

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS BM

RODRIGO DE JESUS BRUXEL

USO DE VEÍCULO DE COMBATE A INCÊNDIO COM CO₂:
uma análise da viabilidade de implementação para o Corpo de Bombeiros Militar do
Maranhão

São Luís
2020

RODRIGO DE JESUS BRUXEL

USO DE VEÍCULO DE COMBATE A INCÊNDIO COM CO₂:

uma análise da viabilidade de implementação para o Corpo de Bombeiros Militar do
Maranhão

Monografia apresentada ao Curso de Formação de
Oficiais- Bombeiro Militar da Universidade Estadual
do Maranhão para grau de bacharel em Segurança
Pública e do Trabalho.

Orientador: Prof. Esp. 1º Ten. QOCBM Paulo
Henrique Fernandes Oliveira

São Luís
2020

Bruxel, Rodrigo de Jesus.

Uso de veículo de combate à incêndio com CO2: uma análise da viabilidade de implementação para o Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão / Rodrigo de Jesus Bruxel. – São Luís, 2020.

... f.

Monografia (Graduação) – Curso de Formação de Oficiais BM-MA, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: 1º Ten. QOCBM Paulo Henrique Fernandes Oliveira.

1.Combate a incêndio. 2.Veículo. 3.CO2. I.Título.

CDU: 614.846.6(812.1)

RODRIGO DE JESUS BRUXEL

USO DE VEÍCULO DE COMBATE A INCÊNDIO COM CO2:

uma análise da viabilidade de implementação para o Corpo de Bombeiros Militar do
Maranhão

Monografia apresentada ao Curso de Formação de
Oficiais- Bombeiro Militar da Universidade Estadual
do Maranhão para grau de bacharel em Segurança
Pública e do Trabalho.

Orientador: Prof. Esp. 1º Ten. QOCBM Paulo
Henrique Fernandes Oliveira.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. 1º Ten. QOCBM Paulo Henrique Fernandes Oliveira
Orientador

Prof. Me. Carlos Ronyhelton Santana de Oliveira
1º Examinador

1º Ten QOCBM Maikon Ferreira Sousa
2º Examinador

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus que me iluminou durante esta caminhada, e ilumina todos os dias da minha vida.

À minha família, com destaque para minha mãe Eliane, minha avó Ana Rosa, minha tia Eliene, minha esposa Alice e meu filho Miguel por acreditarem e confiarem no meu potencial, por serem meus exemplos, por estarem presentes em todos os momentos, mesmo que a distância, iluminando e me ajudando em minha jornada.

Obrigado pelo afeto e dedicação e, por muitas vezes, renunciarem aos seus sonhos para que eu pudesse realizar os meus. Essa conquista também é de vocês.

Ao meu orientador 1º Tenente QOCBM Paulo Henrique pela imensa ajuda e dedicação pra realização desse TCC.

Aos professores maravilhosos que tive durante esta jornada, pelo conhecimento que nos foi passado, pelas aulas e experiências incríveis que tivemos.

Aos colegas e amigos que fiz durante o CFO, que com certeza ajudaram muito e fizeram a diferença para que eu chegasse até aqui. Por fim agradeço a todos aqueles que de alguma forma estão e estiveram próximos a mim, fazendo a experiência deste curso, valer muito mais a pena.

RESUMO

A presente monografia tem como tema de estudo o uso de veículo de combate a incêndio com CO₂ e visa investigar a viabilidade de implementação deste recurso para o Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão, como alternativa em situações em que a água não seria o agente extintor mais eficiente e tão pouco mais apropriado. Para fundamentar este trabalho foram trazidas as contribuições de alguns autores da área de combate a incêndio como Ferigolo (1977), Uminski (2003), Seito (2008), manuais de combate a incêndio, CBMDF (2009), CBMGO (2016). O campo de estudo foram quartéis de combate a incêndio da cidade de São Luís, Maranhão e a metodologia foi do tipo de pesquisa de natureza aplicada, porque com base no estudo dos autores e as análises das respostas dos sujeitos buscava-se um caminho para a implementação do veículo com CO₂. Quanto aos objetivos a pesquisa foi de caráter exploratório e quanto aos procedimentos foi realizada uma pesquisa bibliográfica com apoio do estudo de pesquisa documental. Como técnica de coleta de dados utilizou-se a entrevista com bombeiros militares. Para análise e interpretação dos dados foi utilizada a categorização, em que foi possível organizar as respostas em três categorias de análise para a interpretação dos dados a luz dos aportes teóricos utilizados, as respostas das entrevistas foram organizadas em quadros para destacar as similaridades das respostas. O trabalho ainda aborda conceitos de incêndio, e características a respeito do CO₂, servindo como base de pesquisa e orientação para quem necessita de uma linguagem fácil e resumida do tema em questão.

Palavras-chave: Combate a incêndio. Veículo. CO₂.

ABSTRACT

This monograph has as its subject of study the use of CO₂ fire fighting vehicle and aims to investigate the feasibility of implementing this resource for the Maranhão Military Fire Department, as an alternative in situations where water would not be the most extinguishing agent. efficient and so little more appropriate. To support this work, contributions were made by some authors in the field of fire fighting, such as Ferigolo (1977), Uminski (2003), Seito (2008), fire fighting manuals, CBMDF (2009), CBMGO (2016). The field of study was two fire fighting barracks in the city of São Luís, Maranhão and the methodology was of the type of applied nature research, because based on the study of the authors and the analysis of the subjects' answers, a way was sought for the implementation of the vehicle with CO₂. As for the objectives, the research was exploratory and for the procedures, a bibliographic research was carried out with the support of the documentary research study. As a data collection technique, interviews with military firefighters were used. For the analysis and interpretation of the data, the categorization was used, in which it was possible to organize the answers in three categories of analysis for the interpretation of the data in the light of the theoretical contributions used, the answers of the interviews were organized in tables to highlight the similarities of the answers. The work also addresses fire concepts, and characteristics regarding CO₂, serving as a basis for research and guidance for those who need an easy and summarized language of the topic in question

Keywords: Fire Fighting Vehicle. CO₂.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Triângulo do Fogo.....	17
Figura 2: Tetraedro do Fogo.....	18
Figura3: Influência da Condução, Convecção e Radiação na combustão.....	19
Figura 4: Ponto de Fulgor	20
Figura 5: Curva de evolução do incêndio celulósico.	23
Figura 6: Tipos de Extintores.....	26
Figura 7: Auto Bomba Tanque	27
Figura 8: Jato Neblinado.....	28
Figura 9: Processo de Boil Over.....	30
Figura 10: Veículo com CO ₂	36
Figura 11: Combate com CO ₂	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Quais conhecimentos básicos devem ter o Bombeiro Militar para a prática de combate a incêndio com CO ₂ ?	44
Quadro 2: O CBMMA oferece formações e treinamentos na área de combate a incêndios, qual a carga horária e a periodicidade dos treinamentos?	45
Quadro 3: O Sr. (a) considera vantajoso o combate a incêndio com CO ₂ ?	46
Quadro 4: Quais são, no seu entendimento, as vantagens e/ou desvantagens do combate a incêndio com CO ₂ ?	47
Quadro 5: Como é feito o combate a incêndio com CO ₂ no CBMMA? Quais os materiais e equipamentos necessários?	47
Quadro 6: O Sr (a) considera vantajosa a implementação de um veículo de combate a incêndio com CO ₂ ? Se sim, conte quais seriam as vantagens?	48
Quadro 7: Qual seria a principal dificuldade para a implementação de um veículo de combate a incêndio com CO ₂ no CBMMA?	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 CIÊNCIA DO FOGO.....	16
2.1 Representação gráfica do fogo.....	16
2.2 Tetraedro do fogo.....	18
2.3 Combustão	18
2.4 Ponto de fulgor e ponto de combustão dos líquidos.....	19
2.5 Comportamento do fogo	20
2. 6 Conceito de incêndio	21
2.6.1 Principais causas de incêndio	22
2.6.2 Fatores que influenciam o incêndio.....	22
2.6.3 Fases do Incêndio	22
2.7 Métodos de extinção do fogo.....	24
2.8 Classes de incêndios.....	24
3 VEÍCULOS DE COMBATE A INCÊNDIO DO CBMMA	27
3.1 Auto Bomba Tanques - ABT	27
3.2 Formas de emprego da Água.....	28
3.2.1 Jato Compacto	28
3.2.2 Neblinado	29
3.3 Condutividade elétrica da água	29
3.4 Água no combate a incêndios em líquidos inflamáveis e combustíveis derivados do petróleo.....	29
4 VEÍCULOS DE COMBATE A INCÊNDIO COM CO2.....	31
4. 1 Sistemas de combate a incêndio por agentes gasosos	31
4.2 Características do CO2 como agente extintor.....	32
4.2.1 Sustentabilidade.....	32
4.2.2 Aquecimento Global	32
4.3.3 Características termodinâmicas	33
4.3.4 Segurança.....	33
4.3.5 Ambientes quentes.....	33
4.3.6 Alta Pressão	34
4.3.7 Comercialização do CO2	34
4.4 Veículo de combate a incêndio com uso de CO2	34
5 METODOLOGIA	38
5.1 Quanto à natureza.....	38
5.2 Quanto aos objetivos.....	38
5.3 Quanto aos procedimentos.....	39

5.4 Quanto à abordagem do problema	40
5.5 Quanto à técnica de coleta de dados	40
5.6 Local de pesquisa	41
5.7 Sujeitos da pesquisa.....	41
6 A VIABILIZAÇÃO DO VEÍCULO DE COMBATE A INCÊNDIO COM CO2 NO CBMMA	42
6.1 Campo mapeado e pesquisado.....	42
6.2 As falas dos sujeitos durante as entrevistas: o que pensam os militares do CBMMA sobre a viabilização do veículo de combate a incêndio com CO2	42
6.3 O que dizem os Bombeiros militares do CBMMA a respeito da Ciência do fogo	43
6.4 Combate a incêndio com CO2/Benefícios	45
6.5 Implementação do veículo de combate a incêndio com CO2	48
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	52
APÊNDICE A - GUIA DE ENTREVISTA COM BOMBEIROS MILITARES	54

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, os Corpos de Bombeiros Militares foram instituídos para atender à necessidade dos grandes incêndios que ocorriam pelas aglomerações urbanas. Ao compasso do tempo, as ocorrências foram se diversificando e as atribuições das corporações foram se expandindo. De fato, o serviço prestado por estas instituições tem fundamental importância para sociedade, tendo em vista as variadas atividades desempenhadas atualmente. No entanto, o combate a incêndios continua sendo uma de suas principais áreas de atuação.

De acordo com a lei nº 10.230, de 23 de abril de 2015, que dispõe sobre Organização Básica dos Bombeiros Militares do Estado do Maranhão, o Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão – CBMMA – é uma força auxiliar e reserva do Exército que tem, entre outras competências, extinguir incêndios.

Art. 2º Ao Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão, órgão com competência para atuar no âmbito do Estado, cabe:

[...]

VIII - proceder à perícia de incêndios, bem como o controle de edificações e seus projetos, visando à observância de requisitos técnicos contra incêndio e outros riscos, prevenindo e extinguindo incêndios urbanos e florestais. (MARANHÃO, 2015)

O combate a incêndios é feito essencialmente por viaturas como os Auto Bomba Tanques – ABT – que utilizam a água como seu principal agente extintor. No entanto, para esse combate ser essencialmente efetivo é crucial o aperfeiçoamento da técnica e a busca de novos métodos.

Uma alternativa, para alguns casos específicos, seria o uso de ABT com CO₂ em substituição à água, tendo em vista a dificuldade deste agente extintor em algumas situações, isto é, nem sempre a água é o agente mais apropriado e eficiente.

De acordo com Vilela (2014), este método de combate a incêndio com uso de CO₂ foi aderido pelo Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro (CBMRJ), com o objetivo de reduzir o tempo de combate a incêndio pela cidade.

O sistema baseado no uso de jatos de CO₂ vaporizado, foi instalado em um veículo entregue ao CBMRJ e seria testado em situações reais de combate a incêndio por profissionais da corporação, treinados para utilizar a nova tecnologia. (VILELA, 2014).

A utilização pelo CBMRJ, segundo o coordenador do projeto Moacyr Duarte, em entrevista para a Agência Brasil, afirma que o veículo de combate a incêndio com CO₂ pode ser uma alternativa para o combate a incêndio nas periferias de médio porte, as quais não têm redes adequadas de distribuição de água. Além disso também afirma que o veículo tem potencial para o combate em museus, pelo fato de não gerar o dano que a água gera, explica que os canhões expulsam a fumaça e baixam a temperatura imediatamente. (VILELA, 2014).

O sistema utilizado no novo veículo é baseado na descarga massiva de dióxido de carbono. A situação representa uma situação ideal para a arquitetura das ruas de São Luís, que possui, em seu Centro Histórico, museus, bibliotecas e demais destaques da história da cidade. Nesse sentido seria também uma solução para a dificuldade de encontrar pontos de distribuição de água para o devido combate.

Este trabalho justifica-se pela relevância do veículo de combate a incêndio em São Luís-MA, cidade que possui prédios antigos que fazem parte do patrimônio histórico.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo fazer uma análise da viabilidade de implementação de um veículo de dióxido de carbono (CO₂) vaporizado para combate a incêndio no CBMMA.

Além disso, apresentará conceitos e características do incêndio, métodos de combate, classes de incêndio, os veículos utilizados no CBMMA para o combate e a utilização da água no combate, além das características do veículo com CO₂ além de sua capacidade e eficiência.

Será utilizado como meio de coleta de dados a pesquisa bibliográfica e a análise destes dados.

Do exposto, a pesquisa encaminha-se a partir da seguinte problemática: como o veículo de combate a incêndio com CO₂ poderá otimizar serviços de debelamento de incêndios pelo CBMMA?

No intuito de buscar respostas para esta problemática foram feitos alguns questionamentos e levantados alguns objetivos, sendo eles:

Quais fundamentos teórico-metodológico a respeito da ciência do fogo podem embasar o combate realizado com CO₂?

Como funciona o combate a incêndio com CO₂ e quais seus benefícios?

Quais os elementos fundamentais (recursos humanos e materiais) para a implementação do veículo de combate a incêndio com CO₂?

A partir destes questionamentos foram levantados alguns objetivos:

O objetivo geral:

Propor a implementação de um veículo de combate a incêndio com CO₂, no intuito de otimizar serviço de debelamento de incêndio pelo CBMMA.

Os objetivos específicos:

a) Expor os fundamentos teórico-metodológicos a respeito da ciência do fogo que podem embasar o combate realizado com CO₂.

b) Apresentar o funcionamento do veículo de combate a incêndio com CO₂ e seus benefícios.

c) Identificar os elementos fundamentais (recursos humanos e materiais) para a implementação do veículo de combate a incêndio com CO₂.

A monografia está organizada em cinco seções. Na primeira seção foi feita uma breve apresentação do tema, descrevendo sua relevância, a problemática de investigação, as questões norteadoras da pesquisa e os objetivos, também anuncia de forma sucinta a estrutura da monografia.

A segunda seção trouxe os fundamentos teórico-metodológicos a respeito da ciência do fogo, em que foi necessário explicar sobre a representação gráfica do fogo, tetraedro do fogo, conceito de combustão, ponto de fulgor e ponto de combustão dos líquidos, conceito de incêndio, fase do incêndio, método de extinção do fogo e classes de incêndio, tendo como base os estudos de Ferigolo (1977), bem como documentos normativos da Associação Nacional de Proteção a Incêndios/EUA (NFPA).

Em seguida na terceira seção foi apresentado o funcionamento dos veículos de combate a incêndio com CO₂, dando ênfase aos sistemas de combate a incêndio por agentes gasosos, veículo de combate a incêndio do CBMMA e as características do CO₂ como agente extintor, a partir de estudos de Seito (2008), Ferigolo (1977), (UMINSKI, 2003).

Diante da relevância da implementação de um veículo de combate a incêndio com CO₂, tendo em vista seus benefícios, foi importante destacar na quarta seção os elementos fundamentais (recursos humanos e materiais) necessários para o funcionamento do mesmo, para isso foi especificado o funcionamento e capacidade de atuação do mesmo, demonstrando o tempo de combate além do tanto de material utilizado.

Descreveu-se também o caminho metodológico percorrido, destacando o

tipo de pesquisa, local da pesquisa, sujeitos pesquisados, compondo assim a quinta seção.

Na sequência, na sexta seção foram apresentados os resultados da pesquisa a partir das análises dos dados, os quais foram comparados com o referencial teórico escolhido. Por fim, na sétima seção foram feitas as considerações finais, destacando as respostas encontradas, bem como as dificuldades e caminhos apontados.

2 CIÊNCIA DO FOGO

O estudo do fogo como ciência possui mais de vinte anos, com o surgimento de uma associação internacional a partir da união de cientistas dos maiores institutos e universidades do mundo. A IAFSS – International Association for Fire Safety Science realiza seminários a cada dois anos em diferentes países.

Segundo Ferigolo (1977, p. 11) “para fazermos uma prevenção de incêndio adequada é necessário primeiro colocarmos o fogo sob todos os seus aspectos: sua constituição, suas causas, seus efeitos e, principalmente, como dominá-lo”.

Não existe um consenso mundial para definir o fogo. Pode ser percebido pelas definições usadas em normas de vários países. Tem-se assim:

a) Brasil, segundo a NBR 13860: Fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz.

b) Estados Unidos da América pela (NFPA): Fogo é a oxidação rápida autossustentada acompanhada de evolução variada da intensidade de calor e de luz.

c) Internacional segundo descrito na ISO 8421-1: Fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado de fumaça, chama ou ambos.

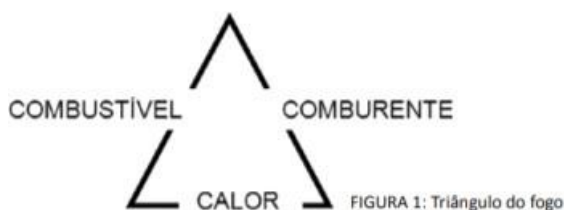
d) Inglaterra conceituado pela BS 4422: Fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado por fumaça, chama ou ambos.

A seguir, serão apresentados conceitos que ajudam a compreender melhor o comportamento do fogo, tais como: representação gráfica dos elementos do fogo, tetraedro do fogo, combustão, ponto de fulgor, conceito de incêndio, métodos de extinção do incêndio e classes de incêndio.

2.1 Representação gráfica do fogo

Foi criada a teoria conhecida como Triângulo do Fogo que explicava os meios de extinção do fogo pela retirada do combustível, do comburente ou do calor. Assim, tem-se a representação gráfica em forma de triângulo que é composta por: combustível, comburente e calor os quais devem se unir para o fogo se manter.

Figura 1:



Fonte: Seito et al (2008).

Combustível: é o elemento que, ao mesmo tempo em que alimenta o fogo, serve de campo de propagação para o mesmo. São todas e quaisquer substâncias sólidas, líquidas ou gasosas que, após atingir uma temperatura de ignição, combinem quimicamente com outra, gerando uma reação exotérmica, liberando calor e luminosidade. Os materiais orgânicos são todos combustíveis. Já os inorgânicos apenas alguns. A combustibilidade de um corpo depende de sua maior ou menor facilidade de combinação com o oxigênio, sob ação do calor.

Comburente: trata-se do oxigênio existente no ar atmosférico. É o elemento ativador do fogo, que dá vida às chamas e intensifica a combustão, tanto que em ambientes pobres em oxigênio o fogo não tem chamas e em ambientes ricos em oxigênio as chamas são intensas, brilhantes e de altas temperaturas. Normalmente, o oxigênio está presente no ar a uma concentração de 21%. Quando esta concentração é inferior a 15%, não haverá combustão (UMINSKI, 2003, p. 2).

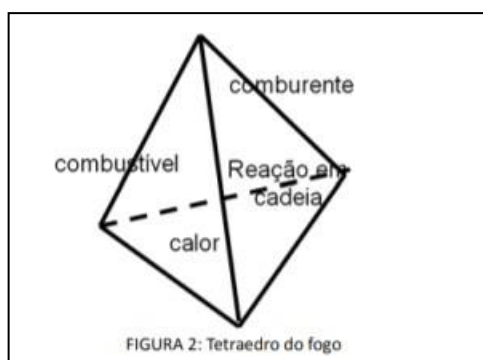
Calor: é o elemento que serve para dar início ao fogo, para mantê-lo e incentivar sua propagação. Pode ser resultado da ação da luz solar, queda de meteoros, raios, curto-circuitos em redes elétricas ou mesmo de descuidos humanos, como pontas de cigarros, aparelhos aquecedores, velas acesas, fósforos, etc. Os combustíveis, em geral, precisam ser transformados em gases para queimar e o calor necessário para vaporizá-los varia muito de corpo para corpo. A gasolina, por exemplo, vaporiza a uma temperatura bem baixa, enquanto que a madeira ou mesmo o carvão exigem mais calor. Aumentando o calor, pode-se vaporizar quase todos os combustíveis. Vale ressaltar que, após vaporizar, é necessário ainda mais calor para que a queima do material aconteça. Exemplo disto é a gasolina, que vaporiza a cerca de 40°C, mas só queima a uma temperatura de 275° C (FERIGOLO, 1977, p. 12).

2.2 Tetraedro do fogo

Com a descoberta do agente extintor “halon”, foi necessário mudar a teoria, a qual atualmente é conhecida como Tetraedro do Fogo (Figura 2). A interpretação desta figura geométrica espacial é: cada uma das quatro faces representa um elemento do fogo - combustível, comburente, calor e reação em cadeia - e devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha.

A reação química em cadeia nada mais é do que a transferência de energia de uma molécula em combustão para outra intacta. Os combustíveis, após entrarem na fase de combustão, geram mais calor. Esse calor vai gerar o desprendimento de mais gases combustíveis que, novamente, combinados com o oxigênio do ar, darão continuidade à reação de combustão. Deste modo, tem-se uma reação em cadeia, com uma transformação gerando outra transformação (UMINSKI, 2003, p. 3).

Figura 2:



Fonte: Seito et al I (2008)

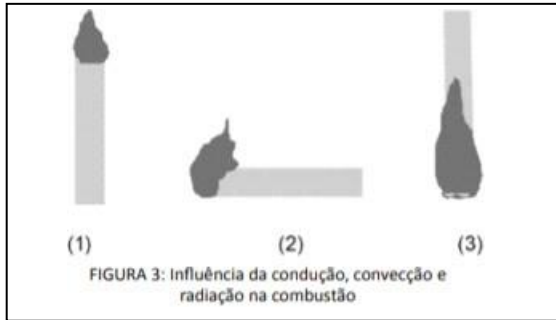
O fogo para ser iniciado e se manter no material combustível sofre influência de vários fatores tais como: estado da matéria (sólido, líquido ou gás), massa específica, superfície específica, calor específico, calor latente de evaporação, ponto de fulgor, ponto de ignição, mistura inflamável (explosiva), quantidade de calor, composição química, quantidade de oxigênio disponível, umidade, etc.. As diferenças do comportamento dos materiais combustíveis na ignição e na manutenção do fogo podem ser explicadas por meio desses fatores.

2.3 Combustão

Uma vez iniciado o fogo deve-se levar em conta o mecanismo de transmissão da energia, ou seja, condução do calor, convecção do calor e radiação de energia. Cada modo de transmissão da energia influenciará na manutenção e no

crescimento do fogo. A Figura 3 permite visualizar a influência do mecanismo de transmissão da energia.

Figura 3: Influência da condução, convecção e radiação na combustão



Fonte: Seito et al (2008)

Em (1) a condução do calor é preponderante, a radiação de energia contribui e a convecção praticamente não contribui.

Em (2) a radiação de energia e a condução do calor são preponderantes, a convecção do calor participa pouco.

Em (3) a condução do calor, convecção do calor e a radiação de energia contribuem proporcionalmente. Considerando que o combustível é o mesmo, o tempo de queima é diferente nesses três casos e o tamanho das chamas é diferente para o mesmo tempo de queima. Condução do calor é o mecanismo onde a energia (calor) é transmitida por meio do material sólido. Convecção do calor é o mecanismo no qual a energia (calor) se transmite pela movimentação do meio fluido aquecido (líquido ou gás). Radiação de energia é o mecanismo no qual a energia se transmite por ondas eletromagnéticas.

2.4 Ponto de fulgor e ponto de combustão dos líquidos

Os líquidos combustíveis estão associados ao maior risco de incêndio. Os líquidos são classificados em inflamáveis e combustíveis em função das suas propriedades de evaporação. Essa propriedade permite determinar o ponto de fulgor e o ponto de combustão.

Ponto de fulgor: “a menor temperatura em que ocorre um lampejo, provocado pela inflamação dos vapores da amostra, pela passagem de uma chama piloto.”, ou ainda, “a menor temperatura em que a aplicação da chama piloto produz um lampejo provocado pela inflamação dos vapores desprendidos pela amostra.”

Outra propriedade dos combustíveis líquidos é o ponto de combustão: “a temperatura em que a amostra, após inflamar-se pela passagem da chama piloto, continua a queimar por cinco segundos, no mínimo”

Figura 4 Ponto de Fulgor

Combustível	Ponto de Fulgor	Auto-ignição
Etanol (70%)	16.6 °C (61.88 °F) ^[1]	363 °C (685.40 °F) ^[1]
Gasolina	-43 °C (-45 °F)	246 °C (495 °F)
Diesel	>62 °C (143 °F)	210 °C (410 °F)
Querosene de Aviação	>60 °C (140 °F)	210 °C (410 °F)
Querosene (Óleo de parafina)	>38°–72 °C (100°–162 °F)	220 °C (428 °F)
Óleo vegetal (canola)	327 °C (620 °F)	
Biodiesel	>130 °C (266 °F)	

Fonte: Seito et al (2008)

2.5 Comportamento do fogo

No interior das edificações existem geralmente materiais combustíveis e fontes de calor. Esses dois elementos são determinantes para que, diante de descuido ou acionamento indesejado, venha a ocorrer um incêndio.

De acordo com o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar de São Paulo (2004), o comportamento do fogo nos materiais combustíveis se manifesta de diferentes maneiras: sólidos, líquidos e gasosos.

Nos sólidos, a superfície aquecida, após uma determinada temperatura, sofre decomposição (pirólise) e passa a liberar gases e vapores que se misturam ao oxigênio, criando uma mistura inflamável também denominada como explosiva. A partir daí qualquer fonte de energia ativante (faísca, centelha, fagulha) ou superfície com temperaturas acima de 500 °C sofre ignição, surgindo a chama na superfície, que aquece outra parte do material que libera mais vapores, estabelecendo um processo contínuo. Embora a maioria dos sólidos tenha um comportamento semelhante, existem os pirofóricos, como o fósforo, sódio, magnésio, alumínio, urânio, potássio, entre outros, que apresentam comportamentos distintos.

Na determinação da razão de queima, que é quantidade de material

queimado na unidade de tempo, é importante considerar em um material sólido a área de sua superfície. Em maiores superfícies, mesmo que a quantidade de calor produzido e a massa dos materiais sejam iguais a uma superfície menor, e os tempos de queima inversamente proporcionais, a temperatura atingida no primeiro caso será maior. Entretanto, em algumas situações, essa análise não pode ser aplicada. É o caso da madeira, que em forma de serragem e com grande área de superfície específica, tem uma velocidade de queima bem inferior à madeira no estado em pó. Este, em contato com o oxigênio, produz uma mistura explosiva semelhante ao gás, apresentando uma velocidade de queima bastante elevada.

Um fator importante no processo de queima dos materiais sólidos é a concentração de oxigênio no ambiente. Com concentrações abaixo de 14% de oxigênio no ar, são poucos os materiais que mantêm sua superfície em chama. Esse conceito reflete em algumas medidas de combate de incêndio.

Semelhante aos combustíveis sólidos, o aquecimento dos líquidos inflamáveis gera gases que se misturam ao oxigênio, sendo que diante de uma faísca ou temperatura acima de 500 °C, sofre ignição, surgindo as chamas na superfície do líquido, que alimenta todo o processo. Contudo, os líquidos são classificados pelo seu ponto de fulgor, que é a menor temperatura pela qual se inicia a liberação dos gases, que em contato com uma chama promove um lampejo (explosão).

Além dessa classificação, os líquidos podem ser reativos ou instáveis, com a capacidade “[...] de se polimerizar, decompor, condensar violentamente ou, ainda, de se tornar autoreativo sob condições de choque, pressão ou temperatura, podendo desenvolver grande quantidade de calor” (GOIÁS, 2014, p. polimeriza4).

Os gasosos, iniciando seu processo na forma de gás ou vapor, na temperatura do ambiente, em contato com o oxigênio, geram uma mistura inflamável que, em contato com a energia de ativação, ocasiona as chamas.

A mistura inflamável (gás + ar) nos líquidos e gases somente promoverá a ignição se estiver em uma faixa de concentração ideal, podendo se determinar os limites inferior e superior de inflamabilidade por porcentagens e volumes (CBPMSP, 2004).

2. 6 Conceito de incêndio

O livro “A Segurança Contra Incêndio no Brasil), escrito sob a coordenação de Alexandre Seito, fornece algumas definições a respeito de incêndio.

Pela própria NBR 13860, tem-se que: “incêndio é o fogo fora de controle”

(SEITO ET AL, 2008, p. 43).

Pela Internacional ISO 8421-1, tem-se que: “incêndio é a combustão rápida disseminando-se de forma descontrolada no tempo e espaço” (SEITO ET AL, 2008, p. 43).

Sabe-se que sempre será um dever dos profissionais da engenharia prevenir e lutar contra aquilo que ameaça bens materiais e vidas. Como resultado da queima de combustíveis, o incêndio produz: gases, chamas, calor e fumaça.

Todas estas substâncias são altamente prejudiciais e ameaçadoras da saúde humana, podendo provocar queimaduras, irritação nos olhos e lesões ao aparelho respiratório decorrente dos gases liberados (monóxido de carbono, amoníaco, etc.).

2.6.1 Principais causas de incêndio

Segundo Ferigolo (1977), as causas de um incêndio podem ser classificadas em três grupos:

Causas naturais: não dependem da vontade do homem. Ex.: raios, vulcões, terremotos, calor solar, combustão espontânea, etc.

Causas acidentais: muito variáveis. Ex.: chamas expostas, eletricidade, balões, ratos, etc.

Causas criminosas: fraudes para receber seguros, queima de arquivo, inveja, crimes passionais, piromania, etc.

2.6.2 Fatores que influenciam o incêndio

Segundo Seito et al. (2008), existem vários fatores que concorrem para o início e desenvolvimento, sendo eles relacionados a forma geométrica e dimensões da sala ou local; superfície específica dos materiais combustíveis envolvidos; distribuição dos materiais combustíveis no local; quantidade de material combustível incorporado ou temporário; características de queima dos materiais envolvidos; local do início do incêndio no ambiente; condições climáticas (temperatura e umidade relativa); aberturas de ventilação do ambiente; aberturas entre ambientes para a propagação do incêndio; projeto arquitetônico do ambiente e ou edifício; medidas de prevenção de incêndio existentes; medidas de proteção contra incêndio instaladas.

2.6.3 Fases do Incêndio

O incêndio inicia-se bem pequeno e seu crescimento dependerá dos materiais disponíveis e sua distribuição no ambiente. Há certo padrão de evolução que pode ser identificado, como citado no Gráfico 1.

Figura 5:

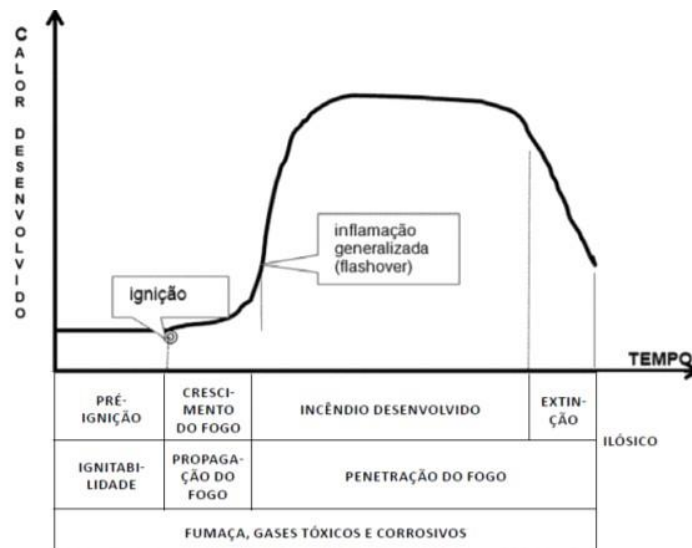


Gráfico 1 - Curva de evolução do incêndio celulósico
 Fonte: Seito et al. (2008, p. 44)

Fonte: Seito et al (2008)

Três fases distintas podem ser identificadas no gráfico: a primeira fase é o incêndio incipiente, tendo-se um crescimento lento, em geral de duração entre cinco a vinte minutos até a ignição, em que inicia a segunda fase, caracterizada pelas chamas que começam a crescer aquecendo o ambiente.

O sistema de detecção de fumaça e alarme deve operar na primeira fase e o combate a incêndio e consequente extinção tem grande probabilidade de sucesso. Quando a temperatura do ambiente atinge em torno de 600°C (a esta temperatura, estruturas de aço comumente usadas na construção civil começam a perder sua resistência, tendo início os riscos de desabamento), o que ocorre rapidamente, todo o ambiente é tomado por gases, vapores combustíveis e fumaça desenvolvidos na pirólise dos combustíveis sólidos.

Havendo líquidos combustíveis, eles irão contribuir com seus vapores e ocorrerá a inflamação generalizada (flashover) e o ambiente será tomado por grandes labaredas. Caso o incêndio seja combatido antes dessa fase (por chuveiros automáticos, hidrantes e mangotinhos) haverá grande probabilidade de sucesso na sua extinção. A terceira fase é caracterizada pela diminuição gradual da temperatura do ambiente e das chamas (SEITO ET AL., 2008).

2.7 Métodos de extinção do fogo

Como citado anteriormente, a condição imprescindível para ocorrer o surgimento do fogo é a união dos elementos combustível, oxigênio e calor. A extinção se dá quando se elimina um desses elementos ou se interrompe o processo de reação química em cadeia, impedindo que o fogo continue. Têm-se quatro métodos básicos de extinção:

a) Resfriamento: consiste em retirar ou diminuir o calor do material incendiado, até o ponto em que não libere mais vapores que reajam com o oxigênio, impedindo o avanço do fogo. É o processo mais usado. Exemplo: uso de água.

b) Abafamento: consiste em impedir ou diminuir o contato do oxigênio com o material combustível. Não havendo concentração suficiente de comburente no ar para reagir (concentração de $O_2 < 15\%$) não haverá fogo. Exemplos: cobertura total do corpo em chamas, fechamento hermético do local, emprego de areia, terra, etc. Como exceções, existem materiais que possuem oxigênio em sua composição, como os peróxidos orgânicos e a pólvora.

c) Isolamento: consiste na retirada, diminuição ou interrupção do material (combustível) não atingido pelo fogo, com suficiente margem de segurança, para fora do campo de propagação do fogo. Exemplos: interrupção de vazamento de um líquido combustível, realização de aceiro em incêndios florestais, retirada manual do material, fechamento de válvula de gás, etc.

d) Interrupção da reação química em cadeia: consiste em utilizar determinadas substâncias que têm a propriedade de reagir com algum dos produtos intermediários da reação de combustão, evitando que essa se complete totalmente. Pode-se impedir que materiais combustíveis e comburentes se combinem colocando-se materiais mais reativos e menos exotérmicos na queima. Exemplos: bicarbonato de sódio (extintor de PQS), bicarbonato de potássio, etc.

2.8 Classes de incêndios

De acordo com Seito et al (2008) a classificação sobre incêndios foi elaborada pela NFPA - Associação Nacional de Proteção a Incêndios/EUA, e adotada pelas seguintes instituições: IFSTA - Associação Internacional para o Treinamento de Bombeiros/EUA; ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas/BR; e Corpos de Bombeiros/BR. Os incêndios são classificados de acordo com os materiais neles envolvidos, bem como a situação em que se encontram. Essa classificação determina a necessidade do agente extintor adequado. Serão apresentadas algumas

classificações:

a) Classe “A”: fogo em combustíveis sólidos como, por exemplo, madeiras, papel, tecido, borracha, etc. É caracterizado pelas cinzas e brasas que deixa como resíduos, sendo que a queima acontece na superfície e em profundidade. Quando exposto a um determinado nível de energia (calor ou radiação) sofre um processo de decomposição térmica, denominado pirólise, e desenvolvem produtos gasosos (gás e vapor), que, com o oxigênio do ar, forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva). Essa mistura na presença de uma fonte de energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama. O melhor método de extinção é o resfriamento, sendo os agentes extintores que podem ser usados são a água e PQS ABC.

b) Classe “B”: fogo em líquidos inflamáveis, graxas e gases combustíveis, como, por exemplo, gasolina, óleo, querosene, GLP, etc. É caracterizado por não deixar resíduos e queimar apenas na superfície exposta. Quando exposto a um determinado grau de calor, não sofre decomposição térmica, mas, sim, o fenômeno físico denominado evaporação, que é a liberação dos vapores, os quais, em contato com o oxigênio do ar, forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva). Essa mistura na presença de uma fonte de energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama.

O melhor método de extinção é por abafamento, sendo os agentes extintores que podem ser usados são a espuma, o PQS BC e PQS ABC. Não se deve usar a água.

c) Classe “C”: fogo em materiais e equipamentos energizados, como, por exemplo, motores, transformadores, geradores, etc. É caracterizado pelo risco de vida que oferece, sendo importante nunca usar extintor de água. Assim considerado quando se apresenta em forma de gás ou vapor na temperatura do ambiente. Esse combustível em contato com o oxigênio do ar forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva), que na presença de uma energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama. O melhor método de extinção é por interrupção da reação em cadeia ou por abafamento, com o uso de extintores de PQS BC, PQS ABC e CO₂. O extintor de CO₂ é o mais indicado por não deixar resíduos que danifiquem os equipamentos.

d) Classe “D”: fogo em metais combustíveis, como, por exemplo, magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, alumínio fragmentado, zinco, titânio, sódio e zircônio, etc. É caracterizado pela queima em altas temperaturas e por reagir com agentes extintores comuns, principalmente se contem água. O melhor método de extinção é por abafamento, com o uso de extintores de pó químico seco especial

(PQSE).

Existem algumas classes especiais adotadas por normas internacionais e pouco conhecidas ainda no Brasil:

e) Classe “K”: fogo envolvendo óleo vegetal e gordura animal, tanto no estado sólido ou líquido, tendo como exemplo de ambientes as cozinhas comerciais ou industriais. Essa classe é ainda pouco conhecida no Brasil. O melhor método de extinção é por abafamento e também nunca se deve usar água. Esta classe possui agente extintor especial para sua classe, com alto custo.

f) Classe “E”: fogo envolvendo material radioativo e químico em grandes proporções, sendo necessário equipamentos e equipes altamente treinadas.

Essas classes e os materiais que possui a melhor eficiência em extinção do incêndio pode ser exemplificada na figura abaixo:

Figura 6 :Tipo de Extintores

TIPOS DE EXTINTORES PORTÁTEIS				
CAPACIDADE		10 LITROS	1-2-4-6 QUILOS	2-4-6-8-12 QUILOS
CLASSES DE INCÊNDIOS		SIM EXCELENTE	SIM EM CASOS PEQUENOS, DE SUPERFÍCIE	SIM EM CASOS PEQUENOS, DE SUPERFÍCIE
		NÃO O LÍQUIDO INCENTIVA O FOGO	SIM BOM	SIM EXCELENTE
		NÃO CONDUTOR ELÉTRICO	SIM EXCELENTE	SIM BOM, MAS DANIFICA O EQUIPAMENTO
		NÃO PROVOCA EXPLOÇÃO	NÃO PROVOCA EXPLOÇÃO	SIM EXCELENTE
		NÃO O LÍQUIDO INCENTIVA O FOGO	SIM BOM	SIM EXCELENTE
		NÃO O LÍQUIDO INCENTIVA O FOGO	SIM BOM	SIM EXCELENTE

Fonte: <https://ceforse.com.br/produtos/extintores-de-incendio/>

3 VEÍCULOS DE COMBATE A INCÊNDIO DO CBMMA

As viaturas são instrumentos fundamentais para o atendimento à comunidade em ocorrências que envolvem incêndios. É através destas que a comunidade usufrui dos amplos benefícios oriundos do serviço prestado pelo CBMMA.

Sendo assim, faz-se necessário investimento em qualidade e produtividade, cujos elementos são fundamentais para o aumento da eficiência, também na administração de materiais e viaturas (CBMAL, 2012).

Atualmente o CBMMA utiliza-se de duas viaturas destinadas ao uso de combate a incêndio que são o Auto Bomba Tanque – ABT - que é utilizado nos batalhões com uso destinado a incêndio urbano e florestal por meio do material extintor água e o AHQ que se utiliza de Gás Liquefeito de Petróleo – GLP - e pó químico para o combate em incêndio em aeronaves e situa-se na 1ª Companhia Independente Especializada de Bombeiros Militar – 1ª CIEBM - e foi obtida por um convênio com a INFRAERO.

3.1 Auto Bomba Tanques (ABT)

O ABT é uma excelente opção para atender às funções de bombeiro urbano em operações de combate a incêndios de pequeno e grande portes. Ele também pode ser utilizado como veículo de suporte de água, para escadas e plataformas.

Figura 7: Auto Bomba Tanque



Fonte: <https://www.mitren.com.br/veiculos/auto-bomba-tanque/>

Ele possui capacidade de 5000 L e possui pressão de trabalho de 75 libras de pressão possui linhas de mangueiras de 1½" de vazão 200 L/min onde capacidade

é esgotada em 25 minutos e 2½" de vazão de 300 L/min, onde a capacidade esgota-se em 16 minutos e muitas vezes é preciso a recarga ou ser abastecida por um veículo tanque para manter a operação sendo muitas vezes pouco eficiente além de utilizar-se de água que é indicado para materiais sólidos não energizados.

3.2 Formas de emprego da Água

Nos serviços de prevenção e combate a incêndios se faz necessário conhecer as formas de emprego da água, objetivando uma utilização criteriosa e eficiente por parte dos elementos que se encontram envolvidos diretamente no combate ao fogo.

A água pode ser aplicada no estado líquido através de jato compacto, de neblina, neblinada ou pulverizada, e no estado gasoso na forma de vapor.

Figura 8: Jato Neblinado



Fonte: <http://bombeiroswaldo.blogspot.com/2012/10/ventilacao-tatica-e-cuidados-efeitos.html>

No estado sólido a água pode causar transtorno para os equipamentos de combate a incêndio, destruindo-os ou impedindo o seu uso devido, pois há um aumento em cerca de 10% no seu volume inicial. Por este motivo, nos locais sujeitos a temperaturas que implicam no congelamento da água, raros no Brasil, empregam-se ante congelantes para proteção e funcionamento do equipamento.

3.2.1 Jato Compacto

É empregado com a água no seu estado líquido, sendo sua ação extintora por resfriamento. Constitui uma boa opção quando se pretende atingir maiores distâncias e um maior volume de água a ser empregado.

Recomenda-se sua utilização em incêndios de classe A, porém deve-se

verificar as condições de segurança do operador, uma vez que o jato compacto não protege com eficiência o operador contra o calor e a fumaça.

3.2.2 Neblinado

É empregada com a água no seu estado líquido. Sua utilização surgiu com o avanço da tecnologia dos equipamentos de combate a incêndio, principalmente dos esguichos e “sprinklers” (chuveiros automáticos). Sua ação extintora se dá por resfriamento e emulsificação nas classes A e B respectivamente, e um pouco por abafamento. É uma ótima opção quando se pretende atingir uma maior área com quantidade menor de água.

Ao contrário do jato sólido, a neblina protege o operador maior eficiência contra o calor e a fumaça, permitindo sua aproximação ao fogo. Pode também ser utilizada na retirada de fumaça em ambientes fechados.

3.3 Condutividade elétrica da água

Desde o aparecimento da eletricidade, considera-se inadequado o uso da água como agente extintor para incêndios de Classe C, devido a condutividade elétrica que a água apresenta, tendo em vista as substâncias usadas em seu processo de potabilidade, causando danos à segurança do operador.

O meio mais comum de combate a incêndios desta classe, é a eliminação da fonte de corrente elétrica para, só depois, promover a extinção utilizando água, ou utilizar-se do Co₂ que estará presente no veículo, que tem como a forma mais eficiente e apropriada pra o combate.

3.4 Água no combate a incêndios em líquidos inflamáveis e combustíveis derivados do petróleo

Os líquidos derivados do petróleo (óleos pesados combustíveis, óleos lubrificantes, e outros) de alto ponto de fulgor, não produzem vapores inflamáveis a menos que sejam previamente aquecidos. Uma vez aquecidos e incendiados, o calor do fogo proporcionará suficiente vaporização para continuação da combustão. Com a aplicação de água em forma de neblina na superfície destes líquidos, o resfriamento provocará a queda da vaporização e, se a aplicação for continuada, haverá suficiente resfriamento para a extinção do fogo.

A água tem sua capacidade extintora limitada em líquidos inflamáveis derivados do petróleo de baixo ponto de fulgor. A água aplicada na superfície de um destes líquidos acondicionado em um tanque, incorrerá em riscos, onde poderão existir a ocorrência do “slip-over”, fenômeno que se caracteriza pela formação de uma

espécie de espuma e possível vaporização da água em contato com as camadas superiores do líquido inflamado, podendo ainda ocorrer o “boil-over”, devido ao acúmulo de água nas camadas mais profundas do líquido, quando este estiver aquecido a mais de 100°C, causando a vaporização instantânea da água, a expansão violenta dos vapores formados (aumento de 1700 vezes) e uma saída em forma de erupção, arrastando consigo o líquido em combustão.

Em função do “boil-over”, nunca se deve utilizar jato compacto nestes tipos de ocorrências e a água em forma de neblina somente poderá ser usada na superfície do líquido em combustão, no início do incêndio onde as camadas inferiores ainda não foram aquecidas. A água na forma neblinada (pulverizada) pode extinguir incêndios em pequenas extensões de líquidos inflamáveis, tendo como princípio de extinção o resfriamento das chamas abaixo da temperatura mínima de combustão.

Figura 9: Processo de Boil over



Fonte: <http://bombeiroswaldo.blogspot.com/2018/10/boil-over-mcii-manual-de-combate.htm>

Tendo-se assim outra vantagem ao uso do CO₂ uma vez que é permitido e tem-se eficiência em seu uso em combate a líquidos inflamáveis, evitando a possibilidade do fenômeno de Boil Over.

4 VEÍCULOS DE COMBATE A INCÊNDIO COM CO₂

As inúmeras atribuições inerentes ao CBMMA, elencadas principalmente na lei estadual nº 10.230 – Lei de Organização Básica do Corpo Bombeiros Militar do Maranhão - acrescida dos diversos tipos de classe de incêndio, já comentados anteriormente, revela a necessidade de inovações no combate a sinistros que irão variar conforme a necessidade de cada caso.

Sobre isso tem-se que

[...] uma série de medidas de combate ao fogo foram sendo adotadas, bem como o desenvolvimento de novos equipamentos, novas técnicas e o mais importante, novas legislações e constantes atualizações das mesmas. (BORGES, 2019, p. 10)

Esta seção tem o intuito de apresentar os benefícios da utilização de CO₂, as características do veículo de combate a incêndio com CO₂, os sistemas que fazem utilização de CO₂ como fonte extintora, as características do CO₂, visando mostrar suas qualidades e benefícios, além do combate a incêndio.

4. 1 Sistemas de combate a incêndio por agentes gasosos

Conforme aponta Seito et al (2008) no livro “A Segurança Contra Incêndio no Brasil”, quando é efetuada a análise de risco de um determinado ambiente, todos os riscos tem que ser avaliados e um dos principais é o incêndio. Selecionar um produto de extinção de incêndio, dentro das alternativas existentes no mercado, é uma atividade meramente técnica, pois para cada tipo de combustível ou risco existe um agente extintor recomendado. Mas essa decisão não se restringe a apagar o fogo, cabe ao gerenciador de riscos avaliar os efeitos colaterais pós-operação de extinção, ou seja: danos causados aos equipamentos ou máquinas; tempo para limpeza da água, sujeira ou resíduos no local; tempo para retorno das atividades operacionais; tempo para recolocar o sistema on-line; descarte da água utilizada no combate a incêndio.

Os autores apontam que se o ambiente a ser protegido possuir equipamentos de alta tecnologia, alto valor agregado, sensíveis, de reposição complicada ou essenciais à continuidade das operações do local, normalmente a escolha de um sistema de extinção de incêndios se dá a favor dos agentes gasosos.

As principais características dos agentes extintores gasosos são:

- a) não conduzem eletricidade;

- b) vaporizam rapidamente e não deixam nenhum resíduo;
- c) são adequados para incêndios classe A, B ou C;

Sobre o Dióxido de Carbono (CO₂) temos que

É um gás inodoro, não tóxico, não condutor de eletricidade, não deixa resíduos corrosivos, que combate incêndios pela redução do nível de oxigênio do ambiente protegido para valores abaixo de 13,86%, impossibilitando a respiração humana. O CO₂ é utilizado em extintores portáteis e principalmente na indústria, na proteção de geradores de energia elétrica, laminadores, máquinas gráficas, tanques de óleo, fornos, dutos, armazenamento de líquidos inflamáveis, etc. (SEITO et al, 2008, p. 281).

Diante das vantagens do CO₂ como extintor de incêndio, serão evidenciadas as características primordiais das quais dão um grande respaldo e incentivo a utilização de CO₂.

4.2 Características do CO₂ como agente extintor

O CO₂ tem diversas características, além de ser um excelente agente de combate a incêndio em materiais energizados, algumas características serão apresentadas a seguir, dando destaque a: sustentabilidade, relação com aquecimento global, características termodinâmicas do CO₂, sua segurança, comercialização e comportamento em ambientes quentes. (SEITO ET AL, 2008).

4.2.1 Sustentabilidade

O CO₂ é um refrigerante ecológico 100% natural, sua concentração na atmosfera é de aproximadamente 0,04% em volume (400ppm), é uma fonte disponível na atmosfera e é de baixo custo de aquisição. Seu potencial de destruição da Camada de Ozônio (ODP) é zero e o seu Potencial de Aquecimento Global é de apenas um (GWP=1). (SEITO ET AL, 2008).

Para o CO₂ não há nenhuma obrigatoriedade de recolhimento e reciclagem como o que acontece com os refrigerantes sintéticos (R22, R404A, R507A, etc) em caso de uma intervenção no sistema de refrigeração. Além disso, o CO₂ oferece uma ótima eficiência energética que incentiva o desenvolvimento de sistemas modernos e eco-eficientes que colocam a indústria de refrigeração em uma posição mais sustentável. (SEITO ET AL, 2008).

4.2.2 Aquecimento Global

O CO₂ tem um baixíssimo potencial de aquecimento global (GWP), possuindo o valor de referência entre os refrigerantes avaliado como 1. Os

refrigerantes sintéticos chegam a ser aprox. 4.000 vezes mais poderosos como gases estufas do que o CO₂, por exemplo, 1 kg do R404A lançado na atmosfera possui um potencial de aquecimento global equivalente a 3.780 unidades de dióxido de carbono. Um único supermercado com HFC tem um GWP igual a 1.850 supermercados do mesmo tamanho com CO₂. (SEITO ET AL, 2008).

4.3.3 Características termodinâmicas

O CO₂ possui ótimas características para transferência de calor, além de ser estável química e termodinamicamente. Possui uma excelente miscibilidade com os óleos lubrificantes, o que facilita sua separação e diminui o arraste para o sistema, aumentando consequentemente a transferência de calor nos evaporadores e condensadores. (SEITO ET AL, 2008).

4.3.4 Segurança

Segundo a norma Ashrae 34-92 / EN 378-1 Anexo – E, o CO₂ é classificado na categoria dos refrigerantes mais seguros denominada A1 (não inflamável e atóxico). Assim como todos os refrigerantes, as normas de segurança local e regional devem ser levadas em consideração durante as etapas de projeto, instalação, operação e manutenção do sistema com CO₂. Atualmente, as boas práticas e cuidados desenvolvidos utilizados nos sistemas existentes de refrigeração com CO₂ no Brasil, baseiam-se na documentação internacional disponível através de normas americanas e europeias. A comissão de estudos de refrigeração industrial – CE-55:001.04, do CB-55, da ABNT, desenvolveu uma norma brasileira sobre segurança em sistemas de refrigeração, a NBR 16069. A norma está baseada no ANSI/ASHRAE Standard 15-2007 e utiliza as outras normas internacionais, como referência para discussão.

A norma já está liberada para consulta pública desde 2010. Além disso, é importante e necessário que todo o pessoal técnico do OEM, instalador, cliente final, etc., seja previamente treinado com a tecnologia de CO₂ antes de iniciar os serviços de instalação, operação e manutenção dos equipamentos com CO₂.

4.3.5 Ambientes quentes

O CO₂ pode ser aplicado em climas quentes sem afetar seu desempenho termodinâmico e energético, principalmente na condição subcrítica em cascata. Já temos instalações frigoríficas com CO₂ no Nordeste Brasileiro, tais como: supermercado Cometa e Compremax em Fortaleza; supermercado Nordestão em Natal; Frigorífico Frigamar em Salvador e o Centro de Distribuição do Extra Bom em

Vitória. Tais sistemas estão configurados em cascata e utilizam o CO₂ como fluido refrigerante no estágio de baixa pressão com expansão direta para atender os equipamentos de baixa temperatura (câmaras e ilhas de congelados). Já nos equipamentos de média temperatura algumas instalações usam o CO₂ ou propileno glicol como fluidos de transferência de calor num circuito bombeado que circula nos expositores e câmaras de resfriados. No estágio de alta pressão é utilizado o R134a com carga de refrigerante muito reduzida, atuando somente no resfriamento do condensador de CO₂ cascata.

4.3.6 Alta Pressão

O CO₂ é um refrigerante de alta pressão, entretanto, na condição subcrítica os lados de alta e baixa pressão são similares aos sistemas com refrigerantes convencionais, tais como o R410A. A maioria das instalações com CO₂ subcrítico e transcrítico utiliza tubulação de cobre baseado na norma ASTM B280. Somente a linha de descarga do sistema de CO₂ transcrítico é que possui uma pressão mais elevada do que a dos refrigerantes convencionais. Nesse caso o separador de óleo, tubulação de descarga e condensador (gas cooler) deve ser projetado para suportar alta pressão.

4.3.7 Comercialização do CO₂

O CO₂, por ser um refrigerante natural, é encontrado em todo o mundo com grande disponibilidade. Aqui no Brasil várias empresas comercializam o CO₂ em todo o território nacional, tais como: White Martins, Linde BOC, Air Products, Air Liquide, etc. O CO₂ é fornecido em cilindro que varia de 25 a 45 Kg. Para grandes quantidades o CO₂ também poderá ser fornecido em mini tanques equipados com bombas de líquido que pode ser conectada diretamente ao sistema.

4.4 Veículo de combate a incêndio com uso de CO₂

Até meados do ano de 1970, os incêndios de grande porte eram isolados e raros, no entanto, com o ingresso de novas tecnologias, sobretudo na construção civil, os fenômenos extremos do fogo foram surgindo mais frequentemente nos incêndios, exigindo mais alternativas de combate.

A respeito disso, tem-se que a “ausência de grandes incêndios no Brasil até o início dos anos 70 do século passado, a segurança contra incêndio era relegada a segundo plano” (SILVA, 2012, p. 15).

Sabe-se que incêndios em edificações podem causar inúmeras perdas de vidas humanas, prejuízos financeiros e relevante preocupação para a sociedade.

Mais recentemente, tomou destaque o incêndio no Museu Nacional do Rio de Janeiro, ocorrido na madrugada do dia 02 de setembro de 2018. Estima-se que tenha se perdido cerca de 90% (noventa por cento) - 20 milhões - dos itens, um dano inestimável para o acervo histórico-cultural brasileiro e mundial. (FOGO, 2018).

Em entrevista ao portal G1, o diretor do museu, Alexander Kellner relatou que o uso da água para apagar as chamas possivelmente tenha prejudicado o acervo. (FOGO, 2018).

Não obstante a opinião do Sr. Alexander Kellner ser ainda preliminar, de fato a utilização de outro agente extintor seria mais adequado para a preservação do tesouro agregado nesse museu.

Com efeito, a importância de se ingressar com alternativas diversas ao combate a incêndios torna-se fator preponderante para o bom atendimento ao público. Nesta seara, viaturas de combate mais modernas e com alternativas diferentes de agente extintor, tornam-se opções aceitáveis, desde que aliadas a um bom gerenciamento e treinamento de seus executores finais.

O gerenciamento eficaz das viaturas operacionais de bombeiros exige conhecimentos, qualificação e atualização contínua, para trabalhar com custos cada vez menores, sem comprometer a qualidade do resultado final das operações de bombeiros, e consequentemente, a segurança e a satisfação da sociedade. (BARBOSA, 2012, p.46)

Destarte, um veículo de combate a incêndio com o uso de CO₂ torna-se uma possibilidade, já que se trata de agente extintor, diverso da água, com mais eficácia para determinadas classes de incêndio, como já tratado anteriormente.

Este tipo de tecnologia de veículo com CO₂ foi desenvolvida pelo Grupo de Análise de Risco Tecnológico e Ambiental (Garta) da UFRJ/Coppe, que utiliza o dióxido de carbono (CO₂) no lugar de água para apagar o fogo a fim de Combater incêndios em locais de difícil acesso que não contam com redes de hidrantes. (TECNOLOGIA, 2010).

Segundo Moacyr Duarte, coordenador do Garta, o equipamento apresenta algumas vantagens em relação aos sistemas tradicionais. Além de combater o fogo sem danificar os materiais, ele pode ser manipulado de forma ágil, segura e eficiente. (TECNOLOGIA, 2010).

Segundo o coordenador do Garta os incêndios e explosões podem ser prevenidos em locais como galerias subterrâneas por meio do deslocamento de

vapores de substâncias inflamáveis passíveis de contaminação, especialmente as que têm passagem de energia elétrica, presentes nas áreas urbanas. (TECNOLOGIA, 2010)

O equipamento foi denominado de Sistema de Descarga Baseada em Gás Liquefeito, pode ser móvel ou fixo. Segundo Moacyr é mais barato, por exemplo, implantar o sistema em regiões de periferia do que expandir a rede de hidrantes, que requer grandes tubulações para dar vazão à quantidade de água necessária para se combater um incêndio, na faixa de 2,8 mil litros por minuto. (TECNOLOGIA, 2010)

Figura 10: Veículo com Co2



Fonte: COPPE UERJ

Devido à carência de uma efetiva rede de distribuição de água para o combate, exemplificada pela rede de hidrantes, tal necessidade pode ser suprida pelo equipamento desenvolvido na UFRJ/Coppe, que tem capacidade de armazenar entre 8 e 20 toneladas de gás liquefeito, chegando a ter vazões equivalentes a 1,1 mil litros de água por minuto. Apesar de a vazão equivalente ser menor, o nosso sistema é mais eficiente porque o gás, ao neutralizar o oxigênio, elimina as chamas de forma mais rápida e precisa do que a água. (TECNOLOGIA, 2010).

Durante um dos testes realizados no Rio, o protótipo do equipamento, manipulado por apenas um técnico, eliminou, em 1,4 minuto, chamas que atingiam 12 metros de altura. Convencionalmente, para apagar um incêndio de mesma proporção, seriam necessárias seis pessoas operando duas mangueiras de 2,5 polegadas.

(TECNOLOGIA, 2010).

O equipamento também pode combater incêndio em eletrodomésticos, a exemplo dos extintores comuns, à base de gás comprimido. Outra vantagem é que, caso haja uma pessoa no local, ela poderá ser retirada após a remoção da fumaça e do gás superaquecido, sem risco de sofrer asfixia.

Figura 10: Combate com CO₂



Fonte: COPPE UERJ

5 METODOLOGIA

Nesta etapa foi apresentado os métodos que deram embasamento para compreender o fenômeno estudado, a partir da utilização de procedimentos adequados foi possível identificar e apresentar resultados científicos, que são indispensáveis para uma pesquisa no âmbito acadêmico.

A respeito de método científico tem-se que

O método científico é a forma encontrada pela sociedade para legitimar um conhecimento adquirido empiricamente, isto é, quando um conhecimento é obtido pelo método científico, qualquer pesquisador que repita a investigação, nas mesmas circunstâncias, poderá obter um resultado semelhante. (RICHARDSON, 1999, p)

Desta forma é fundamental a aplicação de métodos adequados a pesquisa, para que os objetivos sejam alcançados.

5.1 Quanto à natureza

No que diz respeito a natureza da pesquisa, esta configurou-se como aplicada.

Sobre pesquisa de natureza aplicada afirma-se que

tem como motivação a necessidade de produzir conhecimento para aplicação de seus resultados, com o objetivo de contribuir para fins práticos, visando à solução mais ou menos imediata do problema encontrado na realidade. (BARROS E LEHFELD, 2000, P. 78)

Nesse sentido buscou-se a partir do estudo de autores da área de combate a incêndio e análise das respostas dos sujeitos pesquisados um caminho possível para a implementação de um veículo de CO₂.

5.2 Quanto aos objetivos

Segundo Castro (1976) de forma geral as pesquisas científicas podem ser classificadas em três tipos: exploratória, descritiva e explicativa, tendo cada uma suas especificidade.

Dessa maneira, em respeito aos objetivos, este estudo baseia-se em uma pesquisa de caráter exploratório, devido o levantamento de um conjunto de informações e dados que levarão ao maior conhecimento acerca do tema.

A pesquisa exploratória

tem como objetivo principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. (GIL, 2002, p. 44)

Baseado nisso a pesquisa exploratória é a mais apropriada para este estudo, levando em consideração as modificações que podem surgir durante o processo de pesquisa.

5.3 Quanto aos procedimentos

Quanto aos procedimentos foi realizada uma pesquisa bibliográfica, para que seja possível extrair a maior quantidade possível de informações de outros autores e estudiosos da área relacionada ao tema proposto. A pesquisa terá como apoio o estudo de pesquisa documental para elaboração de dados e informações necessários para o alcance dos objetivos.

A pesquisa documental trilha os mesmos caminhos da pesquisa bibliográfica, não sendo fácil por vezes distingui-las. A pesquisa bibliográfica utiliza fontes constituídas por material já elaborado, constituído basicamente por livros e artigos científicos localizados em bibliotecas. A pesquisa documental recorre a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios de empresas, vídeos de programas de televisão, etc. (FONSECA, 2002, p. 32).

A pesquisa documental contribuiu com a coleta dos dados necessários devido tratar -se de uma área ainda pouco explorada em termos científicos.

Sobre a pesquisa documental Gil (2002) aponta que este tipo de pesquisa torna-se ainda mais relevante quando o problema demanda muitos dados. No entanto é preciso ter cuidado na qualidade das fontes, porque quando utiliza-se dados errados a pesquisa pode ficar comprometida.

É importante ressaltar que outros recursos como relatórios e documentos serão importantes para a elaboração deste estudo devido à complexidade e especificidade do tema abordado.

Além disso, esta pesquisa, quanto aos procedimentos caracteriza-se também como pesquisa de levantamento, a qual levará em consideração uma amostra de bombeiros, os quais trabalham na área de combate a incêndio em São Luís do Maranhão. Este tipo de pesquisa parte de um universo (todos os bombeiros militares São Luís do Maranhão que trabalham na área de combate a incêndio), desse universo, serão entrevistados uma quantidade menor de bombeiros que atua na área pesquisada.

Desse modo, foi realizada entrevista com um grupo de bombeiros que atuam na área de combate a incêndio a fim conhecer a opinião dos mesmos sobre o assunto estudado, no intuito de comparar suas ideias com as dos autores pesquisados.

Tendo em vista que esta pesquisa é também exploratória, segundo Gil (2002) este tipo de estudo é o que mais se adequa aos levantamentos, por levar em consideração as opiniões dos sujeitos pesquisados.

5.4 Quanto à abordagem do problema

Quanto à abordagem do problema, a pesquisa foi de caráter qualitativo, onde serão interpretados os fenômenos a partir da fala dos sujeitos pesquisados.

A pesquisa qualitativa de acordo com Bogdan & Biklen (2003) trabalha com dados descritivos, os quais são coletados por meios do contato direto entre o pesquisador e os sujeitos da pesquisa, ou situação estudada, nessa abordagem a ênfase está mais no processo do que no produto, a preocupação é retratar o que pensam os participantes da pesquisa, suas ideias, sentimentos.

A pesquisa qualitativa cabe neste estudo por permitir que o pesquisador tenha contato direto com o objeto estudado.

5.5 Quanto à técnica de coleta de dados

Foram utilizados para coleta de dados, os seguintes instrumentais: fontes documentais e entrevista semi estruturada.

Sobre as fontes documentais tem-se que “são capazes de proporcionar ao pesquisador dados em quantidade e qualidade”. (Gil, 2002, p. 147).

Dessa forma foi reunido um conjunto de revistas e manuais especializados em incêndios das quais contêm entrevista do coordenador do projeto Moacyr Duarte, Coordenador Técnico do GARTA - Grupo de Análise de Risco Tecnológico e Ambiental da COPPE/UFRJ, e, Diretor Técnico da CDIOX Safety Comércio Ltda, um dos responsáveis pelo desenvolvimento e aplicação em parceria com CBMRJ, além de arquivos do CBMMA e fabricantes onde tem a discriminação dos veículos utilizados Comando Geral do CBMMA.

Para esta pesquisa foi elaborado um guia de entrevista (APÊNDICE A) para nortear a entrevista semiestrutura e realizar a coleta de dados.

5.6 Local de pesquisa

1º Batalhão de Bombeiro Militar (1º BBM)/CBMMA e 2º Batalhão de Bombeiro Militar (2º BBM)/CBMMA.

5.7 Sujeitos da pesquisa

Bombeiros Militares de São Luís do Maranhão que atuam na área de combate a incêndio. (Universo da pesquisa)

15 (quinze) Bombeiros Militares que atuam na área de combate a incêndio em São Luís do Maranhão. (Amostra da pesquisa).

6 A VIABILIZAÇÃO DO VEÍCULO DE COMBATE A INCÊNDIO COM CO₂ NO CBMMA

O presente trabalho de pesquisa, submetido ao Curso de Formação de Oficiais- Bombeiro Militar da Universidade Estadual do Maranhão para grau de bacharel em Segurança Pública e do Trabalho, desenvolveu-se a partir de uma revisão de literatura da área pesquisada e no âmbito do 1º Batalhão de Bombeiro Militar (1º BBM)/CBMMA e 2º Batalhão de Bombeiro Militar (2º BBM)/CBMMA localizados em São Luís- MA.

6.1 Campo mapeado e pesquisado

O desenvolvimento desta pesquisa reuniu estudos de autores sobre o assunto abordado, além de entrevistas com Bombeiros Militares, a fim de construir narrativas que apresentassem a visão de cada sujeito sobre o objeto de estudo permitindo ao leitor conhecer as impressões dos sujeitos pesquisados.

Para a realização da pesquisa de levantamento foi feito o contato com um grupo de 15 (quinze) bombeiros que atuam no 1º Batalhão de Bombeiro Militar (1º BBM)/CBMMA e 2º Batalhão de Bombeiro Militar (2ºBBM)/CBMMA. Em seguida, foi explicado os objetivos e intenções de uso dos resultados do estudo e solicitado a participação dos mesmos para uma entrevista.

A participação dos sujeitos da pesquisa foi formalizada com a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (APÊNDICE B).

A respeito da formação dos Bombeiros Militares entrevistados, 05 (cinco) tem nível médio; 05 (cinco) nível superior completo; 04 (quatro) nível superior incompleto e 01 (um) não quis informar sua formação. As idades dos mesmos são entre 21 a 52 anos.

Por questões éticas, a identidade dos sujeitos será preservada. Desse modo, serão identificadas através de pseudônimos referentes a letras A, B, C, D e assim sucessivamente.

As entrevistas foram feitas utilizando o gravador de voz, em seguida as respostas foram transcritas e tabuladas.

6.2 As falas dos sujeitos durante as entrevistas: o que pensam os militares do CBMMA sobre a viabilização do veículo de combate a incêndio com CO₂

Nesta subseção serão apresentadas as análises realizadas a partir dos registros suscitados, ao longo dessa investigação. O intuito é refletir sobre as

respostas encontradas nas entrevistas, a partir do estudo realizado sobre o tema, presente em manuais, documentos normativos e autores da área de combate a incêndio. Essas reflexões permitiram sinalizar elementos relevantes para a possibilidade de viabilizar o veículo de combate a incêndio no CBMMA.

No processo de reflexão e análise da pesquisa a respeito de combate a incêndio com CO₂ identificamos três categorias de análise.

Ressalta-se que essas categorias surgiram do conjunto de registros suscitados ao longo da pesquisa. São elas: 1) O que dizem os Bombeiros militares do CBMMA a respeito da Ciência do fogo; 2) Percepção dos Bombeiros Militares a respeito do combate a incêndio com CO₂ e seus benefícios; 3) A implementação do veículo de combate a incêndio com CO₂.

6.3 O que dizem os Bombeiros militares do CBMMA a respeito da Ciência do fogo

Sabe-se que todas as áreas de atuação profissional exige competência técnica. Este domínio permitirá que o trabalho seja desenvolvido com êxito.

Competência segundo FISCHER et al (2008) é um conjunto de qualificações que oferecem a pessoa um melhor desempenho no trabalho ou em situação.

Nesse sentido, entende-se que o trabalho com o veículo de combate a incêndio com CO₂ exige competência técnica profissional, logo demanda uma equipe treinada e qualificada.

Esse investimento em qualificação deve partir, num primeiro momento, da instituição, sempre na expectativa de gerar, à posteriori, a disciplina consciente do profissional.

A partir desse entendimento foi perguntado para os sujeitos entrevistados quais conhecimentos básicos deve ter o Bombeiro Militar para a prática de combate a incêndio com CO₂.

Quadro 1: Quais conhecimentos básicos devem ter o Bombeiro Militar para a prática de combate a incêndio com CO₂?

- Bombeiro A:** “Deve possuir o conhecimento de como o CO₂ atua frente ao fogo, ou seja, qual o mecanismo que é utilizado por esse método de extinção, pois assim ele deve decidir se esta forma será eficaz diante da situação que se apresenta”.
- Bombeiro B:** “Classes de incêndio, tipos de combustível e manuseio de CO₂ (carga, uso e recarga de reservatório)”.
- Bombeiro C:** “Tetraedro do fogo, transferência de calor comportamento extremos do fogo e dinâmica do incêndio”.
- Bombeiro D:** “Deve conhecer sobre triângulo do fogo, as formas de combatê-lo, as técnicas e outros.”

Fonte: Autoria Própria

Em busca de explorar o nível de qualificação disponibilizada pela instituição aos bombeiros militares foi também perguntado aos entrevistados se o CBMMA oferece formações e treinamentos na área de combate a incêndios.

Quadro 2: O CBMMA oferece formações e treinamentos na área de combate a incêndios, qual a carga horária e a periodicidade dos treinamentos?

- Bombeiro F:** “Sim, já participei de formação e treinamentos durante o curso de formação de oficiais, com mais de 60h de aula e prática. Não há determinação de periodicidade de treinamento”.
- Bombeiro B:** “Sim. No curso de Formação de Oficiais temos disciplinas como: técnicas e manobrabilidade de incêndio e combate a incêndio florestal. Não tive treinamento”.
- Bombeiro H:** “Sim. Participei durante os cursos de formações que o CBMMA oferece ao longo da carreira para efeito de promoção. Fora dos cursos de formações não fiz mais nenhum”.
- Bombeiro D:** “Sim, durante o CFSd (curso de formação de soldados) e CFCb (curso de formação de cabo). A periodicidade varia de acordo com a quantidade de candidatos aptos”.

Fonte: Autoria Própria

E por fim, questionou-se aos militares o tempo que eles disponibilizam em busca da qualificação, ou seja, se o militar investe em cursos, treinamentos e formações na área de combate a incêndio. Dos 15 (quinze) entrevistados, apenas 01 (um) relatou já ter realizado, por conta própria, investimentos em qualificação profissional, isto é, 93% (noventa e três por cento) dos militares que participaram da pesquisa admitiram nunca terem aplicado seu tempo em formação na área de

incêndio.

Percebe-se a partir das narrativas dos bombeiros que a concepção dos mesmos sobre a prática de combate a incêndio com CO₂ está de acordo com o que diz Ferigolo (1977), o qual afirma que a prevenção de incêndio adequada deve considerar vários aspectos relacionados ao fogo, sendo eles: constituição, causas, efeitos, para que finalmente tenha-se o domínio do fogo.

Verifica-se ainda, o oferecimento ordinário de cursos, treinamentos e formações aos bombeiros, fator essencial ao aprimoramento das técnicas empregadas no combate a incêndio. Sobre isto o manual do Corpo de Bombeiros Militar de Goiás diz o seguinte:

No Corpo de Bombeiros Militar, realizamos padronizações de determinados procedimentos de montagem de estabelecimento para fins de doutrina, treinamento, avaliação e busca da excelência, o que não significa que os mesmos modelos tem de ser aplicados, de forma idêntica, no atendimento a ocorrências, quer seja porque os modelos didáticos não se aplicam ao momento, quer seja porque existe a necessidade de adequação nas infinitas variações de cenários que podem ser encontrados quando do atendimento a sinistros. (FLORES ET AL, p. 2016).

6.4 Combate a incêndio com CO₂/Benefícios

O gás carbônico, como agente extintor, é uma substância que pode ser encontrada na natureza ou mesmo ser criada pelo homem para a função de extinguir um incêndio. Todavia o seu uso é limitado ao tipo de incêndio e/ou à classe de incêndio a que está relacionada.

Segundo o Manual Básico de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal – CBMDF – o CO₂ é

um gás inerte, sendo um agente extintor de grande utilização que atua principalmente por abafamento, por promover a retirada ou a diluição do oxigênio presente na combustão e por resfriamento (CARVALHO ET AL, 2009, p. 102).

A partir desse aspecto foi perguntado aos sujeitos da entrevista sobre a vantagem de fazer o combate com o CO₂.

Quadro 3: O Sr. (a) considera vantajoso o combate a incêndio com CO₂ ?

Bombeiro A: “sim”.

Bombeiro G: “sim”.

Bombeiro L: “não”.

Bombeiro N: “Acredito que cada situação deve ser avaliada, pois a vantagem de um método em uma situação pode não ser vantagem em outra”

Fonte: Autoria Própria

A esta pergunta do quadro 03 (três), 86,667% dos questionados responderam “sim” e apenas 6,667% responderam “não” (bombeiro de pseudônimo “L”), ou seja, a maioria dos bombeiros entrevistados acha vantajoso o combate com o CO₂, apesar da ressalva creditada pelo Bombeiro de pseudônimo “N” que relativiza o uso do CO₂.

A partir desse mesmo pensamento tem-se que

Os incêndios são classificados de acordo com os materiais neles envolvidos, bem como a situação em que se encontram. Essa classificação é feita para determinar o agente extintor adequado para o tipo de incêndio específico.(BORGES, 2019, p. 19).

Sobre as vantagens e desvantagens do combate a incêndio com CO₂ os militares responderam o seguinte.

Quadro 4: Quais são, no seu entendimento, as vantagens e/ou desvantagens do combate a incêndio com CO₂?

Bombeiro C: “*Vantagens:* Não é corrosivo, não é condutor de eletricidade, é inodoro e incolor, não deixa resíduo, não deteriora com o tempo, extingue as chamas de forma rápida, devido à densidade do CO₂ em relação a do oxigênio, pode ser facilmente armazenado em cilindros e possui baixo custo relativo. *Desvantagens:* não pode ser utilizado em lugares com grande concentração de pessoas, pois pode causar asfixia; se usado em grandes concentrações, o CO₂ pode provocar tonturas e enjoo quando inalado em pequenas quantidades e até asfixiar quem está no local, já que tira o oxigênio do ambiente; é recomendado para a proteção somente de áreas e máquinas que trabalhem normalmente desocupadas”.

Bombeiro I: “*Vantagens:* Rapidez na extinção, não deixa resíduo e não danifica o material que está em chamas. *Desvantagens:* Manuseio dificultoso devido ao peso dos cilindros, perigo de resfriamento das mãos do combatente e recarga demorada”.

Bombeiro J: “*Vantagens:* não deixa resíduo, não conduz eletricidade e age eficientemente por abafamento. *Desvantagens:* em grandes quantidades, pode causar morte por asfixia. E ineficaz sua utilização em incêndios de classe D”.

Bombeiro N: “*Desvantagem:* Adaptação dos veículos de combate para operar com CO₂”.

Bombeiro O: “Acredito que possui algumas vantagens, como não deixar resíduos, não ser corrosivo, não ser condutor de eletricidade etc”.

Fonte: Autoria Própria

As repostas ao quadro 04 foram, de um modo geral, convergentes quanto ao uso do CO₂ como agente extintor, tomando como destaque o fato do gás carbônico não deixar resíduos e não ser corrosivo, características essas também elencadas no Manual Básico de Combate a Incêndio do CBMDF que menciona ser de grande vantagem do CO₂ o fato de não deixar resíduos, nem ser corrosivo (CARVALHO ET AL, 2009).

E por último, finalizando a categoria de combate a incêndio com CO₂, foi indagado aos voluntários sobre como se dá o uso do CO₂ pelo CBMMA para combater incêndios, na intenção de majorar o quanto a instituição recorre a este tipo de agente.

Quadro 5: Como é feito o combate a incêndio com CO₂ no CBMMA? Quais os materiais e equipamentos necessários?

Bombeiro A: “No CBMMA o combate é feito através de extintores recarregáveis. É necessário cilindro carregado com extintor e difusor adequado”.

Bombeiro F: “Somente as ABTs dos aeroportos utilizam CO₂ com frequência”.

Fonte: Autoria Própria

A respeito da pergunta supra, cerca de 86,67% dos entrevistados não souberam responder sobre como é feito o combate com CO₂ pela corporação. Destaca-se a resposta do bombeiro de pseudônimo “A” relatando que a única forma em que o CO₂ é empregado pelo CBMMA, atualmente, é através de aparelhos extintores de incêndios.

6.5 Implementação do veículo de combate a incêndio com CO₂.

As viaturas de combate a incêndio são veículos projetados tanto para o transporte dos bombeiros e demais equipamentos, quanto para levar o agente extintor que apoiará no debelamento do sinistro.

Atualmente a viatura mais utilizada pelo CBMMA – ABT – faz o transporte de água como principal agente extintor. No entanto, como já vimos, nem sempre a água poderá ser utilizada no combate, há de se avaliar cada caso e verificar a possibilidade de se usar outro agente extintor, obedecendo sempre às condições mínimas exigidas pela NBR 14096 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016), que trata sobre os pré-requisitos que um veículo de combate a incêndio deve possuir.

Tentando jogar a luz a discussão, foi perguntado aos entrevistados sobre a vantagem de se implementar um veículo de combate a incêndio com CO₂.

Quadro 6: O Sr (a) considera vantajosa a implementação de um veículo de combate a incêndio com CO₂? Se sim, conte quais seriam as vantagens?

Bombeiro B: “SIM. Existem muitas indústrias na região de São Luís e esse tipo de método de combate se adequaria perfeitamente nesses casos”.

Bombeiro G: “SIM. Vantagem para incêndios em que há risco elétrico elevado e ambientes contaminantes (produtos perigosos)”.

Bombeiro K: “SIM. As vantagens são: sem prejuízo a equipamentos elétrico energizados, sensíveis a umidade. Não deixa resíduos no local”.

Fonte: Autoria Própria

Apenas 01 (um) dos bombeiros não achou vantajoso a implementação de CO2 nos carros de combate a incêndio do CO2. Esta resposta pode ser justificada pelo fato da maioria dos bombeiros não se acharem com habilidades suficientes para utilizarem um veículo de combate a incêndio com este tipo de agente extintor; quando foi perguntado se eles se consideram aptos para combater incêndios utilizando um veículo de combate a incêndio com CO2, 100% (cem por cento) responderam “NÃO”.

No entanto, a inabilidade para o combate com este de ferramenta pode ser suprida através de treinamentos rotineiros de adaptação.

Estando cientes do que pode ocorrer ao abordar um incêndio, os bombeiros têm condições de aprender as diferentes formas de combatê-lo. Para isso, os treinamentos e a capacitação, que devem ser constantes na vida profissional do combatente. (CARVALHO ET AL, 2009, p. 160)

Complementarmente, foi-se perguntado aos bombeiros sobre as maiores dificuldades observadas por eles para efetivação do veículo com CO2 no CBMMA.

Quadro 7: Qual seria a principal dificuldade para a implementação de um veículo de combate a incêndio com CO2 no CBMMA?

Bombeiro E: “Adaptação da viatura devido ao alto investimento”.

Bombeiro C: “A falta de aplicabilidade e versatilidade; o investimento estatal e alto custo dos veículos”.

Bombeiro F: “Questão financeira”.

Bombeiro H: “Talvez o custeio com a mudança de alguns sistemas das ABT, ou talvez o próprio valor do veículo em si”.

Fonte: Autoria Própria

Os entrevistados foram unânimes em apontar o custo como sendo a possível dificuldade para a efetuação do veículo com dióxido de carbono. De fato, um veículo de combate a incêndio possui um custo elevado para os cofres públicos, haja vista, as inúmeras especificações e exigências que eles obrigatoriamente precisam ter.

Um ABT possui em média o valor aproximado de 500.000,00 (em reais), como se observa em termos de referências elencados no Sistema de Registro de Preços de Veículos e Equipamentos para Bombeiros da Secretaria de Estado da Segurança Pública e Justiça do Estado de Goiás.

Por outro lado, a proteção da vida humana é essencial, o que justifica todo

o investimento econômico e social que o tema reclama. A negligência nesta área não pode ser admitida em nenhuma hipótese.

Diante disso, deve haver uma mobilização em aumentar os investimentos mencionados, isto representa a preservação de patrimônio e de profissionais mais capacitados, o que ocasionará a diminuição da expectativa de perdas e vítimas (NETO, 1995).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que as atividades desempenhadas pelos Corpos de Bombeiros tem se diversificado na velocidade em que o mundo se moderniza. Incêndios, outrora mais simples, exigem hoje processos de extinção mais complexos, inclusive com o uso alternativos de outros agentes extintores.

O veículo de combate a incêndio com CO₂ é uma alternativa viável em substituição à água, em determinados casos, demonstrados ao longo desta pesquisa. É um novo recurso que visa melhorar a performance de combate a incêndio proporcionando a preservação parcial ou total de bens submetidos ao fogo.

Com base nesse entendimento que se deu o processo de investigação nos quartéis mencionados. Foi observado que os bombeiros militares já possuem conhecimentos teóricos básicos para o combate a incêndio com CO₂ e que o CBMMA investe, ordinariamente, em cursos de formações e atualizações de técnicas de combate a incêndios.

Durante este processo de pesquisa, percebeu-se que, para a grande maioria dos bombeiros, o combate com o CO₂ é de extrema importância e de grande utilidade, destacando-se as características que possibilita a utilização do agente extintor CO₂ em determinados casos: redes elétricas energizadas, incêndio em locais históricos com várias obras de relevante valor cultural e econômico – o fato do CO₂ não ser corrosivo e não deixar resíduos, o torna mais vantajoso quando comparamos com o combate com a água - além da velocidade de debelamento das chamas.

Complementarmente, a análise de dados deste trabalho, constatou que o veículo teria grande aceitação perante a tropa, sendo reconhecidas suas características e melhorias para preservação do rico patrimônio histórico cultural de São Luís, haja vista, as vantagens do CO₂ - não ser inflamável, baixo custo, aplicação em sistemas energizados.

Diante do exposto, esta pesquisa buscou conhecer a viabilidade de implementação de um veículo de combate a incêndio com CO₂ no Estado do Maranhão, demonstrando sua efetividade de uso para o estado, tendo em vista o ambiente desafiador enfrentado pelo CBMMA, já mencionado.

Em decorrência das análises desenvolvidas neste trabalho, e dos resultados obtidos, sugere-se, ainda, o desenvolvimento de estudos mais amplos sobre a exequibilidade financeira desta ferramenta, a ser feito posterior.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA .P. H. S. et al. **Compra de materiais e viaturas operacionais para o CORPO DE Bombeiros Militar de Alagoas**. Projeto elaborados pela Comissão de Estudos para Otimização das Aquisições de Materiais e Viaturas Operacionais do Corpo de Bombeiros de Alagoas. Maceió, 2012.
- BARROS, A. J. P.; LEHFELD, N. A. S. **Projeto de pesquisa: propostas metodológicas**. Petrópolis: Vozes, 2000.
- BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. 12.ed. Porto: Porto, 2003.
- BORGES, Valdeir Ferreira. **Projeto de prevenção e combate a incêndio e pânico: comparativo entre projetos aprovados e reprovados pelo Corpo de Bombeiros Militar na região sul, central e norte do Estado do Tocantins no ano de 2018**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso- TCC (Bacharelado em Engenharia Civil)- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Palmas, Palmas, 2019.
- CARVALHO. Ricardo V. T. G de et al. **Manual básico de combate a incêndio do Corpo de Bombeiro Militar do Distrito Federal** 2 ed.. Brasília, 2009.
- CASTRO, C. M. Estrutura e apresentação de publicações científicas. São Paulo: McGraw-Hill, 1976. GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- FERIGOLO, Francisco Celestino. Prevenção de incêndio. Porto Alegre: Sulina, 1977.
- FISCHER, André Luiz et al. Absorção do conceito de competência em gestão de pessoas: a percepção dos profissionais e as orientações adotadas pelas empresas. In: DUTRA, Joel Souza; FLEURY, Maria Tereza Leme; RUAS, Roberto. **Competências: conceitos, métodos e experiências**. São Paulo: Atlas, 2008. p. 31-50.
- FLORES, Bráulio Cançado; ORNELAS, Éliton Ataíde; DIAS, Leônidas Eduardo. **Fundamentos de Combate a Incêndio – Manual de Bombeiros**. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Goiânia-GO, 1ªed: 2016, 150p.
- FONSECA, João José Saraiva da. **Metodologia da pesquisa científica**. Ceará: Universidade Estadual do Ceará, 2002
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOIÁS. Secretaria da Segurança Pública – Corpo de Bombeiro. **Norma Técnica 02/2014: Conceitos básicos de segurança contra incêndio**. Goiânia, 2014.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SEITO, Alexandre (coord.) et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

UMINSKI, Alessandra S. de Carvalho. **Técnicas de prevenção e combate a sinistros**. Santa Maria, RS: Colégio Nossa senhora de Fátima, 2003.

MARANHÃO. Lei n. 10.230 Organização Básica do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão e dá outras providências: promulgada em 23/04/2015. **Diário Oficial do Poder Executivo**. São Luís, MA, ano CIX, n. 075, p. 2-13, 23 abr. 2015. Disponível em: <http://www.defesacivil.ma.gov.br/files/2015/04/Lei-de-Organiza%C3%A7%C3%A3o-B%C3%A1sica-do-CBMMA.pdf>. Acesso em: 01/07/2020.

VILELA, Flávia. Rio recebe caminhão de combate a incêndio com CO2 líquido. **Agência Brasil**. Rio de Janeiro, 14 fev. 2014. Geral. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2014-02/rio-ganha-caminhao-de-combate-incendio-com-co2-liquido>. Acesso em 01/07/2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14096: Veículo de combate a incêndio**-Requisito de Desempenho, fabricação e métodos de ensaio 2ed. Rio de Janeiro, 2016.

NETO. Manoel A. da L. **Segurança contra incêndio**. Brasília, 1995. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33852/271121/incendio.pdf/97b95c4f-fc13-47a6-8ddd-033fb2b893be>. Acesso em: 01/07/2020.

FOGO destruiu o acervo com mais de 20 milhões de itens em museu, no Rio. **G1**. Rio de Janeiro, 4 set. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2018/09/04/o-que-se-sabe-sobre-o-incendio-no-museu-nacional-no-rio.ghtml>. Acesso em: 01/07/2020.

SILVA, Valdir Pignata. Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio: conforme ABNT NBR 15200:2012. São Paulo: Blucher, 2012.

TECNOLOGIA brasileira dispensa hidrantes para combater incêndios. **Inovação Tecnológica**. Rio de Janeiro, 22 out. 2010. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=combate-incendios-gas&id=010125101022#.Xv0JZihKjIU>. Acesso em: 01/07/2020.

APÊNDICE A - GUIA DE ENTREVISTA COM BOMBEIROS MILITARES

DADOS DO ENTREVISTADO

(Será preenchido antes da entrevista)

Nome:	Nº
Data da entrevista:	
Lugar da entrevista:	
Sexo do entrevistado:	
Idade:	
Nível de escolaridade:	
Endereço:	
Formação:	

INTRODUÇÃO DA ENTREVISTA

Nesse momento, serão explicados, o objetivo e a natureza do trabalho, bem como, será assegurado o anonimato do entrevistado e sigilo das respostas. O entrevistado poderá interromper, pedir esclarecimentos e criticar o tipo de perguntas. Será solicitado antes a autorização para gravar a entrevista, oferecendo ao entrevistado explicações sobre o motivo da gravação.

GUIA DE ENTREVISTA COM BOMBEIROS MILITARES

1 CONHECIMENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO A RESPEITO DA CIÊNCIA DO FOGO.

- a) Quais conhecimentos básicos deve ter o Bombeiro Militar para a prática de combate a incêndio com CO₂?
- b) O CBMMA oferece formações e treinamentos na área de combate a incêndio? Se sim, o Sr (a) participou de algum? Com qual periodicidade acontecem os treinamentos?
- c) O Sr (a) investe em cursos, treinamentos e formações na área de combate a incêndio?

☐

SIM

☐

NÃO

d) Mencione os treinamento que o Sr (a) participou nos quatro últimos anos?

2019 _

2018 _____

2017 _____

2016 _____

2. COMBATE A INCÊNDIO COM CO2 /BENEFÍCIOS.

a) O Sr (a) considera vantajoso o combate a incêndio com CO2?

☐ SIM ☐ NÃO

b) Quais são, no seu entendimento, as vantagens e/ou desvantagens do combate a incêndio com CO2?

c) O CBMMA faz o combate a incêndio utilizando veículo com CO2?

☐ SIM ☐ NÃO

d) Como é feito o combate a incêndio com CO2 no CBMMA? Quais os materiais e equipamentos necessários?

3. IMPLEMENTAÇÃO DO VEÍCULO DE COMBATE A INCÊNDIO COM CO2.

a) O Sr (a) considera vantajosa a implementação de um veículo de combate a incêndio com CO2? Se sim, conte quais seriam as vantagens?

☐ SIM ☐ NÃO

b) O Sr (a) se considera apto para combater incêndio utilizando um veículo de combate a incêndio com CO2?

☐ SIM ☐ NÃO

c) Qual seria a principal dificuldade para a implementação de um veículo de combate a incêndio com CO2 no CBMMA?

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO UTILIZADO COM OS SUJEITOS DA PESQUISA

(Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE))

Prezado (a) Senhor (a), _____

Meu nome é **Rodrigo de Jesus Bruxel** e estou realizando a pesquisa aplicada sobre o tema **USO DE VEÍCULO DE COMBATE A INCÊNDIO COM CO₂: UMA ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO PARA O CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO MARANHÃO**.

Esta pesquisa compõe a minha monografia submetida ao Curso de Formação de Oficiais- Bombeiro Militar da UEMA, para grau de bacharel em Segurança Pública e do Trabalho, sob orientação do **Prof. Esp. Paulo Henrique Fernandes Oliveira**.

As informações a seguir destinam-se a convidá-lo (a) a participar voluntariamente deste projeto na condição de fonte, ou seja, o sujeito que fornece as informações primárias para a pesquisa em curso.

Para tanto é necessário formalizarmos a sua **Autorização** para o uso das informações obtidas nos seguintes termos:

- A sua participação é totalmente voluntária;
- Pode se recusar a responder qualquer pergunta a qualquer momento;
- Pode se retirar da pesquisa no momento da coleta de dados e dá-la por encerrada a qualquer momento;
- A coleta de dados tem caráter confidencial e seus dados estarão disponíveis somente para a pesquisadora autora do Trabalho Final de Curso (TFC) e para seu orientador;
- Partes do que for dito poderão ser usadas no relatório final da pesquisa, sem, entretanto, revelar os dados pessoais dos entrevistados, como nome, endereço, telefone, etc. Dessa forma, as informações obtidas não serão divulgadas para que não seja possível identificar o entrevistado, assim como não será permitido o acesso a terceiros, garantindo proteção contra qualquer tipo de discriminação ou estigmatização;
- Os dados e resultados desta pesquisa poderão ser apresentados em congressos, publicados em revistas especializadas e da mídia, e utilizados na dissertação de mestrado, preservando sempre a identidade dos participantes;
- Fica, também, evidenciado que a participação é isenta de despesas;
- Em casos específicos de pesquisas em que se requer o uso de vídeos e fotos dos

informantes (grupo focal, pesquisa ação, etc), o informante deverá assinalar que concorda e libera o uso de imagem para divulgação em ambientes midiáticos ou em ambientes científicos como congressos, conferências, aulas, ou revistas científicas, desde que meus dados pessoais não sejam fornecidos:

() SIM, concordo com a cessão de minhas imagens por livre e espontânea vontade /OU /

() NÃO, o uso de minhas imagens em forma de vídeos ou fotos não é permitida. Ao concordar com os termos descritos e aceitar participar do estudo, pedimos que assine o termo em sinal de que o TCLE foi lido, formalizando o consentimento voluntário de participante.

Nome completo (Legível):

Tels: () _____

Email: _____

ASSINATURA _____, ____/____/____.