (LGE), de baixa expansão, para combate a incêndios em combustíveis líquidos.** Brasil, 2008.
- BRASIL. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2024, ano base 2023.** Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Rio de Janeiro, 2024.
- _____. **Censo 2022: População e Domicílios.** Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 01/03/2025.
- COCAMAR COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL. Boletim Técnico nº 001, de 02/03/2018. - Óleo Isolante Vegetal.** Paraná, 2018.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIÁS. Manual Operacional de Bombeiros – Combate a Incêndio Urbano.** Goiânia, 2017.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MATO GROSSO. Manual de Combate a Incêndio Urbano do Corpo de Bombeiros Militar de Mato Grosso.** Mato Grosso, 2021.
- _____. **Manual de Preenchimento de Relatórios de Ocorrência do Corpo de Bombeiros Militar de Mato Grosso.** Mato Grosso: 2022.
- _____. **NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº 01 – PROCEDIMENTOS ADMINISTRATIVOS.** Mato Grosso: 2025.
- _____. **NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº 31: SUBESTAÇÃO ELÉTRICA.** Mato Grosso: 2023.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS. Manual de Bombeiros Militar: Combate a Incêndio Urbano.** (MABOM - CIURB) 1.ed. Belo Horizonte: CBMMG, 2020.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO CEARÁ. Extintor Classe K, quando usar?** Disponível em: <https://www.bombeiros.ce.gov.br/2023/09/29/extintor-classe-k-quando-usar/#:~:text=O%20agente%20extintor%20mais%20comum,pot%C3%A1ssio%20ou%20citrato%20de%20pot%C3%A1ssio.> Acesso em: 22/03/2025.
- ENERGÊS. O que você precisa saber sobre subestações em média tensão.** Disponível em: <https://energes.com.br/o-que-voce-precisa-saber-sobre-subestacoes-em-media-tensao/>. Acesso em: 05/03/2025.
- FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS. Subestações.** Disponível em: <https://www.furnas.com.br/subestacoes/?culture=pt>. Acesso em: 26/02/2025.
- GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2002.

MATO GROSSO. **Constituição do Estado de Mato Grosso.** Disponível em:
<https://www.al.mt.gov.br/norma-juridica/urn:lex:br;mato.grosso:estadual:constituciao:1989-10-05;seq-almt-1989>.
Acesso em: 01/02/2025.

_____ . Lei Complementar nº 775, de 27 de setembro de 2023: dispõe sobre a estrutura e organização básica do CBM/MT. Diário Oficial do Estado de Mato Grosso nº 28.593, de 28 de setembro de 2023. Cuiabá-MT.

_____ . Lei nº 12.149, de 16 de junho de 2023 - Dispõe sobre a segurança contra incêndio e pânico no Estado de Mato Grosso e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Mato Grosso nº 28.522, de 19 de junho de 2023. Cuiabá-MT.

MONTEIRO, Paulo Roberto Duailibe. **Introdução à subestação e seus principais equipamentos.** São José dos Pinhais/Paraná: Seven Events, 2023.

MT NOTÍCIAS. **Bairros sofrem queda de energia após raio atingir subestação do Barro Duro.** Disponível em: <https://mtnoticias.com.br/cuiaba/bairros-sofrem-queda-de-energia-apos-raio-atingir-subestacao-do-barro-duro/>. Acesso em: 16/03/2025.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **SINMAPS - Sistema de Informações Geográficas Cadastrais do SIN.** Disponível em:
<https://sig.ons.org.br/app/sinmaps/>. Acesso em: 26/02/2025.

PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A. **FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - Lubrax AV 66 IN.** Disponível em: <https://brseguro.br-petrobras.com.br/wcm/connect/8698a9a3-73e0-4154-a70c-c3d9813a0141/fispq-lub-ind-isolante-lubrax-av-66-in-rev01.pdf?mod=ajperes&cvid=lmtkhm6&cvid=lmtkhm6>. Acesso em: 22/03/2025.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Sobre o CIOSP: história.** Disponível em: <https://www.sesp.mt.gov.br/historia>. Acesso em: 16/03/2025.

VALENTE, Antonio Nazareno *et al.* **Energia Elétrica em Destaque: Fundamentos da Geração, Transmissão e Distribuição.** 1ª ed. Rio Branco: Daniel Nascimento e Silva, Editor, 2023.

VIBRA ENERGIA S.A. **FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - Lubrax AV 70 IN.** Disponível em:
https://www.lubrax.com.br/sites/lubrax/files/fichas -de-seguranca/FISPQ_BR_PT_LUBRAX_AV_70_IN.pdf. Acesso em: 22/03/2025.