

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL  
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DIRETORIA DE ENSINO  
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR  
“Coronel Osmar Alves Pinheiro”  
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS**

Cadete BM/2 **JOÃO PAULO TAVARES COSTA**



**COMBATE A INCÊNDIO EM SILOS DE ARMAZENAMENTO DE  
GRÃOS NO ESTADO DO TOCANTINS**

BRASÍLIA  
2023

Cadete BM/2 **JOÃO PAULO TAVARES COSTA**

**COMBATE A INCÊNDIO EM SILOS DE ARMAZENAMENTO DE  
GRÃOS NO ESTADO DO TOCANTINS**

Artigo científico apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Orientador: Maj. QOBM/Comb. **GUILHERME MESSIAS DA SILVA**

BRASÍLIA  
2023

Cadete BM/2 **JOÃO PAULO TAVARES COSTA**

## **COMBATE A INCÊNDIO EM SILOS DE ARMAZENAMENTO DE GRÃOS NO ESTADO DO TOCANTINS**

Artigo científico apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

**JACQUELINE NATHALY BARBOSA DE OLIVEIRA** - Ten-Cel. QOBM/Comb.  
**Presidente**

---

**RAFAEL COSTA GUIMARÃES** – Cap. QOBM/Compl.  
**Membro**

---

**AYMÊ PIRES SERRANO** – 1º Ten. QOBM/Comb.  
**Membro**

---

**GUILHERME MESSIAS DA SILVA** – Maj. QOBM/Comb.  
**Orientador**

## RESUMO

Incêndios em silos graneleiros oferecem um elevado risco aos bombeiros militares durante combate devido às características intrínsecas ao tipo de ambiente e ao produto armazenado. Este trabalho, ao longo do seu desenvolvimento, buscou definir quais são os procedimentos operacionais recomendados para o combate a incêndios em silos pelo CBMTO, considerando os principais riscos dessa atividade. Dessa forma, foi realizada uma análise da produção agrícola no Estado e o mapeamento dos armazéns graneleiros, de forma a identificar as principais áreas de risco. Ademais, foram realizados estudos de caso para compreender os riscos e os procedimentos recomendados para gerenciá-los, que aliados a uma análise do poder operacional do CBMTO, permitiu verificar a preparação da corporação para atender estas ocorrências. Os resultados mostraram que os principais riscos estão relacionados ao ambiente confinado dos silos, que podem gerar atmosferas explosivas devido aos gases e poeiras combustíveis. Ademais, há riscos de colapso estrutural, queda de plano elevado, além daqueles comuns a incêndios estruturais. Para ter melhor eficiência e segurança no combate, é preciso retirar o material combustível e fazer análise dinâmica dos riscos. Ainda, foi identificado que o CBMTO possui insuficientes recursos materiais e humanos para atender a ocorrências de grande vulto e suas unidades operacionais estão distantes de regiões de risco, aumentando o tempo-resposta. Assim, o estudo conclui que, para melhor atender a estas ocorrências, é necessária uma ampliação no efetivo e nas instalações mais próximas à região de risco, além de disseminar os procedimentos operacionais aqui descritos para os militares da prontidão.

**Palavras-chave:** Incêndios; silos; CBMTO; risco; procedimentos operacionais; recursos.

## **FIGHTING FIRE IN GRAIN STORAGE SILOS IN THE STATE OF TOCANTINS**

### **ABSTRACT**

*Grain silo fires pose a significant risk to military firefighters during firefighting operations, owing the intrinsic characteristics of the environment and the stored product. Throughout the course of this work, we sought to define the recommended operational procedures for combating silo fires by CBMTO, taking into consideration the primary risks associated with such fires. Consequently, an analysis of agricultural production in the state and the mapping of grain storage facilities were conducted to identify the main risk areas. Furthermore, case studies were conducted to better understand the risks and recommended procedures for managing them. These studies, combined with an analysis of CBMTO's operational capabilities, allowed for an assessment of the department's preparedness to respond to such incidents. The results indicated that the primary risks are associated with the confined environment, which can generate explosive atmospheres due to combustible gases and dust. Additionally, there are risks of structural collapse, falling, in addition to those common to structural fires. To enhance efficiency and safety in firefighting operations, it is imperative to remove the combustible material and conduct a dynamic risk analysis. Furthermore, it has been determined that CBMTO lacks adequate material and human resources to respond to large-scale incidents, and its operational units are situated far from high-risk areas, resulting in prolonged response times. To better respond these incidents, this study concludes that an expansion of personnel and facilities closer to high-risk regions is necessary, along with the dissemination of the operational procedures described herein to the on-duty military personnel.*

**Keywords:** *fires; silos; CBMTO; risk; operational procedures; resources.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Tocantins tem emergido como um dos principais polos agrícolas do Brasil, tendo um crescimento consistente nos últimos anos. Sobretudo, esta produção é distribuída por todo o estado, sendo maior na região oeste, onde se concentram a maioria das fazendas e dos armazéns graneleiros. De acordo com Jayas (2012), as *commodities*<sup>1</sup> agrícolas apresentam duas características peculiares, a conservação e a sazonalidade. Estas características geram a demanda de depósitos mais robustos e descentralizados.

O armazenamento de grãos tem como objetivo principal preservar a qualidade do produto colhido e garantir que ele seja repassado mantendo suas características originais. Para isso, é fundamental garantir um acondicionamento adequado, livre de umidade, com controle de temperatura e proteção contra pragas. Este armazenamento pode ser feito em silos ou armazéns graneleiros, estruturas onde os grãos se encontram soltos (Costa; Garagnani; Silva, 2020).

Ademais, diversos são os riscos que envolvem a operação de silos de armazenamento de grãos, dentre eles, está a ocorrência de explosões e incêndios devido à inflamabilidade do material armazenado. Lopes Neto e Nascimento (2018) citam diversos incidentes, como por exemplo, a explosão de um silo em 22 de abril de 2009 em Capão Bonito (SP), que soterrou um funcionário, e outra explosão ocorrida em uma caldeira de uma fábrica de beneficiamento de soja em Rio Grande (RS), em 3 de julho de 2014, que deixou três feridos.

Este tipo de ocorrência difere de incêndios urbanos e florestais, devido às peculiaridades e riscos adicionais destes ambientes. Assim, esta pesquisa focou no seguinte problema: **Quais são os procedimentos operacionais ideais para a atuação do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins (CBMTO) em ocorrências de incêndios em silos, considerando os riscos da atividade e os recursos disponíveis na corporação?**

---

<sup>1</sup> Entende-se por commodity qualquer mercadoria em estado primário ou bruto, amplamente produzida, de importância comercial, padronizada e que é comercializada globalmente (SANDRONI, 1999)

Atualmente, o CBMTO possui um efetivo de 348 militares ativos no serviço operacional, que atendem um estado com mais de 1,5 milhão de habitantes e grande extensão territorial. O atendimento a ocorrências da área rural mais demorado devido à grande distância até estes locais, provocando o desguarnecimento das regiões de atendimento originais dos quartéis. Ademais, estas ocorrências tratam-se de operações longas e desgastantes e que incorrem em diversos riscos, sendo necessária uma boa gestão da ocorrência e emprego de técnicas adequadas para aumentar a eficiência.

Além disso, compete ao CBMTO a prevenção e o combate aos incêndios, conforme o art. 117 da Constituição Estadual do Tocantins (1989), sendo importante a contribuição da corporação com a produção de conhecimentos técnicos acerca do assunto. Conforme Zarpellon e Morejon (2018), no Brasil, a prevenção de incêndios nestas unidades ainda é incipiente quando comparada a países desenvolvidos como Alemanha e Suécia.

No mais, o Plano Estratégico do Corpo de Bombeiros Militar do Tocantins, disponível no site do governo do Tocantins, cita que, algumas fraquezas na perspectiva de crescimento e aprendizado são a pouca quantidade de capacitações e qualificações e a falta de padronização, de forma que este estudo contribuirá para minimizar estas fraquezas (CBMTO, 2023b).

Desta maneira, este artigo visa **estudar quais procedimentos operacionais devem ser aplicados pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins (CBMTO) em incidentes de incêndios ocorridos em silos de armazenamento de grãos, considerando os riscos e os recursos disponíveis da corporação.** Ademais, a pesquisa ainda possui objetivos específicos, que conduzem a sequência metodológica proposta, tais como:

- a) Analisar a relevância da produção agrícola e das plantas de beneficiamento de grãos para a economia tocantinense, por meio de revisão bibliográfica;
- b) Identificar os riscos envolvidos em operações de combate a incêndios em silos agrícolas;

- c) Definir os procedimentos operacionais recomendados para minimizar os riscos identificados durante as ocorrências;
- d) Mapear as regiões com risco de ocorrências de incêndios em unidades de armazenamento de grãos;
- e) Analisar a capacidade do CBMTO atuar nestas ocorrências de acordo com o seu poder operacional e preparação dos militares;
- f) Elaborar um Procedimento Operacional Padrão (POP) de combate a incêndio em silos para o CBMTO.

Para realizar este trabalho foram utilizados três instrumentos de pesquisa principais, pesquisa bibliográfica, estudo de caso e pesquisa documental. Os objetivos específicos “a”, “b” e “c” foram atingidos, principalmente, por meio de revisão da literatura existente sobre os temas. Além disso, a fim de complementar esta revisão, foram realizados estudos de caso de três ocorrências reais, por meio de reportagens, relatórios de ocorrência e entrevistas com militares atuantes.

Quanto à pesquisa documental, foi realizada para levantamento de dados dos armazéns do estado e do CBMTO, como ocorrências, efetivo de militares e recursos. Como fontes foram utilizados o Sistema de Cadastro Nacional das Unidades Armazenadoras – SICARM (CONAB, 2023b) e o Sistema de Operações do CBMTO (SIOCB) (CBMTO, 2023c). Quanto à análise estatística e espacial destes dados, foram utilizados os softwares Microsoft Excel® e QGis®.

Assim, o trabalho foi organizado em cinco sessões, a introdução, a revisão de literatura, a metodologia, os resultados e discussões, e por fim, as considerações finais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

É interessante entender a dinâmica da produção e armazenamento agrícola no estado do Tocantins, região em que a pesquisa se aplica. Além disso, é necessário perceber quais são os riscos envolvidos na operação destes armazéns e como isto pode influenciar as atuações dos bombeiros militares do estado em caso de incidentes como incêndios e explosões.

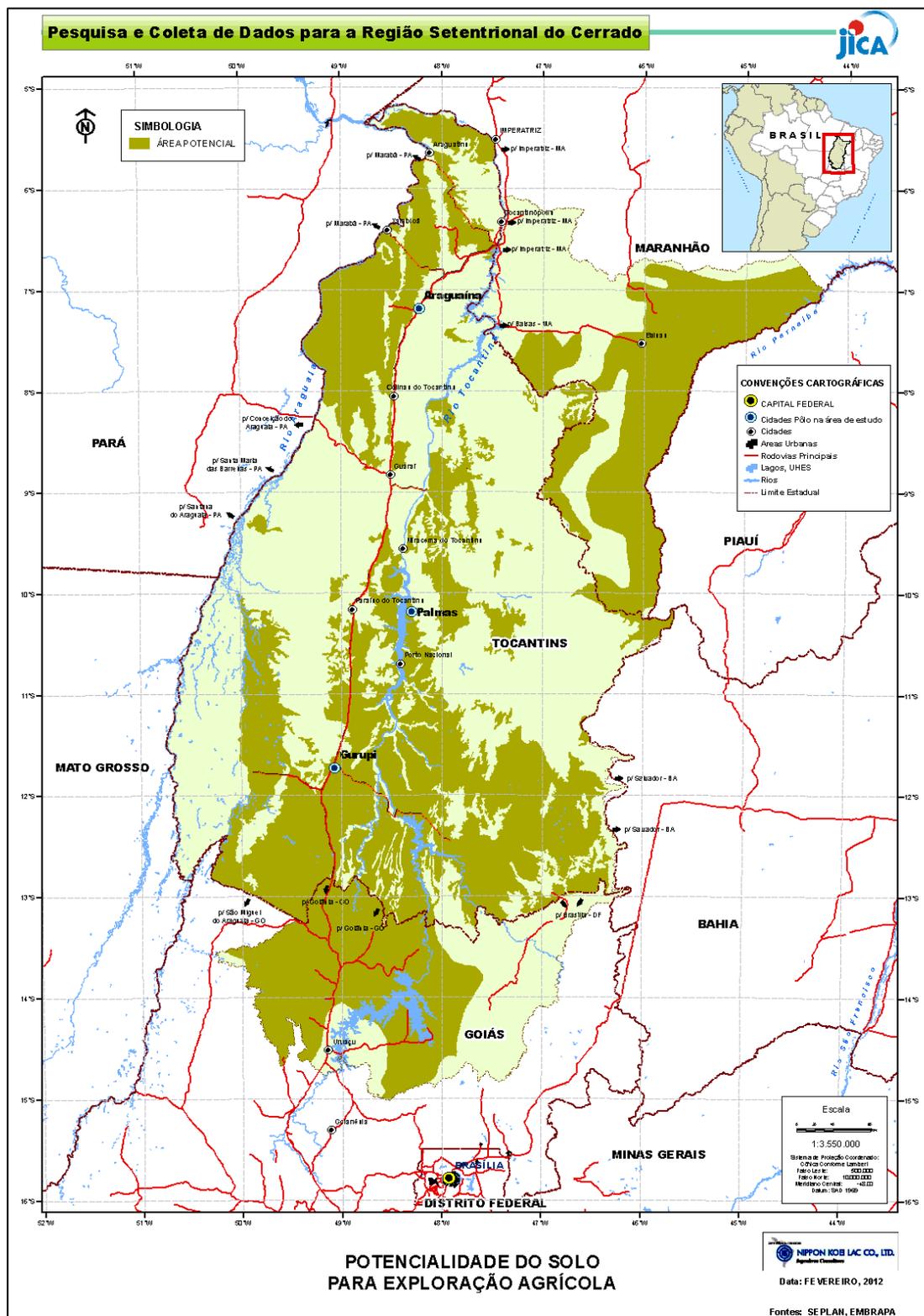
### 2.1. Panorama da agricultura no Estado do Tocantins

O estado do Tocantins tem emergido como um dos principais polos agrícolas do Brasil, impulsionando sua economia e atraindo investimentos no setor. Com metade de seu território composto por terras férteis, de valor competitivo e topografia plana, o estado oferece condições ideais para a agricultura mecanizada. Além disso, o Tocantins se beneficia de um maior tempo de luz solar em comparação com outros estados e disponibilidade abundante de água para irrigação das plantações (Tocantins, 2023). Neste contexto, o estado vem contribuindo significativamente para a melhoria da segurança alimentar do país.

Ademais, o estado tem experimentado um crescimento significativo na produção de grãos nos últimos anos, com aumentos de mais de 138% na área plantada e 159% na produção. Como resultado, o estado se destaca como o maior produtor de grãos da região Norte do Brasil, com ênfase na produção de soja, arroz, milho e feijão (Tocantins, 2023).

O relatório de acompanhamento da safra brasileira de grãos, safra 2022/23, aponta para uma produção de 315,8 milhões de toneladas, crescimento de 15,8%, ou ainda, 43,2 milhões de toneladas a mais que a safra anterior. Entre as *commodities* produzidas, a soja se destaca como aquela de maior crescimento no que tange a produção, com a estimativa de um volume colhido de 155,7 milhões de toneladas, seguida do milho, com 125,7 milhões de toneladas (CONAB, 2023a).

Figura 1 - Potenciais áreas para exploração agrícola, Tocantins.



Fonte: Tocantins (2016)

Segundo o Relatório do Perfil do Agronegócio Tocantinense, o estado possui em 49,75% do seu território áreas com potencial para produção agrícola, como pode ser visto na Figura 1, demonstrando possibilidade de expansão do

setor. Neste mesmo relatório, é citado que ainda há deficiência neste setor econômico no estado devido à falta de investimentos na infraestrutura agroindustrial e a distância do mercado consumidor (Tocantins, 2016).

De acordo com a Federação das Indústrias do Estado do Tocantins (2022), em março de 2022, a indústria do setor alimentício representou 38,1% do setor industrial tocantinense, sendo quase que totalmente formada por indústrias de micro e pequeno porte. Em 2017, 63% de tudo o que o estado exportou, foi oriundo do complexo de soja (FIETO, 2018).

Pode-se dizer que o Estado possui uma vocação natural para o agronegócio, estando inserido em uma das últimas fronteiras agrícolas do País, a região conhecida como MATOPIBA<sup>2</sup>, que engloba cerca de sete milhões de hectares cultiváveis. A agropecuária é a principal atividade econômica privada de 72,6% dos municípios do Estado, sendo a principal fonte de riqueza de 101 das 139 cidades (Seden, 2017 *apud* FIETO, 2018).

Outra característica relevante é que, como existem muitas manchas de solos aptos para cultivo de grãos e condições de precipitação variáveis conforme cada região, as regiões produtoras acabam por ser bastante pulverizadas (Tocantins, 2016). Esta característica faz com que tenham diversos silos e galpões espalhados por todo o estado para armazenagem dos grãos.

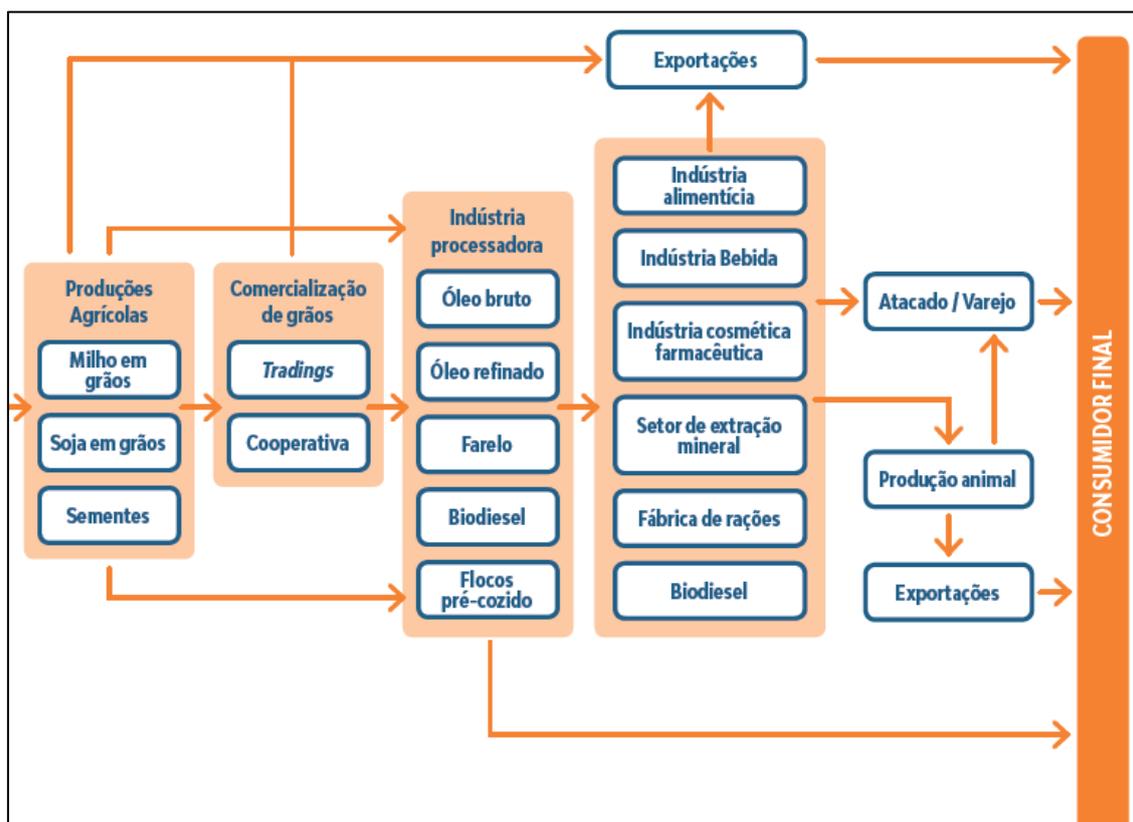
## **2.2. Caracterização da cadeia produtiva de grãos**

Para entender melhor como funciona o complexo produtivo dos principais grãos produzidos, pode-se observar o esquema da Figura 2, que descreve todas as etapas do processo até o consumidor final. Trata-se de um ciclo complexo, que engloba todos os setores da economia e tem uma grande influência social, econômica e ambiental no estado.

---

<sup>2</sup> MATOPIBA é uma região formada pelo estado do Tocantins e partes dos estados do Maranhão, Piauí e Bahia, onde ocorreu forte expansão agrícola a partir da segunda metade dos anos 1980 especialmente no cultivo de grãos. O nome é um acrônimo formado pelas siglas dos quatro estados (MA + TO + PI + BA) (EMBRAPA, 2023).

Figura 2 - Cadeia comercial de grãos no estado



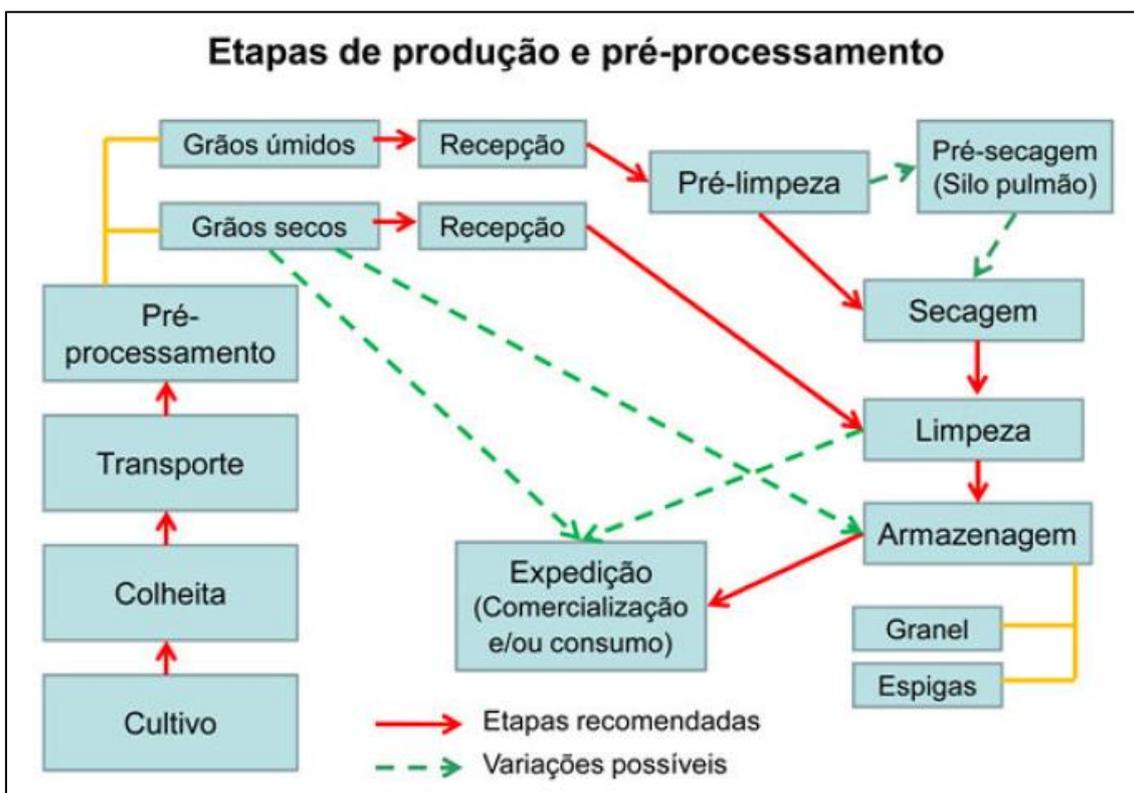
Fonte: FIETO, 2018

Após a colheita dos grãos nos campos, o produto é submetido a uma série de procedimentos, incluindo recepção, limpeza, secagem e armazenagem, antes de chegar às mãos do consumidor final. Essas etapas cruciais são conduzidas em instalações conhecidas como "unidades beneficiadoras de grãos (Milman, 2002)

Inicialmente, os grãos são recebidos nas moegas graneleiras, onde passam por um minucioso processo de limpeza, removendo impurezas. Em seguida, eles são encaminhados para a fase de secagem, na qual a umidade é reduzida através da circulação de ar aquecido. Após essa etapa, os grãos são armazenados por períodos curtos ou longos, aguardando o momento ideal para a expedição, conforme a estratégia da empresa (Milman, 2002).

Essa cadeia de operações desempenha um papel fundamental na garantia da qualidade e disponibilidade dos grãos, garantindo que eles atendam aos padrões exigidos antes de chegarem ao mercado e, por fim, ao consumidor. A Figura 03 ilustra o processo de uma unidade beneficiadora de grãos.

Figura 3 – Fluxograma apresentando as etapas da produção



Fonte: Pimentel, 2011

A fase inicial de pré-processamento e recepção de grãos é crucial no fluxo operacional, pois é quando é classificada a qualidade dos grãos recebidos. Com base nas informações relacionadas ao teor máximo de umidade e impurezas, o operador dispõe de diretrizes claras para a sequência de atividades a serem executadas (Pimentel, 2011).

O fluxo de grãos dentro de uma unidade de beneficiamento de grãos escoada desde a moega (recebimento) até a expedição. De acordo com a Instrução Técnica N.º.27 (São Paulo, 2011) o processo de armazenamento de grãos em uma unidade, se divide em:

- Moega: ambiente destinado ao recebimento de grãos;
- Elevadores agrícolas: equipamentos de elevação de grãos;
- Máquina de Limpeza; equipamento com sistema de peneiramento oscilante que efetua a pré-limpeza e a limpeza, retirando as impurezas dos grãos;
- Secador: equipamento que retira a umidade dos grãos utilizando ar quente;

- Esteira transportadora: são correias de estrutura metálica com longarinas de vigas “U” ou “L”, ligadas nos pisos por cavaletes parafusados, com a finalidade de transportar grãos horizontalmente por grandes distancias;
- Silo: estrutura destinada ao armazenamento de cereais e seus derivados, sementes oleaginosas, sementes agrícolas, legumes, açúcar, farinhas, entre outros produtos. Os silos podem ser horizontais ou verticais, metálicos ou de alvenaria.
- *Redler*: Tipo de transportador que utiliza uma corrente para o transporte de grãos horizontalmente;
- Rosca sem fim: equipamento destinado ao transporte horizontal de carga e descarga de grãos nos silos, máquinas de limpeza, secadores e outros equipamentos;

### **2.2.1. Panorama da armazenagem agrícola no estado do Tocantins**

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) faz o controle dos armazéns em todo o Brasil, logo, foi utilizada como fonte para a realização do levantamento e mapeamento das unidades de armazenamento do estado. Neste levantamento, foram consideradas somente as unidades que fazem a armazenagem a granel sólido, em que os produtos são armazenados em grandes silos, tanques ou estruturas similares, sem a necessidade de embalagens individuais.

Assim, de acordo com o Sistema de Cadastro Nacional das Unidades Armazenadoras – SICARM (CONAB, 2023b), no estado estão cadastradas 120 unidades armazenadoras a granel sólido, que correspondem a uma capacidade total de armazenamento de 2,27 milhões de toneladas. Além disso, desde 2010, o estado teve um crescimento de 104,73% em sua capacidade estática de armazenamento, conforme pode ser observado no Gráfico 1.

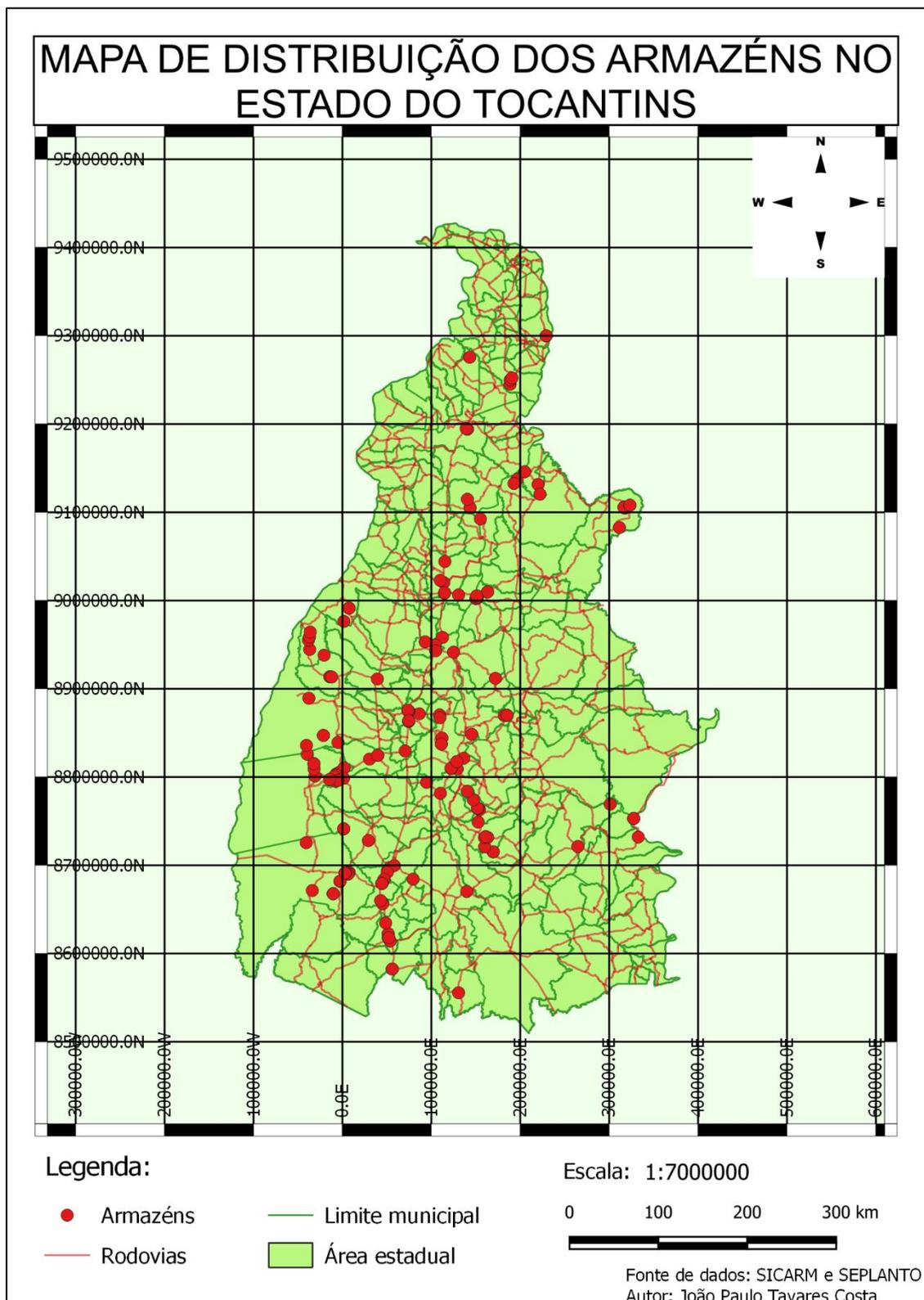
### Gráfico 1 - Evolução da Armazenagem no Estado do Tocantins



Fonte: CONAB, 2023b

Estas unidades estão distribuídas pelo estado conforme a Figura 4, a seguir, sendo possível observar uma maior concentração de unidades de armazenamento na região Centro-Oeste do estado.

Figura 4 – Distribuição dos Armazéns no estado do Tocantins



Fonte: Autor, 2023

### **2.3. Mapeamento dos riscos de ocorrências de incêndios em silos**

A segurança na operação deve ser o primeiro objetivo do comandante do socorro em casos de incêndio. Para isso deve-se evitar ou minimizar o risco de acidentes durante a operação e deve atender não somente aos bombeiros militares como também a outras pessoas que estejam trabalhando na área da ocorrência (CBMDF, 2009).

O Glossário da Defesa Civil define risco como “probabilidade de danos potenciais dentro de um período especificado de tempo e/ou de ciclos operacionais” (Brasil, 1998, p. 147). Assim, foi considerado como risco, qualquer situação que possa provocar danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais durante uma operação de combate a incêndio em silo.

Nestas operações há riscos advindos de diversos fatores, como a estrutura do silo, o material armazenado, o desenvolvimento do incêndio, a gestão da ocorrência, a logística de recursos e suprimentos, dentre outros. Devido a isso, este tópico foi separado em três grandes áreas: Riscos devido à estrutura e material armazenado; Riscos devido ao desenvolvimento do incêndio e Riscos diversos.

#### **2.3.1. Riscos devido à estrutura e ao material armazenado**

##### **2.3.1.1. Espaço confinado**

A Norma Regulamentadora 33 (NR 33) define espaço confinado como qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio. Portanto, os silos agrícolas são considerados espaços confinados (Brasil, 2022).

Segundo Tavares e Jean (2010), o silo, como qualquer outro espaço confinado, é um compartimento não projetado para ocupação humana e possui meios limitados de entradas e saídas, com pouca ventilação para diminuir os contaminantes. Possui baixa concentração de oxigênio, para prevenir a

proliferação de organismos patológicos aeróbicos que possam danificar os grãos.

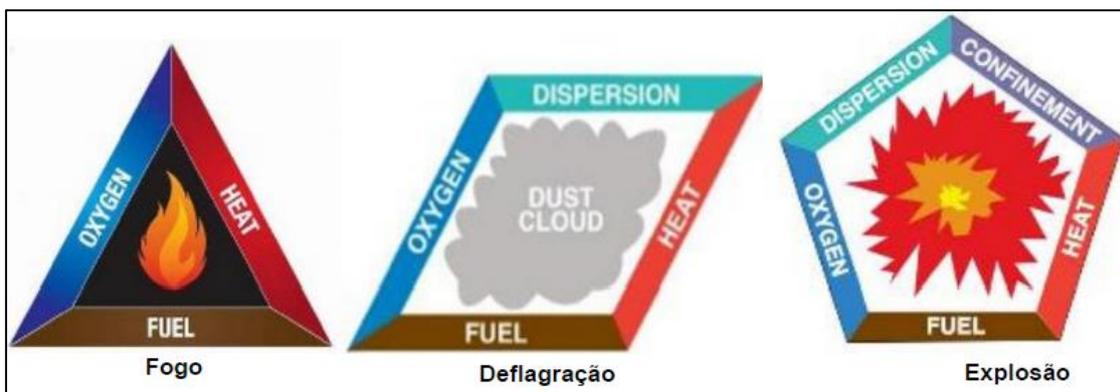
De acordo com a *International Maritime Organization* (IMO, 2008), algumas cargas sólidas a granel são suscetíveis à oxidação, o que pode resultar na diminuição de oxigênio, emissão de gases ou fumaças tóxicas e auto aquecimento. Algumas cargas não são suscetíveis a oxidar, mas podem emitir gases tóxicos, principalmente quando umedecidas. No caso dos silos, estes gases podem se acumular no seu interior, gerando riscos de asfixia ou intoxicação.

A NR 33, Brasil (2022), cita ainda alguns riscos que devem ser prevenidos como: riscos de inundação, soterramento, engolfamento, incêndio, choques elétricos, eletricidade estática, queimaduras, quedas, escorregamentos, impactos, esmagamentos, amputações e outros.

#### 2.3.1.2. Poeira combustível

Segundo a *Occupational Safety and Health Administration*, OSHA (2013), as poeiras combustíveis constituem três riscos: incêndio, deflagração e explosão. A Figura 5 ilustra os requisitos para a ocorrência de um incêndio de pó, deflagração ou explosão.

**Figura 5 – Requisitos para ocorrência de incêndio, deflagração ou explosão de pó.**



Fonte: OSHA (2013)

Um incêndio requer três elementos: oxigênio, combustível e uma fonte de ignição. Uma deflagração requer quatro elementos: os três elementos para o

fogo, mais a dispersão de poeira nas concentrações corretas no ar. Uma explosão de pó requer cinco elementos: os quatro elementos para deflagração, mais confinamento (gabinete, como um silo, coletor de pó, caixa, transportador, elevador de caçamba ou sala), conhecido como "Pentágono de Pó Combustível".

Segundo OSHA (2020), as poeiras combustíveis incluem partículas de qualquer tamanho e forma que estão presentes em diversos processos de produção industrial, incluindo do ramo da agricultura, no qual cita alguns produtos como trigo, milho, cevada, aveia e soja. As deflagrações ocorrem quando a energia mínima de ativação das poeiras é atingida, provocando uma reação de combustão em cadeia.

Essas poeiras suspensas no ar proporcionam maior exposição das moléculas de poeira ao oxigênio, reduzindo a energia de ignição necessária para a combustão e aumentando o aquecimento de pré-ignição das partículas de poeira adjacentes. O rápido aquecimento e ignição das partículas menores aumenta a taxa de propagação da combustão para outras partículas resultando na criação de pressões de deflagração mais fortes as quais o pessoal, equipamentos e estruturas ao redor estão expostos (OSHA, 2020).

Outro fator que influencia na temperatura de ignição é a umidade dos pós, que, uma vez que há uma relação direta entre o teor de umidade e a energia mínima de ignição. Por exemplo, a temperatura de ignição do amido de milho pode aumentar até 50 °C com um aumento do teor de umidade de 1,6% para 12,5%. Porém, este fator não pode ser considerado uma proteção eficaz contra explosões, pois a maioria das fontes de ignição fornece energia suficiente para vaporizar a umidade ambiente no ar e inflamar a poeira (OSHA, 2020).

O interior de um silo é classificado como atmosfera de risco, por ser um espaço confinado e pelo teor do material armazenado. Conforme a norma da ABNT NBR 14.787 (2001), esta atmosfera pode ser formada tanto por um gás ou vapor inflamável, quanto por uma poeira combustível, e que pode oferecer perigo de morte. Esta norma cita algumas características dos pós combustíveis capazes de gerar este risco:

1 - Misturas de pós combustíveis com ar somente podem sofrer ignição dentro de suas faixas explosivas, as quais são definidas pelo limite inferior de explosividade (LIE) e o limite superior de explosividade (LSE). O LIE está geralmente situado entre 20 g/m<sup>3</sup> e 60 g/m<sup>3</sup> (em condições ambientais de pressão e temperatura), ao passo que o LSE situa-se entre 2 kg/m<sup>3</sup> e 6 kg/m<sup>3</sup> (nas mesmas condições ambientais de pressão e temperatura); se as concentrações de pó puderem ser mantidas fora dos seus limites de explosividade, as explosões de pó serão evitadas.

2 - As camadas de poeiras, diferentemente dos gases e vapores, não são diluídas por ventilação ou difusão após o vazamento ter cessado.

3 - A ventilação pode aumentar o risco, criando nuvens de poeira, resultando num aumento da extensão.

4 - As camadas de poeira depositadas podem criar um risco cumulativo, enquanto gases ou vapores não.

5 - Camadas de poeira podem ser objeto de turbulência inadvertida e se espalhar, pelo movimento de veículos, pessoas, etc (ABNT, 2001, p. 2).

Segundo o Código Marítimo Internacional para Cargas Sólidas à Granel, IMO (2008), a poeira de algumas cargas sólidas a granel pode constituir um risco de explosão, especialmente quando do carregamento, descarregamento e limpeza. Este risco pode ser minimizado utilizando-se a ventilação para prevenir a formação de uma atmosfera carregada de poeira e pela limpeza com mangueira em vez de vassoura. Isto se aplica a operações de carregamento de navios, porém, analogamente, pode ocorrer também nos carregamentos e descarregamentos de silos.

De forma geral, a temperatura para deflagrar uma explosão em mistura de poeira e ar gira em torno de 330 a 400 °C, sendo bem superior à mistura de ar e gás. Corriqueiramente, encontram-se essas temperaturas em superfícies quentes de maquinário industrial ou de fornos. Ademais, a Tabela 1, traz algumas temperaturas para deflagração de diferentes produtos (CBMDF, 2009).

**Tabela 1 - Dados de explosividade de pós agrícolas**

Produtos	Temperatura de ignição (C°)	Energia mínima de ignição (J)	Concentração mínima explosiva (kg/m <sup>3</sup> )
Arroz	440	0,04	0,045
Milho	400	0,04	0,45
Trigo	480	0,06	0,055
Açúcar	350	0,03	0,035
Pó de grãos misturados	430	0,03	0,055
Farinha de soja	520	0,05	0,035
Farinha de Trigo	380	0,05	0,050

Continua...

Continuação

<b>Produtos</b>	<b>Temperatura de ignição (C°)</b>	<b>Energia mínima de ignição (J)</b>	<b>Concentração mínima explosiva (kg/m³)</b>
Amido de milho	380	0,02	0,040
Carvão em pó	610	0,06	0,055

Fonte: Kennedy, Patrick M. e John Kenney (1999) *apud* Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2009)

Segundo Persson (2013), o manuseio natural de materiais em plantas de silos sempre gera alguma formação de poeira, que podem cobrir todas as superfícies horizontais da planta. Quando alguma poeira estiver dispersa em nuvem e houver uma fonte de ignição presente, pode acontecer uma explosão. Este tipo de explosão é denominado como primária, que muitas vezes levanta a poeira acumulada causando uma explosão secundária, que por sua vez, pode ser expressivamente mais poderosa que a primeira.

Segundo Zarpellon e Morejon (2018), somente os secadores de grãos, correspondem a 77,24% das ocorrências em IBAG's no Paraná, sendo que este tipo de incêndio, além de ser o mais recorrente, é o mais difícil de se combater. Além disso, as ocorrências de explosões de poeira, primárias e secundárias, requerem por parte dos bombeiros um entendimento de suas condições de existência, sendo que geralmente provocam danos de grande monta.

Assim, OSHA (2013), cita algumas ações que podem aumentar as chances de explosões de poeiras combustíveis durante o combate ao incêndio, são elas:

- Uso de táticas que façam nuvens de poeira se formarem ou atinjam o alcance explosivo;
- Uso de táticas que introduzam ar, criando uma atmosfera explosiva;
- Aplicar agentes extintores incorretos ou incompatíveis;
- Usar equipamentos ou ferramentas que possam se tornar uma fonte de ignição.

Sá (2007) estudou sobre explosões em locais onde existe muita poeira acumulada e em seu trabalho ele cita parâmetros críticos para a explosão de poeiras, que consistem em:

- Tamanho da partícula: < 0,1 mm;
- Concentração da poeira: 40 a 4.000 g/m<sup>3</sup>;
- Teor de umidade do grão: <11 %;
- Índice de oxigênio no ar: > 12%;
- Energia de ignição: > 10 a 100 mJ (mega Joule); e
- Temperatura de ignição: 410 a 600 °C.

#### 2.3.1.3. Risco de Trabalho em altura

A NR 35 considera como trabalho em altura toda atividade executada acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior, onde haja risco de queda. A norma estabelece que deve ser feita uma análise de riscos criteriosa antes de iniciar qualquer trabalho em altura, verificando pontos para o sistema de ancoragem, condições meteorológicas, serviços realizados simultaneamente, risco de queda de materiais e ferramentas, forma de comunicação, uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Proteção Coletiva (EPC) (Brasil, 2012).

As quedas de altura são uma das principais causas de acidentes no local de trabalho, com especial destaque para o setor da construção civil, incluindo a montagem de silos. Estes acidentes podem causar lesões graves, resultando em perda total da mobilidade (tetraplegia), limitações e incapacidades parciais que impedem o retorno do funcionário ao trabalho, ou até mesmo podem levar à morte (Cassiani, 2005).

Este risco pode ser observado na operação em diferentes situações, como quando há a necessidade de as equipes interventoras acessarem a estrutura dos silos, seja para realização de um salvamento ou para combate ao incêndio. É percebido também quando são utilizadas viaturas dotadas de escadas mecanizadas, que expõe os bombeiros militares a este risco.

#### 2.3.1.4. Risco de colapso estrutural

Os principais fatores geradores de colapso estrutural destacados por Cheung, Calil Junior e Bertocini (2015) são os deslocamentos diferenciais do solo, sobrepressões e carregamentos não simétricos, além de erros de

operação. Isto ocorre principalmente devido à falta de conhecimento dos engenheiros projetistas e dos operadores das estruturas sobre o comportamento estrutural e do produto armazenado.

Durante um incêndio, a elevação da temperatura nos elementos estruturais devido ao fogo (ação térmica) resulta na diminuição da resistência e no aumento das deformações desses elementos. Além disso, é possível que surjam esforços adicionais devido às restrições às deformações térmicas (Koerich, 2021). Esta diminuição da resistência dos elementos estruturais é o que gera o risco de colapso da estrutura.

Dunn (2010) estudou o colapso de estruturas durante incêndios, ele menciona uma série de incêndios ocorridos nos Estados Unidos, nos quais bombeiros perderam suas vidas devido a colapsos estruturais como, por exemplo, um incidente em Chicago, em 1910, quando a parede do prédio desabou no topo do galpão sobre a plataforma de carga deixando 21 mortos. O autor ressalta a fatalidade desse evento, resultando na perda simultânea de um grande número de bombeiros.

Ademais, o colapso do chão é o tipo de incidente de maior mortalidade dos bombeiros envolvidos nesse tipo de ocorrência, seguida pelo colapso do telhado, depois a falha estrutural do colapso da parede e, finalmente, o colapso do forro (Dunn, 2010). Claramente, são estruturas típicas de edificações urbanas, porém em silos também há diversas estruturas, principalmente metálicas, que podem vir a romper com os efeitos do fogo.

Outros fatores que influenciam no risco de colapso é a idade das estruturas e os materiais construtivos. A madeira é o material estrutural que menos suporta situações de incêndio, podendo colapsar em poucos minutos. Já o aço, apesar de não ser combustível, tem baixa resistência ao fogo, de modo que em pouco tempo de exposição perde sua resistência estrutural. Já o concreto e a alvenaria são os materiais que melhor resistem ao fogo (Moraes e Nunes, 2021).

### 2.3.1.5. Risco de engolfamento

Sá (2007) cita um risco que aparece quando é preciso acessar o interior de um silo de grãos. Ao tentar caminhar sem o cinto de segurança sobre a superfície dos grãos, aparentemente firmes, há a possibilidade de os grãos cederem formando um buraco e soterrando o trabalhador em poucos segundos.

Fellet (2018) cita diversos relatos de acidentes envolvendo engolfamento de operários em silos. Segundo o autor, estes incidentes ocorrem por vezes quando é necessário realizar o desentupimento dos canais para carregamento ou descarregamento do material armazenado. O autor cita que em 2017 houve 24 mortes em silos de grãos, sendo a maior parte delas por soterramento dos trabalhadores. Segundo ele, o levantamento indica que o trabalho em silos está entre as atividades com mais acidentes fatais no país, depois das profissões sujeitas a mortes no trânsito.

### 2.3.2. Riscos devido ao desenvolvimento do incêndio

Algumas situações perigosas podem ocorrer durante incêndios desta magnitude, gerando riscos aos bombeiros envolvidos no combate. Dentre eles estão os comportamentos extremos do fogo: inflamação generalizada ou *flashover*, a ignição da fumaça e *backdraft*.

Inflamação generalizada ou *flashover* consiste no instante em que ocorre a elevação repentina da temperatura, em que todo material combustível presente no compartimento entrará em combustão (Seito *et al*, 2008); O *backdraft*, segundo Crispim e Crispim (2021), é uma deflagração que ocorre quando há inserção de oxigênio em um ambiente com acúmulo de fumaça, produto de uma combustão incompleta, com baixa oxigenação, porém com temperaturas elevadas. Já a ignição da fumaça pode ser definida como a “ignição de gases e produtos acumulados do incêndio, que possuem energia suficiente para inflamarem-se ou que se inflamam ao entrar em contato com fonte de calor.” (CBMDF, 2009).

A seguir, na Tabela 2, está uma comparação entre o comportamento dos três fenômenos citados. Devido a estes riscos, é importante que os bombeiros

saibam identificar bem os sinais que precedem cada fenômeno, de forma a evitar maiores danos.

**Tabela 2 - Principais diferenças entre os comportamentos extremos do fogo**

<b>Flashover</b>	<b>Backdraft</b>	<b>Ignição da Fumaça</b>
Ocorre com frequência	Não ocorre com frequência	Ocorre com frequência
Não ocorre explosão	É uma explosão	Pode ou não ser uma explosão
Não possui ondas de choque	Possui ondas de choque	Possui ou não ondas de choque
É um efeito que se mantém	É um efeito momentâneo	É um efeito momentâneo
Ocorre por causa do calor irradiado pela camada de fumaça	Ocorre por causa da entrada de ar (oxigênio) no ambiente	Ocorre pelo contato da fumaça com uma fonte de calor

Fonte: CBMDF (2009)

### **2.3.3. Riscos diversos**

Além dos perigos de incêndios e explosões em instalações de armazenamento de grãos, há também o risco de soterramento, que ocorre comumente quando o operador não utiliza cinto de segurança, o que dificulta sua remoção em caso de ficar preso entre os grãos (Trindade, 2019). Esta situação se estende a operações de resgate, em que os bombeiros militares tenham que acessar a região interior do silo.

Outro risco identificado é o risco de choque elétrico, que se deve às estruturas metálicas e máquinas que atuam no processo de transporte e secagem dos grãos.

### **2.4. Mitigação dos riscos**

O Glossário da Defesa Civil define risco como “relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos” (Brasília, 1998, p. 147). Ou seja, para mitigar um risco, se pode atuar na redução da probabilidade da ameaça ou na redução da vulnerabilidade do sistema receptor.

### **2.4.1. Trabalho em espaço confinado**

A NR 33, Brasil (2006), traz diversas medidas de segurança para trabalho em espaço confinado que podem ser adotadas pelos bombeiros militares em ocorrências em que seja necessário acessar o interior do silo para realização de salvamento. A seguir são listadas algumas medidas preventivas previstas pela norma para segurança dos trabalhadores:

- Realizar a análise e gestão dos perigos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos;
- Planejar a instalação de dispositivos como bloqueios, alívio, lacres e etiquetas;
- Antes de permitir a entrada de trabalhadores em espaços confinados, verificar a segurança interna realizando avaliações atmosféricas preliminares, que devem ocorrer fora do espaço confinado. Em áreas classificadas, os equipamentos devem estar certificados ou possuir documentação conforme o Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade (INMETRO);
- Manter condições atmosféricas seguras durante todo o período de trabalho nos espaços confinados, utilizando métodos como monitoramento, ventilação, purga, lavagem ou inertização;
- Monitorar de forma contínua a qualidade do ar nos espaços confinados onde os trabalhadores autorizados estão atuando, para garantir condições seguras de entrada e permanência;
- Não utilizar oxigênio puro para ventilação;
- Antes de usar, verificar a funcionalidade dos equipamentos de medição;
- Utilizar dispositivos de leitura direta, intrinsecamente seguros, equipados com alarmes, devidamente calibrados e protegidos contra interferências eletromagnéticas ou radiofrequências;
- Escolher equipamentos fixos e portáteis, incluindo dispositivos de comunicação e movimentação vertical e horizontal, que sejam adequados aos riscos presentes em espaços confinados;

- Adotar medidas para prevenir ou controlar riscos de incêndio ou explosão em atividades como soldagem, aquecimento, esmerilhamento, corte ou outras que possam gerar chama aberta, faíscas ou calor;
- Implementar medidas para prevenir ou controlar riscos de inundação, soterramento, engolfamento, incêndio, choques elétricos, eletricidade estática, queimaduras, quedas, deslizamentos, impactos, amputações e outros perigos que possam afetar a segurança e saúde dos trabalhadores;
- Não realizar trabalho individual ou isolado em espaços confinados; sempre contar com um vigia do lado de fora para intervir e resgatar o trabalhador em caso de emergência;
- Os responsáveis pelo resgate devem possuir aptidão física e mental adequada para a tarefa;
- A capacitação da equipe de resgate deve abranger todos os possíveis cenários de acidentes identificados na análise de risco.

#### **2.4.2. Explosão de poeira**

A explosividade de uma nuvem de poeira é difícil, se não impossível, de medir durante um incidente. Medidores estão disponíveis para medir níveis explosivos de gases e vapores inflamáveis, mas nenhum está disponível atualmente para poeiras combustíveis. Uma regra prática: se a nuvem de poeira obscurecer totalmente uma fonte de luz a uma distância de 6 a 9 pés, trate-a como se estivesse na faixa explosiva e considere evacuar a área (OSHA, 2013).

Além disso, a poeira pode interferir na leitura dos medidores de gases e vapores inflamáveis, depositando resíduos nos sensores. Uma opção a isto é filtrar o material para remover a poeira dos sensores, mas os medidores devem ser verificados com frequência quanto à perda de fluxo de amostra. Os socorristas devem lembrar que a leitura no medidor é apenas para o componente de gás e vapor inflamável; não inclui a contribuição de perigo da poeira. Uma mistura de gás ou vapor inflamável e poeira combustível pode ser mais energética do que qualquer componente individual (OSHA, 2013).

Quanto à operação do fluxo de mangueira deve-se evitar a criação de nuvens de poeira combustível ou introdução de mais ar. Desta forma, o uso de

fluxos sólidos (compactos) pode dispersar a poeira no ar, enquanto que os fluxos amplos (neblina), podem mover grandes quantidades de ar, ventilando hidraulicamente os espaços. Assim, a maneira mais segura para aplicação de água é o padrão médio a largo, o mais suave possível, com baixa pressão e a uma distância segura, como demonstrado na Figura 6 (OSHA, 2013).

**Figura 6 – Fluxo de mangueira de névoa média e baixa pressão**



Fonte: OSHA (2013)

Além da extinção, a água das mangueiras pode ser usada para tornar seguro o acúmulo de poeira. Ao molhar suavemente as pilhas de poeira, elas tornam-se mais pesadas dificultando sua dispersão em nuvem. Porém é preciso se atentar para o acúmulo de água no recinto, que gera um sobrepeso na estrutura, podendo ocasionar em risco estrutural (OSHA, 2013).

Segundo Sá (2007), há algumas condições a observar para saber se uma determinada poeira apresenta risco de explosão:

- A poeira deve ser combustível;
- Ela deve ser capaz de permanecer em suspensão no ar;
- Deve ter um arranjo e tamanho passível de propagar a chama;
- A concentração da poeira deve estar dentro da faixa explosiva;

- Uma fonte de ignição com energia suficiente deve estar presente;  
e
- A atmosfera deve conter oxigênio suficiente para suportar e sustentar a combustão.

Assim é preciso evitar ou anular a maior quantidade possível destas condições.

### **2.4.3. Trabalho em altura**

A NR 35 de Trabalho em Altura, Brasil (2012), estabelece diversos requisitos de segurança para trabalhos em plano elevado. Dentre eles estão as obrigações do empregador, que podem ser atribuídas ao comandante de socorro, no caso de operações de bombeiros militares. Algumas das responsabilidades citadas pela norma são:

- Certificar-se de que as medidas de proteção da norma sejam efetivamente postas em prática;
- Garantir que a análise de risco seja conduzida de forma adequada;
- Elaborar um procedimento operacional para atividades em altura que são realizadas de forma regular;
- Assegurar que o local de trabalho seja previamente avaliado, e que medidas adicionais de segurança sejam planejadas, implementadas e documentadas;
- Monitorar de perto a implementação das medidas de segurança;
- Fornecer informações atualizadas sobre os riscos e os métodos de controle aos trabalhadores;
- Certificar-se de que nenhum trabalho em altura comece sem a implementação das medidas de segurança apropriadas;
- Garantir a interrupção de atividades em altura quando forem identificadas situações ou condições de risco não previstas, que não possam ser imediatamente mitigadas;
- Garantir que todas as atividades em altura sejam supervisionadas por pessoal competente.

A NR 35 estabelece que o trabalhador deve ser capacitado para tal atividade. Assim, é preferível que o bombeiro militar que vá atuar também possua treinamento específico para este tipo de operação, tendo domínio das normas de segurança, capacidade para fazer análise dinâmica de risco, domínio dos sistemas, equipamentos e procedimentos de proteção coletiva e individual e noções de resgate e primeiros socorros (Brasil, 2016).

No planejamento do trabalho em altura devem ser adotadas medidas na seguinte hierarquia de prioridades: Evitar trabalho em altura, sempre que existir meio alternativo para execução; eliminar o risco de queda dos trabalhadores, na impossibilidade de execução de outra forma; minimizar as consequências da queda, quando o risco de queda não puder ser eliminado (Brasil, 2016).

Para minimizar os riscos de queda, devem ser adotados sistemas de proteção contra quedas coletivos e individuais. A proteção individual é composta por sistema de ancoragem, elemento de ligação e equipamento de proteção individual. Estes equipamentos devem ser inspecionados diariamente para evitar falhas (Brasil, 2016).

Durante a operação, o trabalhador deve permanecer conectado ao sistema por todo o período de exposição ao risco. A análise de risco deve considerar ainda a distância de queda livre, o fator de queda, uso de elemento de ligação que garanta um impacto máximo de 6 kN transmitido para o trabalhador, zona livre de queda e compatibilidade entre os elementos do sistema de proteção individual (Brasil, 2016).

#### **2.4.4. Colapso estrutural**

Não há como prever com exatidão ou evitar a ocorrência de colapso das estruturas, porém há sinais que podem servir como alarme para a fuga dos bombeiros militares antes da sua ocorrência. Assim, para evitar ser atingido por um desabamento, é preciso observar a estrutura e se há sinais como rachaduras nas paredes ou ruídos indicativos de movimentação, um piso excessivamente sobrecarregado, ou um pavimento completamente tomado pelo fogo. Embora cada indicador individualmente possa não indicar um colapso, a combinação destes deve alertar os bombeiros para evacuação imediata (Norman, 2012).

Quando o aço é aquecido a temperaturas superiores a cerca de 815 °C, ele perde sua resistência, deixando cair sua carga ou torcendo-se e cedendo. Qualquer peça da estrutura que dependa dele cairão. Além disso, o aço tem um alto coeficiente de dilatação térmica, fazendo com que, quando resfriado, ele se contraia de volta ao comprimento original, podendo perder contato de sustentação de estruturas que estavam apoiadas e cedendo (Norman, 2012). Este efeito pode ocorrer, por exemplo, quando jatos de água atingem e resfriam estruturas de aço que estavam quentes e dilatadas, gerando riscos para os bombeiros que estão atuando.

#### **2.4.5. Desenvolvimento do incêndio**

Segundo o Manual de Combate a Incêndio do CBMDF, é possível observar sinais que antecedem um fenômeno extremo, possibilitando a saída dos bombeiros militares do ambiente incendiado antes da sua ocorrência. No caso do *flashover*, o manual cita a fumaça densa, a formação de línguas de fogo na camada de fumaça, o *rollover* (rolamento de fumaça no nível do teto) e a ocorrência de resíduos de fumaça depositados nas superfícies de móveis e pisos (CBMDF, 2009).

Já o *backdraft*, ocorre, geralmente, logo após a abertura de algum acesso pelos bombeiros militares, fornecendo oxigênio a um incêndio confinado e com altas temperaturas. Os indícios que antecedem este fenômeno são fumaça densa e escura, rolando pelo ambiente, saindo em forma pulsante por meio de frestas ou qualquer outra abertura, poucas chamas visíveis que surgem quando encontram o ar, fumaça puxando corrente de ar para dentro do ambiente, janelas enegrecidas, portas e maçanetas quentes, sons de assobio ou rugido e molduras de janelas com “depósitos de óleo” (CBMDF, 2009).

Quanto à ignição da fumaça, uma das medidas mais eficientes para evitar é não permitir o seu acúmulo no ambiente, ainda que as chamas já tenham sido debeladas. Isso exigirá um cuidado constante por parte dos bombeiros, inclusive na fase do rescaldo (CBMDF, 2009).

Segundo Guerrero (2022), a ordem de ações no combate a incêndio em silos deve ser: abafamento (suprimir o oxigênio e injetar gás carbônico);

separação do combustível (remoção dos cereais de forma controlada); e resfriamento (recomenda a utilização de água como agente extintor).

Além disso, Guerrero (2022) traz algumas outras recomendações para a realização do combate:

- Evitar a entrada de ar;
- Se houver chamas na superfície, controle-as;
- Não jogue água em vão;
- Esvaziar, verificando se não sai nenhum material queimado;
- Umedeça o material queimado e encaminhe para um local adequado;
- Separe o bom do queimado;
- Definir um local para destinar o material atingido pelo incêndio e outro para aquele que não foi atingido. Tarefa a ser realizada com o pessoal da planta;
- Esvaziar a estrutura após o controle do incêndio;
- A água pode afetar produtos que não tenham sido danificados.

## **2.5. Procedimentos operacionais recomendados**

### **2.5.1. Fases do combate a incêndio de incêndio**

As ações de preparação das guarnições devem ser iniciadas antes dos incêndios, de forma preventiva, ainda no quartel, tais como: treinamento constante de todas as guarnições dentro de suas respectivas funções, estudo de incêndios anteriores, conhecimento por parte dos bombeiros das características prediais da sua respectiva área de atuação (CBMDF, 2009).

Muitas agências de resposta a emergências realizam rotineiramente pesquisas pré-incidentes em instalações com riscos especiais. Isso permite que os socorristas, independentemente do tamanho da jurisdição, aprendam sobre os perigos, métodos adequados para lidar com emergências e os recursos existentes para auxiliá-los (por exemplo, abastecimento de água, sistemas de supressão, espaços confinados, pontos de saída) (OSHA, 2013).

Segundo o Manual de Combate a Incêndio do CBMDF (2009), a atividade de combate a incêndio possui uma sequência de procedimentos a serem adotados pelo comandante do socorro, que vão desde a assunção do serviço até o desfecho da ocorrência. Em cada uma dessas fases, há peculiaridades da ocorrência, que devem ser observadas para definir as ações. As fases definidas pelo manual são:

1. Aviso: solicitação de socorro é recebida via telefone ou diretamente na unidade, devendo obter do solicitante o maior número de informações possíveis como local e tipo do evento e suas principais características;
2. Deslocamento: É a fase que vai da saída do socorro da unidade até a chegada ao local da ocorrência, sendo necessário presar pela segurança e melhor trajeto durante o percurso e podendo complementar as informações recebidas;
3. Reconhecimento: É a fase que ocorre na chegada do socorro ao local da ocorrência e que se faz a coleta de informações úteis e necessárias ao planejamento da resposta como o local do foco, evolução do incêndio, vítimas, riscos, suprimentos de água e sistemas preventivos;
4. Planejamento: É quando o comandante do socorro define quais ações serão desenvolvidas para a solução do evento, conhecendo a capacidade dos recursos à sua disposição e as características do evento;
5. Estabelecimento: É a fase ligada à direção, quando a divisão de tarefas e o posicionamento das viaturas, garantindo a segurança, acesso adequado, comunicação e suprimento de água;
6. Salvamento: Retirada imediata de vítimas que estiverem em situação de risco;
7. Combate: Utilização de técnicas e equipamentos necessários à proteção, ao confinamento e à extinção do incêndio;
8. Controle: Acompanhamento do desenvolvimento das ações e o comportamento do incêndio, realizando mudanças no plano de ação, se necessário;

9. Inspeção final: Procedimento adotado logo após a extinção que visa identificar pontos de rescaldo, verificar a existência de vítimas fatais, preservar os vestígios para a perícia, garantir a segurança do local e retirar objetos de valor;
10. Rescaldo: Fase que visa eliminar possíveis fontes de re-ignição;
11. Desmobilização: É a fase em que os recursos não mais necessários começam a ser liberados da área do incêndio para retorno à unidade.

### 2.5.2. Análise Preliminar de Riscos (APR)

A Análise Preliminar de Riscos (APR) é uma prática estabelecida em várias Normas Regulamentadoras, como a NR-33 para Trabalho em Espaços Confinados, NR-35 para Trabalho em Altura, entre outras. A APR consiste em realizar uma inspeção detalhada e antecipada dos riscos que podem estar presentes em um ambiente de trabalho. Através dessa análise, é possível identificar os riscos ocupacionais e propor ações preventivas para evitá-los.

Assim, é recomendado que esta prática seja adotada logo na fase de reconhecimento do local da ocorrência. Tendo como base alguns dos riscos gerais de ocorrências similares, é possível fazer um mapeamento específico no momento da intervenção, diminuindo as chances de erros por parte das equipes de bombeiros militares.

**Tabela 3 - APR na manutenção de equipamentos de armazenamento de cereais**

Riscos	Nível de Risco	Tipo de Risco
Queda do Trabalhador	10	Risco Moderado
Queda de Materiais	8	Risco Moderado
Prensamento de partes do corpo	8	Risco Moderado
Intoxicação em espaço confinado	10	Risco Moderado
Ruído provocado pelas máquinas e equipamentos em funcionamento	8	Risco Moderado
Choque elétrico (baixa tensão)	6	Risco Tolerável
Engofamento	10	Risco Moderado

Fonte: Adaptado de Trindade (2019)

Trindade (2019) realizou um estudo sobre os riscos das atividades de montagem e manutenção de silos, elaborando uma APR para a atividade de manutenção de equipamentos de armazenamento de cereais e identificando os riscos apresentados na Tabela 3. Alguns destes riscos se aplicam também às operações de resgate e combate a incêndios realizadas pelos bombeiros militares, podendo colaborar na elaboração de uma APR específica para eles quando atuarem nestas estruturas.

### **2.5.3. Procedimentos de segurança e ação em incidentes com sólidos inflamáveis**

Devido aos riscos identificados, os cereais armazenados foram classificados como produtos perigosos, enquadrado na guia 133 (sólidos inflamáveis) do manual de produtos perigosos. Assim, os procedimentos de segurança contidos na guia, em casos de derramamento do produto, segundo o aplicativo Pró-Química Online, Ambipar Response (2023), são os seguintes:

- Isolar a área imediatamente em um raio de 25m no mínimo;
- Manter as pessoas não autorizadas fora da área de risco;
- Manter-se afastado de todas áreas baixas, tendo o vento pelas costas;
- Utilizar equipamento de respiração autônomo com pressão positiva;
- Vestimentas usuais de combate ao fogo possuem proteção limitada;
- Fazer a evacuação inicial no sentido do vento a uma distância de, pelo menos, 100 metros;
- Se a carga ou tanque estiver envolvido no fogo, isolar a área num raio de 800 metros em todas as direções. Considerar a necessidade de evacuação da área isolada;
- Eliminar todas as fontes de ignição (cigarro, equipamentos elétricos que produzem faíscas ou calor);
- Não tocar ou caminhar sobre o produto;
- Com uso de pá limpa, remover o material derramado e armazenar em recipiente seco com tampa;
- Molhar o produto com água;

- Prevenir o escoamento para a rede de esgoto, sistemas de ventilação ou áreas confinadas.

Além disso, em caso de incêndio, o manual, Ambipar Response (2023), indica os seguintes procedimentos:

- Pequeno incêndio: utilizar pó químico seco, gás carbônico, areia, terra, jato de água ou espuma normal;
- Grande incêndio: Jato ou neblina de água, ou espuma normal;
- Afastar os recipientes da área do fogo, se for possível sem risco;
- Resfriar os recipientes expostos às chamas com água em abundância, mesmo após o fogo ter sido extinto;
- Em caso de fogo intenso, utilizar mangueiras com suportes fixos ou canhão monitor. Se isto não for possível, abandonar as áreas de risco e deixar queimar;
- Retirar-se imediatamente caso ouvir som crescente do dispositivo de segurança/alívio ou em caso de descoloração do tanque devido ao fogo;
- Manter-se sempre longe de tanques envoltos em chamas.

Em caso de vítima, é preciso removê-la imediatamente para local com ar fresco, solicitar assistência médica, se ela não estiver respirando aplicar respiração artificial, se respirar com dificuldade administrar oxigênio, remover roupas e calçados contaminados, lavar pele ou olhos em água corrente em caso de contato com a substância, além disso deve-se manter a vítima aquecida (Ambipar Response, 2023)

### **3. METODOLOGIA**

A Seção 3 (Metodologia) pode ser dividida nas subseções classificação de pesquisa, universo e amostra e instrumento de pesquisa.

#### **3.1. Classificação de pesquisa**

A presente pesquisa pode ser classificada quanto a sua natureza como uma pesquisa aplicada, que, conforme Nascimento e Sousa (2015), busca gerar conhecimentos para solução de problemas específicos, é dirigida à busca da verdade para determinada aplicação prática em situação particular. Assim, o conhecimento dos riscos e técnicas proporcionados por essa pesquisa poderá ser aplicado na atuação do CBMTO.

Outrossim, quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória, já que compreende estudos bibliográficos, análise de casos que auxiliam na compreensão do problema e entrevista com profissionais que já vivenciaram a situação pesquisada.

Já quanto à abordagem, pode-se afirmar que se trata de uma pesquisa quantitativa e qualitativa, uma vez que foca nos conhecimentos dos riscos e técnicas aplicáveis, mas também aborda um mapeamento de áreas de risco por meio de dados obtidos sobre os armazéns de grãos, avaliação dos recursos disponíveis no CBMTO e um histórico da atuação dos bombeiros militares neste tipo de ocorrência.

#### **3.2. Universo e amostra**

Os dados estudados são o poder operacional do Corpo de Bombeiros Militar do Tocantins e as unidades de armazenamento de grãos do estado do Tocantins.

Segundo Gil (2014), a amostra não probabilística por acessibilidade é quando o pesquisador seleciona os elementos a que tem acesso admitindo que estes possam representar o universo de alguma forma. Assim, a amostra

utilizada para o estudo das unidades de armazenamento se enquadra nesta definição, já que o cadastro nacional não necessariamente possui todas as unidades existentes, mas possui grande parte delas, uma vez que a legislação obriga os produtores a realizarem o seu cadastro.

Para montar a relação do efetivo de militares do CBMTO, foi utilizada uma amostragem não probabilística por tipicidade, que “consiste em selecionar um subgrupo da população que, com base nas informações disponíveis, possa ser considerado representativo de toda a população” (Gil, 2014, p. 94). Neste caso, o subgrupo utilizado são os militares que estão lotados nas unidades operacionais do CBMTO. Já com relação às viaturas, foi realizado um levantamento de todo o conjunto universo.

### **3.3. Instrumentos de pesquisa**

No que se refere ao estudo dos riscos envolvidos nas operações, foi realizado um levantamento bibliográfico em trabalhos científicos nacionais e internacionais, além disso foram consultadas normas técnicas (NRs, NBRs e NFPA's). Para complementar os conhecimentos obtidos por meio de pesquisa bibliográfica, foram realizadas entrevistas com três militares que atuaram em ocorrências desta natureza, visando aproveitar a experiência obtida por eles durante a sua atuação.

Já em relação às táticas e técnicas operacionais, foi realizado um estudo bibliográfico baseado nos riscos que haviam sido levantados anteriormente. Parte dos procedimentos adotados são os que estão contidos no aplicativo de Produtos Perigosos da Proquímica (Abquim), na guia 133, de sólidos inflamáveis, classe na qual se encaixam os produtos armazenados nos silos.

Para pesquisa documental e levantamento de dados, foram utilizados o Sistema de Cadastro Nacional das Unidades Armazenadoras – SICARM (CONAB, 2023b), o Sistema de Operações do CBMTO (SIOCB). O primeiro foi usado para relacionar as unidades armazenadoras de grãos do estado, já o segundo, para colher as estatísticas de ocorrências, relatórios, recursos como viaturas e equipamentos, e efetivo de militares da corporação.

Para tratamento dos dados coletados, foram utilizados o software de edição de planilhas *Microsoft Excel*® versão 2016 e o software de geoprocessamento *QGis*® versão 3.10.10. A projeção utilizada na formulação dos mapas foi SIRGAS 2000, UTM 23S.

### **3.4. Estudos de caso**

Afim de entender melhor quais são as características e complicações de ocorrências de incêndio e explosões em silos e as limitações da atuação do CBMTO neste tipo de ocorrência, foram realizados três estudos de casos. O primeiro sobre uma explosão ocorrida em um silo de armazenamento de milho em Palotina-PR, em 26 de julho de 2023, o segundo sobre um incêndio ocorrido em um silo de armazenamento de coco babaçu no município de Tocantinópolis -TO em 03 de outubro de 2011, e o terceiro sobre um Incêndio em silo de armazenamento de milho em Lagoa da Confusão – TO

O primeiro caso visa compreender os desafios enfrentados neste tipo de operação e as estratégias e táticas atuais para atendimento destas ocorrências. Assim, foi realizada uma entrevista, conforme ANEXO A, com o Capitão Rodrigues do Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (CBMPR), que foi o comandante do incidente de explosão de um silo que armazenava milho em Palotina-PR.

Já o segundo caso, busca compreender como foi a atuação do CBMTO na ocorrência, quais foram os riscos identificados, as dificuldades e os principais pontos de melhoria possíveis. Para isso, foi consultado o relatório da ocorrência, reportagem realizada na época do ocorrido e realizada uma entrevista, conforme ANEXO B, com o Major Willames, que foi o comandante do socorro na operação.

Quanto ao terceiro estudo, tem como objetivo compreender como foi a atuação do CBMTO na ocorrência, quais foram os riscos identificados, as dificuldades e os principais pontos de melhoria possíveis, considerando uma realidade mais atual. Para isso, foi consultado o relatório da ocorrência, reportagem realizada na época do ocorrido e realizada uma entrevista, conforme ANEXO C, com o Cabo Martinelli, que participou da operação.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seção de resultados e discussões da pesquisa foi dividida em quatro tópicos, de acordo com os objetivos específicos traçados. Esta pesquisa se limita pelo fato de haver pouco conhecimento teórico difundido no país que aborde o tema de combate a incêndios e explosões em silos. Além disso, é difícil avaliar a capacitação e conhecimento dos militares do CBMTO para atuação neste tipo de ocorrência devido à dispersão das unidades operacionais no estado e a raridade de ocorrências.

### 4.1. Estudos de caso

#### 4.1.1. Entrevista com Capitão Rodrigues (CBMPR) – Explosão de silos em Palotina – PR

Em 30 de julho de 2023, houve uma explosão em um armazém de grãos, em Palotina, interior do Paraná, provocando 7 vítimas fatais (Fantástico, 2023). Nesta operação foram mobilizados mais de 35 socorristas e 7 cães de busca de Palotina, Cascavel e Toledo, cidades do oeste do Paraná. Além disso, também atuaram 14 bombeiros militares do Grupo de Operações de Socorro Tático (GOST) (Giombelli, 2023). Na Figura 7 é possível notar a extensão dos danos.

**Figura 7 – Local de explosão da C.Vale**



Fonte: Giombelli (2023)

A fim de entender o desenvolvimento da ocorrência, os riscos, as dificuldades e a forma de atuação das equipes de resgate, foi realizada uma entrevista com o Capitão Rodrigues do Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (CBMPR), que chefiou as operações no local.

Segundo o entrevistado, a ocorrência foi recebida pelo Corpo de Bombeiros como uma explosão em um secador. O impacto atingiu 4 silos, totalizando uma área sinistrada de 20.000 m<sup>2</sup>. As atividades de busca e resgate duraram mais de 120 horas ininterruptas. Posteriormente, foi constatado que ao local de origem da explosão teria sido em um túnel onde funcionários de uma empresa terceirizada trabalhavam.

Apesar de a perícia ainda não ter sido concluída, o Capitão Rodrigues levantou uma hipótese de possível causa da explosão, que seria a utilização de ferramentas metálicas (pás), que foram encontradas nos túneis onde os funcionários trabalhavam e poderiam ter gerado faíscas resultando na explosão. Outra hipótese citada foi o uso de cigarros devido ao horário de fim de expediente.

Os principais riscos identificados logo no início das operações foram os focos de incêndio, o risco de novas explosões e o risco de colapso estrutural. Quanto aos focos de incêndio, foram combatidos antes do início das buscas, e foi mantida durante toda a operação, uma viatura de combate a incêndio para prevenir a reignição.

Já com relação ao risco de novas explosões, o capitão citou que a retirada do telhado e das paredes colapsada provocou uma ventilação no local reduzindo o risco de explosões. Além disso, devido à atmosfera imprópria para a vida e saúde, foram utilizados Equipamentos de Proteção Respiratórios (EPRs) e medidor multigases ao ingressar nos túneis para realização das buscas. Um fator que facilitou a operação, foi o fornecimento de EPRs de ar mandado pela empresa, o que permitiu jornadas de trabalho mais longas pelas equipes de busca e resgate.

Porém, o maior risco identificado pelo Capitão, foi o de colapso estrutural, não só dos túneis, mas também devido aos elevadores de grãos e as chapas

metálicas que constituíam as paredes dos silos. Todas essas estruturas ofereciam riscos substanciais de queda sobre as vítimas e equipes de resgate. Então, o foco principal da operação nos dois primeiros dias foi em desmontar essas estruturas e escorar os túneis. Para isso, foi utilizado maquinário fornecido pela empresa.

O Capitão citou que no local onde foram encontradas as 6 primeiras vítimas, no primeiro dia, só a ação de chamar pelas vítimas em voz alta fez com que algumas estruturas ruíssem. Assim, a desmontagem das estruturas e escoramento dos túneis forneceu mais tranquilidade e confiança para o trabalho das equipes. Uma dificuldade quanto à estabilização dos túneis ocorreu devido às escoras disponíveis para serem utilizadas tinham cerca 2,15 m de comprimento, enquanto que os túneis tinham apenas 2,00 m de altura.

Quanto aos recursos empregados, foram acionadas diversas corporações, dentre elas a Polícia Militar, a Polícia Científica, o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), além de diversas equipes do CBMPR, o GOST, a Prefeitura Municipal e a Defesa Civil. Ainda, foi empregado maquinário fornecido pela empresa administradora dos silos como guindastes, pás-carregadeiras, retroescavadeiras para auxiliar na desmontagem das estruturas e retirada do material combustível.

**Figura 8 – Equipes de resgate buscam vítimas após a explosão**



Fonte: Fantástico (2023)

Com relação aos EPIs, de modo geral, foram utilizados roupa de aproximação, capacete, luva, óculos e equipamentos de trabalho em altura. Além do mais, alguns materiais foram fornecidos pela própria empresa para auxiliar nos trabalhos, como cordas, talabartes, cabos da vida, gaiola de sobrevivência, câmeras e iluminação para os túneis. O EPR de ar mandado fornecido pela empresa também ajudou bastante, porém pelo comprimento das mangueiras, foi necessário acoplar duas em cada equipamento.

Desta forma, cabe ressaltar que se trata de um incidente muito complexo e que exigiu uma grande quantidade e qualidade de recursos para que a operação fosse bem-sucedida. Os fatores positivos desta operação foram a disponibilidade de recurso humano qualificado e em grande quantidade e o auxílio da empresa com EPIs, maquinário e materiais.

#### **4.1.2. Entrevista com Major Willames – Incêndio em silo de armazenamento de coco babaçu em Tocantinópolis – TO**

Na madrugada do dia 03 de outubro de 2011, se iniciou um incêndio de grandes proporções na cidade de Tocantinópolis – TO, na Fábrica de processamento de babaçu, Tobasa Bioindustrial, onde estavam armazenadas cerca de 14 toneladas de produto. Esta ocorrência foi atendida pelos bombeiros militares do batalhão de Araguaína - TO, cidade localizada a 150 km de distância (Valdênio, 2011).

Segundo relatos obtidos na matéria feita pelo Major Valdênio do CBMTO, a possível causa do incêndio teria sido um curto circuito em fios elétricos do galpão. A equipe do CBMTO atuou juntamente com os bombeiros da cidade de Estreito – MA utilizando caminhões-pipa fornecidos pela empresa (Valdênio, 2011).

Desta forma, para entender melhor a ocorrência e as dificuldades enfrentadas, foi realizada entrevista com o Major Willames, que na época coordenou as operações. Segundo ele, ao serem acionados para este incêndio, eles optaram por entrar em contato com o Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão para pedir auxílio, uma vez que Tocantinópolis fica próxima à divisa

entre os estados. Assim, foi enviada uma equipe vinda da cidade de Estreito – MA e outra de Araguaína – TO.

**Figura 9 – Incêndio em silo de armazenamento de coco babaçu em Tocantinópolis**



Fonte: Valdênio (2011)

Conforme o relato do Major, ao chegar no local, o incêndio já estava muito desenvolvido. Os funcionários informaram que durante a madrugada havia ocorrido um princípio de incêndio partindo de um motor elétrico, que teria sido combatido por eles, e haviam pensado que estava controlado, porém ocorreu uma reigniçãõ que eles não conseguiram mais combater, tendo que acionar o CBMTO.

Quanto ao tempo resposta, o Major citou que o deslocamento até o local demorou entre duas horas e meia e três horas, devido principalmente ao trânsito intenso da rodovia. Os bombeiros militares de Estreito já estavam no local, mas não haviam iniciado o combate. As viaturas empregadas foram dois ABTs, um de Estreito e outro de Araguaína, e uma viatura de salvamento de Araguaína. Depois, o Comandante da ocorrência solicitou à prefeitura de Tocantinópolis que

fornecesse uma pá-carregadeira, que foi utilizada para demolir parte do galpão para retirar o material combustível, diminuindo assim a carga do incêndio.

Quanto ao efetivo empregado, inicialmente foram deslocados 6 militares de Araguaína e 3 de Estreito, que atuaram durante todo o primeiro dia de ocorrência. No segundo dia, devido à dimensão da ocorrência, foram acionados militares que estavam de folga para auxiliar no combate, cerca de 8, segundo o Major. A partir de então, estes militares fizeram o revezamento de 24h por 24h durante os quatro dias em que o Corpo de Bombeiros Militar atuou.

Segundo o entrevistado, eles tiveram sérios problemas com abastecimento de água das viaturas, sendo necessário reabastecer em córregos ribeirinhos que possuíam pouca vazão. Então, ele considera que devido às dificuldades logísticas e limitação de recursos, eles não tinham condições de combater um incêndio com aquelas proporções, o que provocou o prolongamento da ocorrência.

Quanto aos riscos, o Major citou que o local era muito instável o que gerava risco de queda. Havia uma parte do silo que era confinada, e neste ponto o combate estava sendo mais difícil. Ele citou também que ao derrubarem uma das paredes do silo, o vento ajudou a dissipar parte da fumaça, reduzindo de certa forma um dos riscos. Segundo ele, foram utilizados EPRs para minimizar os riscos de contaminação pela fumaça.

Outro fato relatado pelo Major, é que a empresa não prestou o apoio necessário, o que poderia ter facilitado o trabalho. Neste caso, cabe ressaltar que na época o estado possuía menos quartéis, hoje em dia há mais cidades com unidades operacionais o que reduz a distância a percorrer para atender às cidades que não possuem. Porém, ainda há limitação de efetivo, de forma que em ocorrências de grande vulto ainda são acionados militares que não estão de serviço para prestar apoio.

#### 4.1.3. Entrevista com Cabo Martinelli – Incêndio em silo de armazenamento de milho em Lagoa da Confusão – TO

No dia 09 de abril de 2023, o CBMTO atuou em um incêndio em um silo ocorrido no setor industrial de Lagoa da Confusão -TO. A 3ª Companhia, de Paraíso do Tocantins, foi acionada para atuar nesta ocorrência, que teve três horas de duração. O fogo se iniciou no silo de armazenamento de cereais e teria se propagado para a caldeira do armazém (Bedin, 2023).

**Figura 10 – Incêndio em silo de armazenamento de cereais em Lagoa da Confusão - TO**



Fonte: Cabo Martinelli (2023)

Para entender melhor o desenvolvimento da ocorrência e suas dificuldades, foi realizada uma entrevista com o Cabo Martinelli, do CBMTO, que atuou nesta operação. Segundo o entrevistado, foi relatado pelo solicitante que eles demoraram a acionar o CBMTO, pois estavam tentando conter o incêndio por conta própria, utilizando um caminhão pipa.

Devido à distância da ocorrência, 130 km de Paraíso do Tocantins, a equipe se deslocou em uma viatura tipo caminhonete, levando seus EPIs (Roupa de aproximação) e EPRs. Os bombeiros militares utilizaram a água dos caminhões pipa fornecidos pela empresa para realizar o combate ao incêndio.

Segundo o entrevistado o combate estava difícil, pois o fogo havia atingido os grãos e a água não conseguia resfriar os grãos que estavam no centro do secador. Dessa forma, os funcionários auxiliavam no combate tentando movimentar os grãos para que eles caíssem pelo cone no fundo do silo e fosse possível retirar o material combustível. Assim, a principal ação dos bombeiros neste combate foi o resfriamento da estrutura e dos grãos que estavam sendo retirados por baixo do silo.

Ainda segundo o Cabo Martinelli, eles tiveram muita dificuldade para extinguir o incêndio, pois os grãos se mantinham em brasa, em uma queima sem chamas, mas que era muito difícil de apagar. Quanto aos riscos identificados, o entrevistado citou que eles ficaram com receio de haver colapso estrutural, pois tiveram de acessar plataformas da estrutura em plano elevado, que já haviam sido atingidas pelas chamas.

#### **4.2. Procedimentos operacionais recomendados para a minimização dos riscos identificados**

Com base no arcabouço teórico levantado e nos estudos de caso apresentados, foi elaborado um Quadro de orientações gerais as ações necessárias para minimizar os riscos de operações de combate a incêndio em silos. Este quadro segue a sequência lógica das fases do incêndio, apresentadas pelo Módulo 4 do Manual de Combate a incêndio (CBMDF, 2009). Além do mais, foram seguidas recomendações contidas no POP de combate a incêndio em edificações altas do CBMDF (CBMDF, 2015).

**Quadro 1 – Procedimentos operacionais recomendados**

<b>Procedimentos operacionais recomendados</b>
<p><b>Material necessário:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EPI de combate a incêndio, EPR autônomo e/ou de ar mandado, Material de abastecimento, Material de estabelecimento, Material de arrombamento, Material de ventilação, Material de salvamento, Material de sinalização e isolamento, Lanternas, Rádios portáteis, Medidor 4 gases / Explosímetro.</li> </ul>
<p><b>Viaturas necessárias:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Viatura de combate a incêndio;</li> <li>• Viatura de salvamento;</li> <li>• Viatura de resgate;</li> <li>• Viatura com escada, se disponível;</li> <li>• Caminhão pipa, auto tanque ou outra fonte de abastecimento de água.</li> </ul>

<p><b>1) Aviso:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar detalhamento de informações para o solicitante (localidade, quantidade de vítimas prováveis, tipo e quantidade de material armazenado, grau de desenvolvimento do incêndio, recursos disponíveis para auxílio no combate);</li> <li>• Verificar os recursos disponíveis nas unidades mais próximas;</li> <li>• Iniciar o deslocamento imediatamente.</li> </ul>
<p><b>2) Deslocamento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar complemento de informações e suporte da empresa com fontes de abastecimento;</li> <li>• Verificar a disponibilidade de maquinário com a empresa e/ou prefeitura municipal (escavadeira, trator, retroescavadeira, pá carregadeira ou mini pá carregadeira);</li> </ul>
<p><b>3) Reconhecimento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer a avaliação 360°;</li> <li>• Realizar a avaliação de riscos: Observar a existência de poeiras suspensas no ar, comportamento do incêndio e indícios de fenômenos extremos, sinais de colapso estrutural, existência de vítimas;</li> <li>• Identificar melhores acessos;</li> <li>• Identificar pontos de abertura para ventilação;</li> <li>• Verificar pontos de abastecimento de água para as viaturas;</li> <li>• Definir a rota de fuga;</li> <li>• Solicitar recursos adicionais caso seja necessário.</li> </ul>
<p><b>4) Planejamento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir o Posto de Comando, Área de Espera, Área de Concentração de Vítimas e Rota de Fuga;</li> <li>• Avaliar a capacidade dos recursos disponíveis em relação às dimensões do incêndio e solicitar recursos adicionais, caso não seja suficiente para realizar o combate;</li> <li>• Definir as estratégias e táticas a serem utilizadas no combate;</li> <li>• Definir as funções de cada membro da equipe;</li> </ul>
<p><b>5) Estabelecimento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer a viatura de combate a incêndio em local seguro, que permita aproximação de viaturas de apoio e manobras táticas para combate a incêndio ou abastecimento;</li> <li>• Promover isolamento do local (recomendado 800 m para tanques envolvidos no fogo);</li> <li>• Promover fonte de abastecimento de água para as viaturas;</li> <li>• Estabelecer comunicação efetiva;</li> <li>• Cortar o fornecimento de energia. Verificar existência de geradores ou caldeira;</li> <li>• Estabelecer as linhas de ataque e proteção;</li> <li>• Promover estabilização das estruturas se houver recurso disponível para isso (escoramento, retirada ou desmontagem de estruturas instáveis).</li> </ul>
<p><b>6) Salvamento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar a evacuação e controle de pânico;</li> <li>• Realizar o salvamento de vítimas visíveis retirando-as da situação de risco e colocando-as em segurança;</li> <li>• Realizar o salvamento de vítimas presumidas, prezando sempre pela segurança das equipes;</li> <li>• Promover o atendimento pré-hospitalar imediatamente após a retirada das vítimas;</li> <li>• Caso haja múltiplas vítimas, aplicar o método START;</li> <li>• Utilizar EPI e EPR adequados, incluindo equipamento de proteção contra quedas em caso de acesso a planos elevados;</li> <li>• Utilizar o medidor 4 gases caso seja necessário acessar espaços confinados;</li> <li>• Evitar acessar locais com alto risco de colapso estrutural ou de novas explosões;</li> <li>• Utilização de cães de busca e resgate, se disponíveis.</li> </ul>
<p><b>7) Combate:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar o abafamento, suprimindo as fontes de oxigênio;</li> <li>• Fazer a retirada do material combustível para reduzir a carga de incêndio;</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer o resfriamento utilizando jatos de cone meio aberto e baixa vazão;</li> <li>• Molhar a poeira acumulada para diminuir a suspensão no ar;</li> <li>• Evitar acessar locais com alto risco de colapso estrutural ou de novas explosões.</li> <li>• Se houver chamas na superfície, controle-as;</li> <li>• Aplicar água com eficiência, sem desperdiçar;</li> <li>• Umedecer o material queimado e encaminhar para um local adequado, separado do material bom;</li> <li>• Esvaziar a estrutura após o controle do incêndio</li> </ul>
<p><b>8) Controle:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação dinâmica dos riscos;</li> <li>• Controlar o tempo de trabalho e descanso dos militares que estão na operação;</li> <li>• Sempre realizar o controle de quantos militares estão na zona quente;</li> <li>• Promover suprimentos como alimentação e hidratação para os militares que estão trabalhando;</li> <li>• Caso ocorra explosões, abandonar o local imediatamente devido ao risco de explosões em sequência.</li> </ul>
<p><b>9) Inspeção final:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer busca minuciosa por vítimas;</li> <li>• Fazer o <i>check</i> abandono, para evitar que materiais e equipamentos sejam abandonados na cena do incidente</li> </ul>
<p><b>10) Rescaldo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar apoio para que uma equipe diferente da que realizou o combate, trabalhe no rescaldo;</li> <li>• Realizar o resfriamento de pontos quentes;</li> <li>• Utilizar câmera térmica para identificar pontos quentes remanescente;</li> <li>• Movimentar o material para resfriar as camadas mais profundas;</li> <li>• Permanecer no local por tempo suficiente para que não haja mais risco de reignição.</li> </ul>
<p><b>11) Desmobilização:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmobilizar primeiro as equipes que chegaram primeiro na ocorrência;</li> <li>• Assim que um recurso não for mais necessário, realizar a sua desmobilização;</li> <li>• Garantir a segurança da cena, deixando aos cuidados da polícia e/ou proprietário.</li> </ul>
<p><b>12) Relatório da ocorrência:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deve conter todos os recursos humanos e materiais utilizados;</li> <li>• Relatar as estratégias utilizadas no combate;</li> <li>• Duração da ocorrência;</li> <li>• Baixas humanas e materiais que possam ter ocorrido;</li> </ul>

Fonte: Autor, 2023

#### 4.3. Mapeamento das regiões de risco de incêndios em silos no Estado do Tocantins

Com base nos dados do SICARM, CONAB (2023b), foi elaborada a Tabela 4, com o resumo por município da situação dos armazéns a granel do estado.

**Tabela 4 – Resumo das unidades de armazenamento a granel por município**

Município	Quantidade de armazéns	Soma de Capacidade Estática (t)
<b>Total Geral</b>	<b>185</b>	<b>2577059</b>
Lagoa Da Confusão	27	319925

Continua...

Continuação

<b>Município</b>	<b>Quantidade de armazéns</b>	<b>Soma de Capacidade Estática (t)</b>
Formoso Do Araguaia	22	317484
Porto Nacional	11	231120
Campos Lindos	7	141103
Silvanópolis	5	139690
Santa Rosa Do Tocantins	5	123500
Caseara	5	115620
Cariri Do Tocantins	11	114681
Alvorada	6	113066
Dianópolis	5	109010
Pedro Afonso	6	89253
Figueirópolis	2	85610
Miranorte	3	80902
Gurupi	2	65540
Paraíso Do Tocantins	8	57038
Guaraí	4	36370
Fortaleza Do Tabocão	1	34210
Marianópolis Do Tocantins	4	34085
Pium	4	32787
Tupirama	1	32000
Cristalândia	4	29756
Palmeirante	2	29730
Brejinho De Nazaré	2	26350
Peixe	2	23540
Barra Do Ouro	3	20850
Fátima	1	19180
Goiatins	2	19060
Dueré	2	16456
Almas	1	16320
Piraquê	1	14620
Nova Rosalândia	1	12090
Araguaína	5	10501
Palmas	3	9910
Darcinópolis	1	9710
Miracema Do Tocantins	2	9227
Bom Jesus Do Tocantins	2	6040
Divinópolis Do Tocantins	1	5560
Tocantinópolis	2	4972
Chapada Da Natividade	2	4056
Talismã	2	3780
Araguacema	2	3595
Aparecida Do Rio Negro	1	3375
Palmeirópolis	1	2700
Itapiratins	1	2687

Fonte: Adaptado de CONAB, 2023b

Desta forma, os municípios em que há maior capacidade de armazenamento são Lagoa da Confusão, Formoso do Araguaia e Porto Nacional. Cabe ressaltar que apesar de uma menor capacidade de armazenamento, Cariri do Tocantins possui uma grande concentração de armazéns menores.

A região destes municípios, tem como Unidades de Bombeiro Militar (UBMs) mais próximas a 2ª Companhia Independente de Bombeiro Militar (2ª CIBM), de Paraíso do Tocantins, e o 3º Batalhão de Bombeiro Militar (3º BBM), de Gurupi e a 3ª Companhia Independente de Bombeiro Militar (3ª CIBM), de Porto Nacional.

A fim de estimar o tempo resposta para atendimento de ocorrências nos municípios, foram traçadas rotas no aplicativo *Google Maps*®, entre a sede dos municípios e os quartéis mais próximos. Os tempos de deslocamento obtidos são aproximados, para um horário sem trânsito, sendo apresentados na Tabela 5. Observando estes dados é possível entender que o tempo resposta é um fator crítico, sobretudo em Formoso do Araguaia, município que possui a UBM mais próxima a 1h00 de distância.

**Tabela 5 – Tempo de deslocamento para os municípios mais críticos**

<b>Município</b>	<b>2ª CIBM</b>	<b>3º CIBM</b>	<b>3º BBM</b>
Lagoa Da Confusão	1h45	2h10	2h17
Formoso Do Araguaia	2h56	2h34	1h00
Porto Nacional	1h41	-	2h00
Cariri Do Tocantins	2h37	2h11	0h25

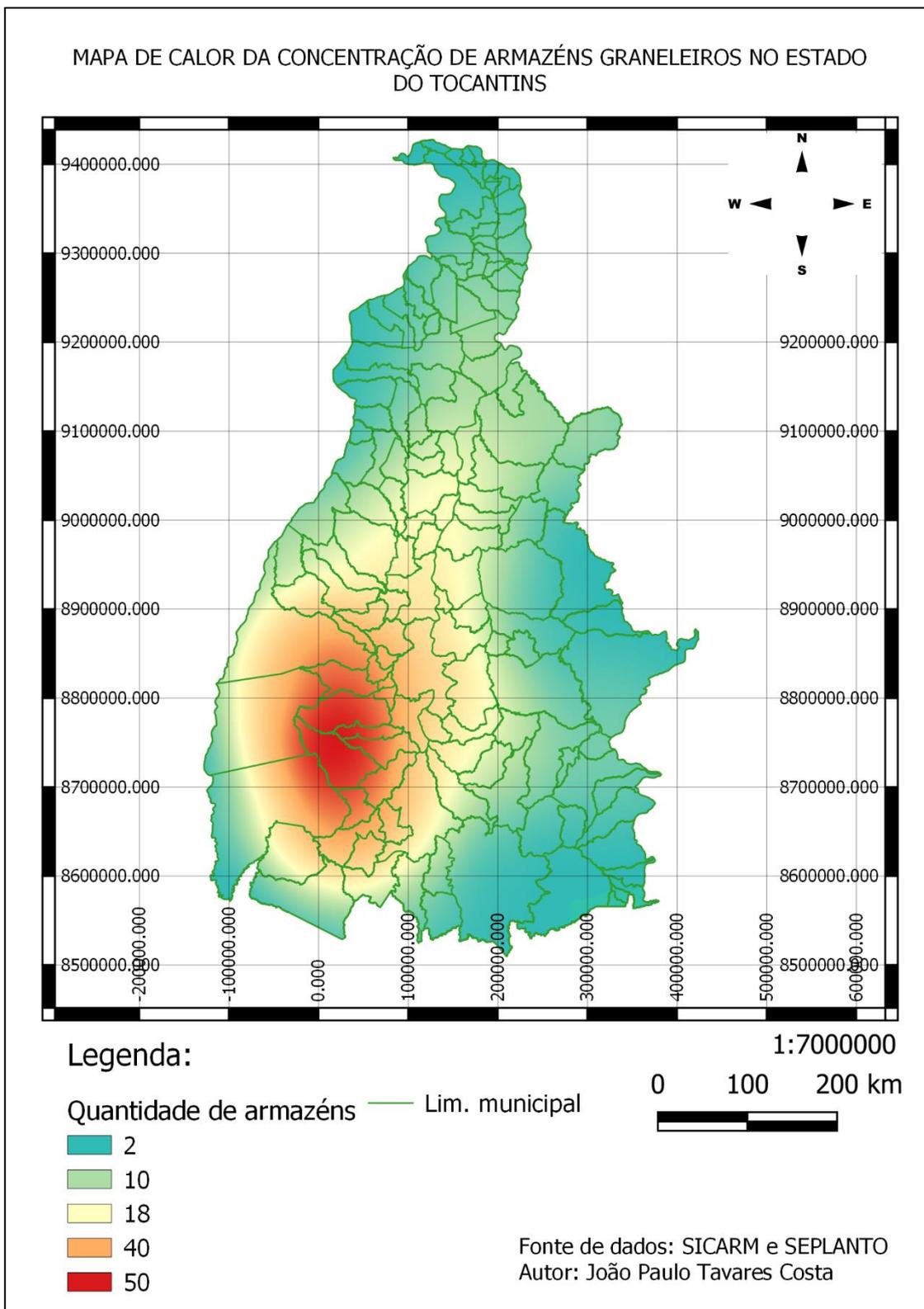
Fonte: Autor

Cabe pontuar que esta estimativa não considera outras variáveis como o tempo de despacho da ocorrência, mobilização dos recursos e condições do tráfego das vias. Outrossim, a aproximação realizada considera a sede do município, mas como os armazéns se localizam na região rural, pode variar para mais ou para menos dentro do território municipal.

Com base na concentração de unidades de armazenamento a granel no Tocantins, foi elaborado um mapa de calor das regiões onde há um risco potencial de ocorrências de incêndio em silos, que está apresentado na Figura 11. Analisando o mapa, há uma região em que possui maior concentração de

unidades, isso se deve à concentração de plantações na região e proximidades com a BR-153, principal via de escoamento da produção.

**Figura 11 - Mapa de Calor da concentração de armazéns graneleiros no estado do Tocantins**



Fonte: Autor, 2023

#### 4.4. Levantamento do poder operacional do CBMTO

##### 4.4.1. Mapeamento das unidades operacionais e efetivo de militares

De acordo com os dados fornecidos pelo CBMTO, a corporação conta com 348 militares lotados no serviço operacional, sendo 306 praças e 42 oficiais. A Tabela 6 mostra a divisão do efetivo pelas Unidades Bombeiro Militar (UBMs).

**Tabela 6 – Efetivo de militares por unidade operacional**

<b>UBM</b>	<b>Localização</b>	<b>Oficiais</b>	<b>Praças</b>	<b>Total</b>
1ª CIA/1º BBM	Palmas	8	33	41
1ª CIBM	Taquaralto	3	29	32
2ª CIBM	Paraíso do Tocantins	4	33	37
3ª CIBM	Porto Nacional	2	34	36
CIBS	Palmas	2	18	20
1ª CIA/2º BBM	Araguaína	9	39	48
4ª CIBM	Colinas do Tocantins	4	34	38
5ª CIBM	Araguatins	3	28	31
1ª CIA/3º BBM	Gurupi	5	34	39
6ª CIBM	Dianópolis	2	24	26
<b>Total:</b>		<b>42</b>	<b>306</b>	<b>348</b>

Fonte: Autor com dados fornecidos pelo CBMTO, 2023

Como pode ser observado na tabela acima, o efetivo de militares na corporação ainda é muito menor do que o necessário. A proporção atual é de mais de 4300 habitantes para cada bombeiro militar lotado no serviço operacional. Além disso, o estado possui uma grande extensão territorial, o que dificulta o atendimento aos menores municípios que ainda não possuem UBMs, aumentando assim o tempo resposta.

Atualmente, a escala do serviço operacional do CBMTO é de 24 horas de trabalho por 72 horas de descanso. Porém, devido à deficiência de efetivo, em ocorrências de grande vulto como incêndios em silos, é comum que sejam acionados militares que estão de folga para auxiliar nestas operações. Estes militares se apresentam de forma voluntária, quando são acionados.

Ademais, cabe citar a Companhia Independente de Busca e Salvamento (CIBS), localizada em Palmas – TO, que possui militares e cães para utilização em buscas e resgates. Este recurso é de grande ajuda em casos de ocorrências em que hajam vítimas desaparecidas em meio a estruturas colapsadas.

#### 4.4.2. Levantamento das viaturas

De acordo com os dados fornecidos pelo CBMTO, foi elaborada a Tabela 7, contendo a relação das viaturas disponíveis em cada UBM.

**Tabela 7 – Relação de viaturas por UBM**

UBM	ABT	ABTF	AIF	AE e APM	AT	ABS	UR	ASA e AR	CA	ADM	BAR
1ª CIA/1º BBM	1	0	1	1	1	0	1	0	3	3	0
1ª CIBM	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0
2ª CIBM	0	1	0	0	0	1	1	0	1	2	1
3ª CIBM	1	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0
CIBS	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	2
1ª CIA/2º BBM	1	2	0	1	1	0	1	3	1	4	1
4ª CIBM	1*	2 e 1*	1	0	0	0	1	0	1	0	1
5ª CIBM	0	1	0	0	0	0	1	3	0	3	2
1ª CIA/3º BBM	1	1	0	1	1	0	1	1	1	3	0
6ª CIBM	0	0	0	0	0	1	0	1 e 1*	0	2	1

\* Viaturas baixadas

ABT – Auto bomba tanque

ABTF – Auto bomba tanque florestal

AIF – Auto incêndio florestal

AE – Auto escada

APM – Auto plataforma mecânica

AT – Auto tanque

ABS – Auto bomba salvamento

UR – Unidade de resgate

ASA – Auto salvamento avançado

AR – Auto rápido

CA – Comando de Área

ADM – Viatura administrativa

BAR – Embarcação

Fonte: Autor com dados de CBMTO, 2023a

Conforme apresentado na Tabela 5, todas as UBMs possuem pelo menos uma viatura de combate a incêndio (ABT, ABTF, AIF, ABS, AT), uma viatura de salvamento (ABS, ASA, AR) e uma viatura de atendimento pré-hospitalar (UR). Este seria um trem de socorro mínimo para atender a uma ocorrência de incêndio ou explosão em um silo. Porém, cabe ressaltar que dependendo das dimensões da ocorrência, são necessários recursos adicionais.

Uma grande dificuldade identificada com relação às viaturas, é que a maioria das UBMs contam com apenas uma viatura de combate a incêndio e os casos de incêndios em silos ocorrem na zona rural, de forma que caso a viatura se desloque para uma ocorrência deste tipo, deixa a sua região de atendimento desprotegida.

#### **4.4.3. Outros recursos**

Atualmente, no CBMTO há EPIs de combate a incêndio em boas condições para atuação nas ocorrências, incluindo roupas de aproximação, botas e luvas de combate a incêndio, balaclavas e capacetes. Porém, ainda não há equipamento suficiente para cautelas individuais de todos os militares, sendo necessário que compartilhem alguns desses materiais.

Outrossim, a Companhia Independente de Busca e Salvamento (CIBS) conta com uma equipe especializada de busca com cães, que possui 3 cães operantes, 3 cães em treinamento e 5 militares com curso cinotécnico. Cabe ressaltar que esta equipe já foi utilizada para apoio em buscas até fora do estado, como nos desastres de Petrópolis e Recife auxiliando na localização das vítimas.

#### **4.4.4. Avaliação da capacidade de resposta do CBMTO para atuação em ocorrências de incêndio em silos**

Com base nos estudos de caso e nos dados obtidos sobre os recursos disponíveis no CBMTO foi possível entender quais são as limitações da corporação no atendimento a ocorrências de incêndios em silos.

Uma limitação identificada foi o tempo resposta nas cidades que não possuem UBM, que podem chegar a mais de 1 hora. Esse deslocamento prejudica o socorro na cidade sede. Isto ocorre, porque a maioria das unidades possuem apenas uma viatura de combate a incêndio e uma viatura de resgate.

Em caso de incidentes de pequenas dimensões, o CBMTO possui capacidade de atender à ocorrência, uma vez que possui efetivo e viaturas disponíveis em diversas regiões do estado. Já nos casos de incidentes de grandes dimensões, a corporação pode enfrentar dificuldades devido à limitação

de recursos. Desta forma, quando ocorre, é comum acionar militares que não estão de serviço para prestarem apoio.

Em contrapartida, a corporação possui uma companhia especializada, a CIBS, que dispõe de cães e militares treinados para atuação em buscas de vítimas desaparecidas. Este tipo de recurso se mostrou essencial no incidente de explosão dos silos em Palotina – PR, de forma que o CBMTO pode utilizá-lo em caso de explosões ou colapsos estruturais com vítimas soterradas.

Quanto aos equipamentos, foi verificado que a corporação está bem provisionada e possui EPIs de combate a incêndio (roupas de aproximação, capacetes, luvas de combate a incêndio, balaclavas, botas de combate a incêndio), EPRs autônomos, EPIs de trabalho em altura, ferramentas de arrombamento e material para montagem das linhas de combate. Porém, a corporação não possui o medidor 4 gases, que é um equipamento muito importante nestas ocorrências.

Outra limitação identificada por meio dos estudos de caso foi a dificuldade de estabelecer fontes de abastecimento de água, uma vez que estas ocorrências geralmente são em meio rural. Desta forma, é preciso solicitar suporte para a empresa proprietária dos silos ou para a prefeitura, pois o deslocamento de um AT de uma cidade para a outra seria uma solução muito morosa. Outra opção, como observado no estudo de caso de Tocantinópolis, é a utilização de mananciais naturais.

Foi verificado também, por meio dos estudos de caso, que nenhuma ação efetiva foi tomada, em ambas as ocorrências do CBMTO, para mitigar os riscos de colapso estrutural e explosão de poeira. Isto indica um certo nível de desconhecimento por parte dos militares envolvidos dos riscos presentes naquelas operações.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho, ao longo do seu desenvolvimento, buscou definir quais são os procedimentos operacionais recomendados para o combate a incêndios em silos pelo CBMTO, considerando os principais riscos dessa atividade. Além disso, foi realizada uma análise da produção de grãos no Estado e o mapeamento dos armazéns graneleiros, de forma a identificar as principais áreas de risco. Ademais, foram realizados estudos de caso para compreender os riscos e os procedimentos necessários para gerenciá-los, que aliados a uma análise do poder operacional do CBMTO, permitiu verificar se a corporação está preparada para atender a este tipo de ocorrência.

O objetivo de definir os procedimentos operacionais foi atingido, resultando na elaboração de um protocolo que ajudará os militares envolvidos nestas ocorrências a terem melhor eficiência e segurança nas operações, uma vez que se trata de um assunto complexo e com riscos diversos de conhecimento pouco difundido. Ainda, consiste em um tema de alta relevância pois este tipo de incêndio oferece alto risco à vida e ao patrimônio, além de afetar o Estado em aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Assim, a partir da avaliação da produção de grãos, foi possível identificar uma dependência da economia do Estado desta atividade, influenciando diferentes setores industriais e do comércio. Sobretudo, os armazéns graneleiros estão concentrados na região Centro-Oeste do estado, caracterizando a principal zona de risco e necessitando de uma maior atenção por parte do CBMTO. Estando ciente desta informação, a corporação pode se preparar melhor para futuras ocorrências.

Ademais, os principais riscos identificados advêm da natureza do material armazenado e da estrutura dos silos, que consistem em espaços confinados, além dos riscos inerentes a qualquer incêndio estrutural, que não podem ser negligenciados. Portanto, é preciso que haja militares treinados para atuarem em ocorrências desta natureza em todos os quartéis próximos à região de risco identificada.

Desta forma, os protocolos produzidos nesta pesquisa contribuem para minimizar ou neutralizar os riscos da atividade, uma vez que estas informações permitem operações mais seguras e eficientes. Ademais, devem ser observadas as recomendações de segurança contidas nas NRs 33 e 35 e na guia do manual de produtos perigosos para sólidos inflamáveis.

A partir da análise dos casos atendidos pelo CBMTO e por outras corporações, foi identificado que a estratégia mais eficiente para o controle dos incêndios é retirar os materiais combustíveis de dentro dos armazéns, pois a carga de incêndio, por vezes, supera a capacidade de resposta dos recursos empregados. Assim, é recomendado que, ainda na fase de deslocamento, seja verificado se há maquinário da empresa ou da prefeitura municipal para auxiliar nesta ação.

Como observado no mapeamento das áreas de risco, ainda há um tempo-resposta muito alto em certas regiões críticas, podendo ocasionar em maiores prejuízos em caso de incidente. Para mitigar esta situação seria necessária uma ampliação do efetivo e da quantidade de UBM's pelo Estado. Já quanto à capacidade de resposta do CBMTO, foi identificado que a corporação possui os recursos necessários para atender a estas ocorrências, com exceção do medidor 4 gases. Assim, é recomendada a aquisição do equipamento supracitado e de EPIs para que os militares não precisassem mais compartilhar esses materiais.

Por fim, recomenda-se que os procedimentos aqui indicados sejam adotados pelo CBMTO, para isso, foi produzido um Procedimento Operacional Padrão (POP), para utilização pela corporação. Cabe ainda à corporação, realizar o reconhecimento dos armazéns a fim de prever possíveis problemas em caso de incêndios e realizar treinamentos com os militares sobre os assuntos aqui abordados.

Como sugestão para pesquisas futuras, podem ser feitas visitas aos armazéns a fim de aprofundar a análise para cada caso particular. Ademais, é possível formular os treinamentos para capacitar os militares para atuar em ocorrências desta natureza. Outra análise possível, é a elaboração de uma matriz dos riscos para classificação destes quanto a probabilidade e impacto.

## REFERÊNCIAS

AMBIPAR RESPONSE. **Pró-Química Online**. Versão 10.0. Ambipar response, 2023.

ABNT. **NBR 14787**: Espaço confinado - Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 10 p.

BEDIN, Gisele. **Bombeiros combatem incêndio em silo no setor industrial de Lagoa da Confusão**. 2023. Disponível em: <https://www.to.gov.br/bombeiros/noticias/bombeiros-combatem-incendio-em-silo-no-setor-industrial-de-lagoa-da-confusao/7gd8yxfaxzuf>. Acesso em: 01 ago. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR 33** – Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-33.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR 35** - Trabalho em Altura. Brasília, DF: Ministério do Trabalho, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acao-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-35.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. **Glossário de defesa civil estudos de riscos e medicina de desastres**. 2. ed. Brasília, 1998. 173 p.

CASSIANI, Sílvia Helena de Bortilo. A segurança do paciente e o paradoxo no uso de medicamentos. **Revista Proteção**. n. 58, fev. 2005.

CBMDF. **Manual básico de combate a incêndio**: comportamento do fogo. 2. ed. Brasília, 2009.

CBMDF. **POP**: Combate a incêndio em edificações. Brasília, 2015.

CBMTO. **CBM-TO**. Versão 1.30.2. CBMTO, 2023a.

CBMTO. **Planejamento Estratégico do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins**. Palmas, 2023. Disponível em: [https://www.al.to.leg.br/arquivos/documento\\_61734.PDF#dados](https://www.al.to.leg.br/arquivos/documento_61734.PDF#dados). Acesso em: 23 jun. 2023.

CBMTO. **SCIOCB**. Versão 1. CBMTO, 2023c.

CHEUNG, Andrés Batista; CALIL JUNIOR, Carlito; BERTOCINI, Sandra Regina. **Investigação estrutural de silos metálicos e de concreto no Brasil**. In: XIII Congresso Latino-Americano de Patologia da Construção, set. 2015. Lisboa – PT. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283033517>. Acesso em: 20 jun. 2023.

CONAB, 2023a. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 9 nono levantamento, junho 2023. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2023a.

CONAB, 2023b. **Portal Armazéns do Brasil**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNDdkNDM4ZjctYzk0OS00NWVjLWFIYjktZWQ4Njg3MDEyMTg0liwidCI6ImU2ZDkwZGYzLWYxOGItNGJkZC04MDhjLWFhNmQwZjY4YjgwOSJ9>. Acesso em: 23 jun. 2023b.

COSTA, Alexandre Damasceno; GARAGNANI, Leo; SILVA, Ligiane Costa. **Armazenamento de grãos: comparativa de armazém graneleiro x silos**. In: XI FATECLOG, Bragança Paulista/SP - Brasil, 23 e 24 de outubro de 2020. Disponível em: [https://fateclog.com.br/anais/2020/ARMAZENAMENTO%20DE%20GR%C3%83OS%20COMPARATIVA%20DE%20ARMAZ%C3%89M%20GRANELEIRO%20X%20SILOS\(1\).pdf](https://fateclog.com.br/anais/2020/ARMAZENAMENTO%20DE%20GR%C3%83OS%20COMPARATIVA%20DE%20ARMAZ%C3%89M%20GRANELEIRO%20X%20SILOS(1).pdf). Acesso em: 23 jun. 2023.

CRISPIM, Honório Assis Filho; CRISPIM, Calvin Mariano Rêgo. Análise de estruturas de concreto armado em situação de incêndio: um insight. **Revista da arquitetura - cidadania e habitação**, Brasília, v. 1, n. 1. p.100-117, 2021.

DUNN, Vincent. **Collapse of Burning Buildings: a guide to fireground safety**. 2. ed. [S.l.]: Fire Engineering, 2010.

EMBRAPA, 2023. **MATOIPIBA**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>. Acesso em: 24 de março de 2023.

FANTÁSTICO. **Tragédia em silo de grãos: imagens exclusivas mostram explosão em armazém no paraná**. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/fantastico/noticia/2023/07/30/tragedia-em-silo-no-interior-do-parana-imagens-exclusivas-mostram-explosao-em-armazem.ghtml>. Acesso em: 01 ago. 2023.

FELLET, João. **As silenciosas mortes de brasileiros soterrados em armazéns de grãos**. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-45213579>. Acesso em: 21 set. 2023.

FIETO. **Soja e milho: plano estratégico para as cadeias produtivas do agronegócio no Estado do Tocantins: 2018 - 2027** / José Roberto Fernandes, Marcos Fava Neves (Coordenadores). – Palmas, TO: Sistema FIETO, 2018. 202 p.

FIETO. 2022, Palmas - TO. **Sondagem Industrial**. Palmas: FIETO, 2022. 8 p. Disponível em: <http://www.fieto.com.br/DownloadArquivo.aspx?c=97ab800c-1c72-45ac-beb2-03cd501ac775>. Acesso em: 25 jun. 2022.

FREITAS, Osvaldo Nunes de. **Manual Técnico-profissional para bombeiro**. 5. ed. Brasília: Cbmdf, 1995.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

GIOMBELLI, Gilvana. **Sete haitianos e um brasileiro morrem em série de explosões em silo no PR: saiba quem são as vítimas**. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2023/07/27/sete-haitianos-e-um-brasileiro-morrem-em-serie-de-explosoes-em-silo-no-pr-saiba-quem-sao-as-vitimas.ghtml>. Acesso em: 01 ago. 2023.

GUERRERO, Junhior. **Cuerpo de Bomberos Voluntarios del Paraguay. Incendio en Silos Generalidades**. Paraguai: Cbvp, 2022. 20 slides, color.

IBGE, 2023. IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 jun. 2023.

IMO. **MSC.268(85)**: International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (IMSBC). 1 ed. London: IMO, 2008. 514 p.

JAYAS, D. S. Storing Grains for Food Security and Sustainability. **Agricultural Research**, v.1, n.1, p.21-24, Jan-Mar, 2012.

KOERICH, Rodrigo. **Incêndio em prédios**: como o projeto estrutural influencia um colapso. como o projeto estrutural influencia um colapso. 2021. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/incendio-em-predios/>. Acesso em: 12 jul. 2023.

LOPES NETO, José Pinheiro; NASCIMENTO, José Wallace Barbosa do. Desastres com silos verticais no brasil. Uma breve coletânea de acontecimentos e suas causas. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 1., 2018, Maceió - Al. **Anais [...]**. Maceió - Al: CONTECC, 2018. p. 1-5.

MILMAN, Mário José. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. Pelotas: Universitária – UFPEL, 2002. 206p.

MORAES, Poliana Dias de; NUNES, Gabriel Zappelini. Alerta precoce de colapso estrutural em situações de incêndio para bombeiros. **Ignis**: Revista Técnico Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Florianópolis, v. 6, p. 1-15, 8 nov. 2021. Disponível em: <https://ignis.emnuvens.com.br/revistaignis/issue/view/18>. Acesso em: 12 jul. 2023.

NASCIMENTO, Francisco Paulo do; SOUSA, Flávio Luís Leite. **Metodologia da pesquisa científica**: teoria e prática. Brasília: Thesaurus, 2015. 384 p.

NORMAN, John. **Fire Officer's**: handbook of tactics. 4. ed. Oklahoma: Penn Well, 2012.

OGLE, R. A.; **Dust Explosion Dynamics**. 2016.

OSHA. **Firefighting Precautions at Facilities with Combustible Dust**. U.S. Department of labor, 2013. Disponível em: <https://www.osha.gov>. Acesso em: 12 jul. 2023.

OSHA. **Manual Técnico da OSHA - Seção IV, Capítulo 6, Poeiras Combustíveis**. U.S. Department of labor, 2020. Disponível em: <https://www.osha.gov>. Acesso em: 12 jul. 2023.

PERSSON, Henry. **Silo Fires: Fire extinguishing and preventive and preparatory measures**. Swedish Civil Contingences Agency (MSB), 2013.

PIMENTEL, Marco. A. G; FONSECA, Marcos J. O. **Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa. 2011

SÁ, Ary. Efeito Devastador. **Revista Proteção**, São Paulo, n. 181, jan. 2007, pg.63. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/silo.htm>. Acesso em 10 jul. 2023.

SANDRONI, P. **Novíssimo dicionário de economia**. Editora Best Seller, São Paulo, 1999. Disponível em: [http://www2.fct.unesp.br/docentes/geo/magaldi/GEO\\_ECONOMICA\\_2019/dicionario-de-economia-sandroni.pdf](http://www2.fct.unesp.br/docentes/geo/magaldi/GEO_ECONOMICA_2019/dicionario-de-economia-sandroni.pdf). Acesso em: 24 de junho de 2023.

SÃO PAULO. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar. **Instrução Técnica Nº 27**, de 2019. Armazenamento em Silos. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/>. Acesso em: 25 de Junho de 2022.

SEITO, Alexandre Itiu *et al* (ed.). **A Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. 496 p.

TAVARES, Bruna; JEAN, Marcos. O perigo da poeira vegetal produzido na movimentação e armazenagem de grãos nos silos e métodos de prevenção. *In*: V CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 5., 2010, Maceió. **Anais [...]** Maceió: CONEPPI, 2010. p. 1 – 6.

TOCANTINS. David Siffert Torres. Secretaria do Planejamento e Orçamento – Seplan (ed.). **Perfil Do Agronegócio Tocantinense**. Palmas - To: FAPTO, 2016. 136 p.

TOCANTINS. **Constituição do Estado do Tocantins**. Aprovada em 5 de outubro de 1989. Disponível em: [https://www.al.to.leg.br/arquivos/documento\\_61734.PDF#dados](https://www.al.to.leg.br/arquivos/documento_61734.PDF#dados). Acesso em: 23 jun. 2023.

TOCANTINS. Secretaria da Agricultura e Pecuária. **Agricultura**. 2023. Disponível em: <https://www.to.gov.br/seagro/agricultura/4i8bn98apzb6>. Acesso em: 04 jun. 2023.

TRINDADE, José Reginaldo Moreira da. **Análise preliminar de riscos em atividade de montagem e manutenção de silos**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

VALDÊNIO. **Bombeiros de Araguaína combatem incêndio em Tocantinópolis**. 2011. Disponível em: <https://www.to.gov.br/bombeiros/noticias/bombeiros-de-araguaina-combatem-incendio-em-tocantinopolis/619vr4pz5pnr>. Acesso em: 05 ago. 2023.

ZARPELLON, L. E.; MOREJON, C. F. M.. Estudo prospectivo dos incêndios e explosões em unidades industriais de beneficiamento e armazenamento de grãos o estado do Paraná. **Revista FLAMMAE**: Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco, Foz do Iguaçu - PR, Vol. 04, N° 11, pg. 155 – 169, nov. de 2018, Disponível em: <https://www.revistaflammae.com/copia-edicao-atual-3>. Acesso em: 11 abril. 2022.

## **APÊNDICE A – ROTEIRO DA ENTREVISTA COM CAPITÃO RODRIGUES**

Roteiro da entrevista com o Capitão Rodrigues:

- 1) Quais foram as características do incidente? Local, dimensão do sinistro, quantidade de vítimas? Os senhores conseguiram identificar a causa provável da explosão?
- 2) Houve apenas explosão ou também ocorreu incêndio? Os senhores identificaram comprometimento estrutural que oferecesse risco à atividade de busca e salvamento?
- 3) Quanto tempo demorou para a primeira resposta chegar ao local? E Qual foi a duração da atividade dos bombeiros na ocorrência?
- 4) Quantos e quais recursos foram empregados? Viaturas, militares, cães?
- 5) Quais foram os principais riscos identificados que ameaçavam a ação e a segurança dos bombeiros na avaliação inicial e durante a operação?
- 6) Quais medidas foram tomadas para minimizar estes riscos durante o trabalho dos bombeiros militares?
- 7) Quanto tempo demorou para que as vítimas fossem encontradas e quais foram as principais dificuldades para encontrá-las?
- 8) Quais EPI's foram utilizados nas buscas? Foi utilizada alguma tecnologia nova para auxiliar na operação?

## **APÊNDICE B – ROTEIRO DA ENTREVISTA COM MAJOR WILLAMES**

Roteiro da entrevista com o Major Willames:

- 1) Poderia descrever brevemente as características da ocorrência? Local, dimensão do sinistro, se houve alguma vítima ou apenas danos materiais?
- 2) Qual foi o tempo para a primeira resposta e quanto tempo durou a operação?
- 3) Quais recursos foram empregados na ocorrência? Viaturas, militares, equipamentos? E qual foi a dinâmica de rodízio das equipes?
- 4) Quais foram os principais riscos identificados para a operação e o que foi feito para minimiza-los?
- 5) Quais foram as dificuldades enfrentadas para gerir esta ocorrência?
- 6) Na sua opinião, como a ocorrência poderia ter sido melhor atendida pelo CBMTO? O senhor considera que a corporação possui efetivo e equipamentos adequados para atender a este tipo de ocorrência?

## **APÊNDICE C – ROTEIRO DA ENTREVISTA COM CABO MARTINELLI**

Roteiro da entrevista com o Cabo Martinelli:

- 1) Poderia descrever brevemente as características da ocorrência? Local, dimensão do sinistro, se houve alguma vítima ou apenas danos materiais?
- 2) Qual foi o tempo para a primeira resposta e quanto tempo durou a operação?
- 3) Quais recursos foram empregados na ocorrência? Viaturas, militares, equipamentos? E qual foi a dinâmica de rodízio das equipes?
- 4) Quais foram os principais riscos identificados para a operação e o que foi feito para minimiza-los?
- 5) Quais foram as dificuldades enfrentadas para gerir esta ocorrência?
- 6) Na sua opinião, como a ocorrência poderia ter sido melhor atendida pelo CBMTO? Você considera que a corporação possui efetivo e equipamentos adequados para atender a este tipo de ocorrência?

## APÊNDICE D – ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO

1. **Aluno:** Cadete BM/2 João Paulo Tavares Costa
2. **Nome:** Procedimento Operacional Padrão (POP) - Combate a Incêndio em Silos.
3. **Descrição:** Procedimento Operacional Padrão a ser seguido em ocorrências de combate a incêndio em silos.
4. **Finalidade:** Estabelecer um procedimento operacional padronizado a ser seguido em ocorrências de combate a incêndio em silos.
5. **A quem se destina:** Militares da prontidão e Comandantes do socorro das unidades operacionais do Corpo de Bombeiros Militar do Tocantins.
6. **Funcionalidades:** Passo a passo a ser seguido pelo comandante do socorro. Procedimentos de segurança. Identificação dos recursos necessários. Material para estudo e treinamento. Utilização em *debriefing* para verificação dos erros e acertos.
7. **Especificações técnicas:**

Material textual: O Procedimento Operacional Padrão (POP) será entregue na forma impressa, no tamanho A4, plastificado, com impressão frente e verso, com total de 9 páginas.

O CBMTO não possui normativa que regulamenta a elaboração de POP's, desta forma, foi utilizado o modelo do CBMDF. A publicação de POP's está prevista no Decreto nº 31.817, de 21 de junho de 2010.

8. **Instruções de uso:** Utilização durante ocorrências do combate a incêndio em silos ou antes para preparação e treinamento das equipes.
9. **Condições de conservação, manutenção, armazenamento:** o produto deve ser mantido em local coberto, em temperatura ambiente, sem que haja contato com água.

## APÊNDICE E – Procedimento Operacional Padrão (POP)

 CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO TOCANTINS <b>COMANDO OPERACIONAL</b> 	
PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP)	
<b>COMBATE A INCÊNDIO EM SILOS</b>	<b>FINALIDADE DO POP</b>  Orientar os bombeiros militares a executarem ações de combate a incêndio em silos de armazenamento de grãos.
<b>OBM responsável:</b> Academia de Bombeiro Militar	
<b>Versão:</b> 1.0/2023	

### 1. RESULTADOS ESPERADOS

- Evitar acidentes com os Bombeiro Militares e as pessoas no local da ocorrência;
- Efetivar o combate, o controle e a extinção de incêndio de forma segura;
- Evitar ou minimizar danos secundários;
- Evitar a propagação do incêndio;
- Diminuir o risco de explosões;
- Preservar a vida e o patrimônio.

### 2. MATERIAL NECESSÁRIO

- Viatura de combate a incêndio;
- Viatura de salvamento;
- Viatura com escada, se disponível;
- Viatura de emergência médica;

- Caminhão-pipa, auto-tanque ou outra fonte de abastecimento de água;
- EPI de combate a incêndio (roupa de aproximação, luvas, capacete, balaclava, bota de combate a incêndio);
- EPI de salvamento em altura;
- EPR autônomo, com cilindros reservas;
- Material de abastecimento e estabelecimento (mangueiras, divisor, esguichos, chave de mangueira);
- Material de arrombamento e exploração (pé de cabra, *halligan*, malho, alavanca);
- Material de ventilação;
- Material de salvamento (cordas, talabartes, mosquetões, descensores e ascensores, cadeira suspensa);
- Material de sinalização e isolamento;
- Lanternas;
- Rádios portáteis;
- Medidor 4 gases/Explosímetro.

### 3. PROCEDIMENTOS

#### I. Aviso

- Solicitar detalhamento de informações para o solicitante (localidade, quantidade de vítimas prováveis, tipo e quantidade de material armazenado, grau de desenvolvimento do incêndio, recursos disponíveis para auxílio no combate);
- Verificar os recursos disponíveis nas unidades mais próximas;
- Iniciar o deslocamento imediatamente

#### II. Deslocamento

- Solicitar complemento de informações e suporte da empresa com fontes de abastecimento para as viaturas;
- Verificar a disponibilidade de maquinário com a empresa e/ou prefeitura municipal (escavadeira, trator, retroescavadeira, pá carregadeira ou mini pá carregadeira);

**III. Reconhecimento**

- Fazer a avaliação 360°;
- Realizar a avaliação de riscos: Observar a existência de poeiras suspensas no ar, comportamento do incêndio e indícios de fenômenos extremos, sinais de colapso estrutural, existência de vítimas;
- Identificar melhores acessos;
- Identificar pontos de abertura para ventilação;
- Verificar pontos de abastecimento de água para as viaturas;
- Definir a rota de fuga;
- Solicitar recursos adicionais caso seja necessário.

**IV. Planejamento**

- Estabelecer o SCI: Definir Posto de Comando, Área de Espera, Área de Concentração de Vítimas e Rota de Fuga;
- Avaliar a capacidade dos recursos disponíveis em relação às dimensões do incêndio e solicitar recursos adicionais, caso não seja suficiente para realizar o combate;
- Definir as estratégias e táticas a serem utilizadas no combate;
- Definir as funções de cada membro da equipe.

**V. Estabelecimento**

- Estabelecer a viatura de combate a incêndio em local seguro, que permita aproximação de viaturas de apoio e manobras táticas para combate a incêndio ou abastecimento;
- Promover isolamento do local (recomendado 800m para tanques envolvidos no fogo);
- Promover fonte de abastecimento de água para as viaturas;
- Estabelecer comunicação efetiva;
- Cortar o fornecimento de energia e gás se houver. Verificar existência de geradores ou caldeira;
- Estabelecer as linhas de ataque e proteção;
- Promover estabilização das estruturas se houver recurso disponível para isso (escoramento, retirada ou desmontagem de estruturas instáveis).

**VI. Salvamento**

- Realizar a evacuação e controle de pânico;
- Realizar o salvamento de vítimas visíveis retirando-as da situação de risco e colocando-as em segurança;
- Realizar o salvamento de vítimas presumidas, prezando sempre pela segurança das equipes;
- Promover o atendimento pré-hospitalar imediatamente após a retirada das vítimas;
- Caso haja múltiplas vítimas, aplicar o método START;
- Utilizar EPI, EPC e EPR adequados, incluindo equipamento de proteção contra quedas ancorado em estruturas seguras e com *backup* em caso de acesso a planos elevados;
- Utilizar o medidor 4 gases caso seja necessário acessar espaços confinados;
- Evitar acessar locais com alto risco de colapso estrutural ou de novas explosões;
- Utilização de cães de busca e resgate, se disponíveis.

**VII. Combate**

- Realizar o abafamento, suprimindo as fontes de oxigênio;
- Fazer a retirada do material combustível para reduzir a carga de incêndio;
- Fazer o resfriamento utilizando jatos de cone meio aberto e baixa vazão e a uma distância segura;
- Molhar a poeira acumulada para diminuir a suspensão no ar;
- Evitar acessar locais com alto risco de colapso estrutural ou de novas explosões;
- Se houver chamas na superfície, controle-as;
- Aplicar água com eficiência, sem desperdiçar;
- Umedecer o material queimado e encaminhar para um local adequado, separado do material bom;
- Esvaziar a estrutura após o controle do incêndio.

<p><b>VIII. Controle</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fazer o controle de portaria de quantos militares estão na zona quente;</li><li>• Avaliação dinâmica dos riscos: controle da suspensão de pós, dinâmica do incêndio, fluxo de gases, instabilidade estrutural;</li><li>• Controlar o tempo de trabalho e reabilitação dos militares que estão na operação;</li><li>• Prover suprimentos como alimentação e hidratação para os militares que estão trabalhando e fazer o monitoramento das suas condições de trabalho;</li><li>• Promover as trocas de cilindros;</li><li>• Caso ocorra explosões, abandonar o local imediatamente devido ao risco de explosões em sequência.</li></ul>
<p><b>IX. Inspeção Final</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fazer busca minuciosa por vítimas;</li><li>• Fazer o check abandono, para evitar que materiais e equipamentos sejam abandonados na cena do incidente.</li></ul>
<p><b>X. Rescaldo</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Solicitar apoio para que uma equipe diferente da que realizou o combate, trabalhe no rescaldo;</li><li>• Realizar o resfriamento de pontos quentes;</li><li>• Utilizar câmera térmica para identificar pontos quentes remanescente;</li><li>• Movimentar o material para resfriar as camadas mais profundas;</li><li>• Permanecer no local por tempo suficiente para que não haja mais risco de reignição.</li></ul>
<p><b>XI. Desmobilização</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Desmobilizar primeiro as equipes que chegaram primeiro na ocorrência;</li><li>• Assim que um recurso não for mais necessário, realizar a sua desmobilização.</li></ul>
<p><b>XII. Relatório da ocorrência</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Deve conter todos os recursos humanos e materiais utilizados;</li><li>• Relatar as estratégias utilizadas no combate;</li></ul>

- Duração da ocorrência;
- Baixas humanas e materiais que possam ter ocorrido.

#### **4. POSSIBILIDADE DE ERROS**

- Deixar de fazer uma análise preliminar de riscos antes de iniciar a atuação;
- Não utilização de EPI's ou EPR;
- Deixar de adotar medidas de segurança como isolamento, desligamento de energia, gás, caldeira e avaliação da atmosfera;
- Utilização de técnicas de combate inadequadas provocando suspensão de poeiras combustíveis no ar;
- Utilização inadequada da ventilação provocando suspensão de poeiras combustíveis no ar;
- Acessar locais com sinais de comprometimento estrutural;
- Deixar de fazer o rescaldo e vigilância por tempo o suficiente para que não haja reignição;
- Deixar de fazer a retirada do material combustível.

#### **5. FATORES COMPLICADORES**

- Ocorrência de explosão de poeira antes ou durante as operações;
- Existência de vítimas soterradas ou encarceradas;
- Falta de fontes de abastecimento para as viaturas;
- Falta de EPI's, EPR's, ou cilindros de ar respirável reservas;
- Falta de recursos adicionais para rendição dos militares empregados;
- Demora para chegada ao local e início do combate ao incêndio.

## 6. GLOSSÁRIO

**Confinamento:** Procedimento destinado a impedir a propagação do incêndio para outros cômodos da mesma edificação sinistrada;

**Controle de portaria:** registrar o acesso de bombeiros a áreas de maior risco durante as operações de combate a incêndio.

**Dano primário:** Dano causado pelo calor, chamas e fumaça.

**Dano secundário:** Dano causado pelas ações técnicas indispensáveis do Corpo de Bombeiros para realizar as operações de combate a incêndio, busca, salvamento e resgate.

**EPI de combate a incêndio:** Equipamento de Proteção Individual de uso do Bombeiro Militar, composto por: capacete com proteção facial, balaclava, luvas, roupa de aproximação, calça e botas.

**EPR autônomo:** Equipamento de proteção respiratória independente da atmosfera ambiente, que fornece um fluxo contínuo de ar respirável ao usuário.

**Explosímetro:** Equipamento especialmente fabricado para detectar concentrações de gases e vapores inflamáveis.

**Inspeção final:** É a última conferência da quantidade e das condições do efetivo bem como de todo o suporte logístico empregado na operação.

**Isolamento de área:** Providência destinada a delimitar o perímetro de segurança e garantir a área de atuação das guarnições, de modo a impedir o acesso de pessoas não autorizadas.

**Isolamento de incêndio:** Procedimento destinado a impedir a propagação do incêndio para outras edificações.

**Material de abastecimento:** São todos os equipamentos de combate a incêndio empregados na conexão entre o ponto de captação e a unidade propulsora de água.

**Material de arrombamento e exploração:** Equipamento utilizado para viabilizar a entrada forçada dos bombeiros nas áreas ou locais de difícil acesso.

**Material de estabelecimento:** Conjunto de equipamentos, ferramentas e acessórios, destinados a produção de espuma e/ou conduzir água sob pressão da boca expulsora das viaturas até onde ela deva ser utilizada.

**Material de salvamento/resgate:** Equipamento utilizado para dar suporte às operações de salvamento de vidas humanas, animais e preservar o patrimônio.

**Material de sinalização e isolamento de área:** Equipamento destinado a identificar, constituir e estabelecer o isolamento de área.

**Medidor 4 gases:** Esse detector de é multifunções que realiza medição de oxigênio (O<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), Sulfeto de Hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e Gases Combustíveis (EX).

**Método START:** É um método de triagem de vítimas simples, rápido e sistematizado que se baseia na capacidade de andar, avaliação da respiração, circulação e nível de consciência.

**Poeira combustível:** Pós que quando em suspensão em ar, dentro da faixa de explosividade, podem gerar deflagrações ou explosões ao serem submetidos a uma fonte de ignição.

**Reabilitação:** Área para hidratação, cuidados de saúde e descanso logo após o bombeiro militar ter saído do combate

**Rescaldo:** Operação executada somente após a extinção de incêndio, com o objetivo de extinguir focos remanescentes e/ou efetuar buscas de vítimas em órbita.

**Salvados:** Tudo aquilo que escapou de uma catástrofe, especialmente de um incêndio ou de um naufrágio.

**Ventilação:** Remoção e dispersão sistemática de fumaça, gases e vapores aquecidos de um ambiente, para proporcionar a troca dos produtos da combustão por ar fresco e facilitar as ações dos bombeiros.

**Zonas de atuação:** Áreas delimitadas e sinalizadas, que definem as ações a serem realizadas dentro do teatro de operações. São classificadas como:

- Zona Quente - é determinada no local que sofreu mais intensamente os efeitos do evento que causou a situação crítica. É nessa área que serão desenvolvidas as operações de maior risco e complexidades desenvolvidas.
- Zona Morna - é uma zona intermediária entre a zona quente e fria, local propício para que os profissionais se equipem, repassem orientações e façam as últimas verificações de segurança antes de adentrar a área quente;
- Zona Fria - abriga as instalações e recursos que darão suporte às atividades, apresenta grau de risco menor relacionado à situação crítica e as operações que serão desenvolvidas

## 7. BASE LEGAL E REFERENCIAL

- Constituição da República Federativa do Brasil, 1988;
- Manual Básico de Combate a Incêndio – CBMDF – Edição 2009;
- POP: Combate a Incêndio em Edificações – CBMDF, 2015;
- OSHA. Firefighting Precautions at Facilities with Combustible Dust, 2013;
- OSHA. Manual Técnico da OSHA - Seção IV, Capítulo 6, Poeiras Combustíveis, 2020;
- Norma Regulamentadora 33, 2013;
- Norma Regulamentadora 35, 2013.