

**ORGANIZAÇÃO DOS CORPOS DE BOMBEIROS MILITARES DO BRASIL E SUA IMPORTÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO DAS PESQUISAS EM PREVENÇÃO, COMBATE E INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIOS: A EXPERIÊNCIA DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL (CBMDF)\***

*George Cajaty Barbosa Braga*<sup>1</sup>

**RESUMO**

O presente artigo apresenta como, de forma geral, os Corpos de Bombeiros Militares do Brasil atuam nas diversas áreas da segurança contra incêndio, em especial nas áreas de prevenção, proteção, combate e investigação. Foi analisada a importância da pesquisa em incêndio para o desenvolvimento das áreas de segurança contra incêndio, apresentando a experiência adquirida com o relatório *America Burning*, de 1973, e outros que vieram nos anos seguintes, mostrando também alguns exemplos de trabalhos de pesquisa que influenciam de forma direta as atividades dos Corpos de Bombeiros relacionadas aos incêndios. Para finalizar, foi discutida a experiência do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal no desenvolvimento de pesquisas nas diversas áreas da atividade de incêndio e as suas origens, apresentando alguns projetos realizados, tanto com apoio de agências de fomento, como por meio de cooperação com outras entidades, e os impactos dessas pesquisas para a missão da corporação.

**Palavras-chave:** Corpos de Bombeiros Militares, Segurança Contra Incêndio, Pesquisa em incêndio.

---

<sup>1</sup> Coronel do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (Quadro Complementar). Doutor em Física e Pós-doutorado em Segurança Contra Incêndio pelo NIST/EUA. Email: [george.braga@gmail.com](mailto:george.braga@gmail.com).

\* Versão preliminar do artigo apresentada no 6 Congresso Ibero-Latino-Americano de Segurança Contra Incêndio – 6 CILASCI, Belo Horizonte, MG, 2022.

**ORGANIZATION OF BRAZILIAN MILITARY FIRE  
DEPARTMENTS AND ITS IMPORTANCE FOR THE  
DEVELOPMENT OF RESEARCH IN THE FIRE PREVENTION,  
FIREFIGHTING AND FIRE INVESTIGATION: THE EXPERIENCE  
OF THE FEDERAL DISTRICT FIRE DEPARTMENT (CBMDF)**

**ABSTRACT**

This paper presents how, in general, the Military Fire Departments of Brazil act in the various areas of fire safety, especially in the areas of prevention, protection, firefighting, and investigation. The importance of fire research for developing fire safety areas was analyzed, presenting the experience acquired with the America Burning report, from 1973, and others that came in the following years. It also gives some examples of research works that directly impact fire-related activities of Fire Departments. Finally, the experience of the Federal District Fire Department in the development of research in the various areas of firefighters' activity was discussed. Some projects carried out, both with the support of development agencies and through cooperation with other entities, and their impacts on the corporation's mission were presented.

**Keywords:** Fire Departments, Fire Safety, Fire Research.

**Artigo Recebido em 22/11/2022 e Aceito em 13/12/2022**

## **1. INTRODUÇÃO**

Os Corpo de Bombeiros Militares do Brasil são, de acordo com o art. 144 da Constituição Federal Brasileira, instituições de segurança pública voltadas para a para a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio. Além das atividades previstas em lei, como as de prevenção, combate e investigação a incêndios, busca e salvamento e atendimento pré-hospitalar, cabe a estas instituições exercer as atividades de defesa civil (BRASIL, 1988). Além disso, são instituições militares.

Por serem instituições estaduais e do Distrito Federal, suas atividades podem, eventualmente, diferenciarem um pouco entre as unidades da federação, mas todas elas têm as suas competências bem definidas nas Constituições Estaduais e nas Leis de Organização Básica quanto as suas atividades voltadas para a área de incêndio, em especial de prevenção, proteção e combate a incêndio, sendo que uma boa parte da Corporações também desenvolvem as atividades de investigação de incêndio (COSTA, 2002).

Dentre as atividades voltadas para a área de segurança contra incêndio (SCI), cabe salientar as de prevenção e proteção desenvolvidas pelos Corpos de Bombeiros Militares, em especial a administração reguladora e fiscalizadora dessas instituições. Elas são desenvolvidas em todos os estados e no Distrito Federal, às vezes com atribuições limitadas à análise, fiscalização e licenciamento, mas também podendo chegar às atividades de regulamentação, pesquisa e investigação dos incêndios (CAMARGO, 2016). Além disso, é corrente para todas as Corporação as atividades de educação pública.

Analisando o Sistema de Segurança Contra Incêndio como gestão, é importante apresentar, na figura a seguir (Figura 1), o Ciclo Operacional de Segurança Contra Incêndio (LUGON, 2018).

**Figura 1 - Ciclo Operacional de Segurança Contra Incêndio**



**Fonte:** LUGON, 2018.

No Ciclo Operacional de Segurança Contra Incêndio é possível verificar de forma fácil como os Corpos de Bombeiros Militares do Brasil atuam buscando uma segurança contra incêndio mais eficiente.

Esse modelo, baseado na filosofia de melhoramento contínuo (Kaizen), foi introduzido pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, ainda nos anos 70, por meio de uma cooperação técnica com a Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA).

Lugon et al. (2018) mostraram que o Ciclo Operacional de SCI corresponde fundamentalmente ao ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) de manutenção, também chamado de SDCA (*Standard, Do, Check, Act*), por estar voltado para a verificação da execução das normas e procedimentos operacionais. Apesar dessa semelhança, os autores verificaram que no Ciclo Operacional de SCI ainda falta a fase *Act*, o que promoveria a melhoria ou manutenção dos padrões normativos estabelecidos pelos Corpos de Bombeiros.

Dessa forma, foi proposta uma mudança do Ciclo Operacional de SCI incluindo uma fase Corretiva, ficando o ciclo PDCA de manutenção com as seguintes fases:

**Tabela 1** - Comparação entre o Ciclo Operacional de SCI e o PDCA de manutenção

Método	PDCA de manutenção	Ciclo Operacional de SCI
Fases	<i>Standard</i> (Padrão)	Normativa
	<i>Do</i> (Executar)	Estrutural
	<i>Check</i> (Verificar)	Ativa Pericial
	<i>Act</i> (Agir)	Corretiva

Fonte: LUGON, 2018

Para que se possa desenvolver bem todas essas fases, o desenvolvimento de pesquisa acaba sendo uma ferramenta de grande importância. Das 5 fases do Ciclo Operacional, pelo menos 3 delas têm vinculação direta com a prática da pesquisa. Para o desenvolvimento de boas normas, realizar o combate a incêndios e desenvolver a atividade de investigação é essencial buscar as melhores práticas, compreender a fundamentação dessas melhores práticas e, quando restar dúvidas, realizar ensaios e testes.

## 2. A IMPORTÂNCIA DA PESQUISA EM SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Nos Estados Unidos da América (EUA), após um grande número de incêndios, foi realizado um estudo que buscava analisar o problema e magnitude dos incêndios, bem com propor soluções voltadas para melhoria da segurança contra incêndio no país. Este trabalho, de mais de dois anos, foi

publicado no relatório *America Burning* (*NATIONAL COMMISSION ON FIRE PREVENTION AND CONTROL*, 1973). Dentre os achados quanto às causas do problema do incêndio nos EUA, podemos destacar:

- Apensar dos problemas econômicos reais se colocarem na frente de um maior investimento em segurança contra incêndio, a falta de compreensão dos riscos do incêndio ajudava na diminuição de prioridade dada a segurança contra incêndio. Enquanto as pessoas que sobreviveram a um incêndio nunca se esqueciam do seu potencial destrutivo, para a maioria dos americanos o incêndio aparecia como um risco remoto, justificando a sua indiferença;
- Essas indiferenças aconteciam também onde eram menos desculpáveis. Existiam bombeiros que não conheciam o estado da arte da tecnologia existente na sua área de trabalho. Pior ainda, existiam Corpos de Bombeiros que falavam muito sobre prevenção de incêndio, mas pouco faziam para promovê-la. E o público compartilhava essa despreocupação, pois viam os bombeiros muito mais como heróis voltados para o resgate e combate a incêndio, do que profissionais voltados à prevenção de incêndios;
- Os projetistas geralmente davam pouca atenção à segurança contra incêndio, ficando contentes, bem como os seus clientes, em buscar a mínima segurança necessária exigida pelas normas. Em geral, eles (projetistas e clientes) achavam que as normas apontavam medidas completamente adequadas, ao invés de serem requisitos mínimos de segurança. Por outro lado, proprietários e ocupantes de edificações viam o incêndio como algo que nunca iria acontecer a eles, como um risco que eles poderiam tolerar por conta do custo dos sistemas de segurança contra incêndio;

- O governo federal americano também estava amplamente indiferente ao problema do incêndio. Os programas federais existentes, apesar de alguns serem excelentes, cobriam uma pequena porção do problema total do incêndio;
- Para terminar, a sociedade americana é indiferente e ignorante quanto ao alto poder destrutivo dos incêndios. Esse problema não atingiu a consciência americana com a mesma força que problemas menos letais, como, por exemplo, a poluição do ar. Os americanos eram insensíveis no seu dia-a-dia, tendo pouco cuidado com a proximidade de materiais inflamáveis com fontes de ignição em suas residências.

Por conta desses estudos os EUA tomaram medidas mais efetivas para melhorar a segurança contra incêndio no país, tendo sido criadas o que hoje são a *United States Fire Administration*<sup>2</sup> (USFA), o órgão do governo federal responsável por cuidar dos programas direcionados à diminuição de perdas de vida e patrimônio decorrente de incêndio e à melhoria dos serviços de bombeiros, do controle da estatística de incêndio nacional, e da educação pública e aporte a projetos de pesquisa voltados para a segurança contra incêndio, e a *National Fire Academy*<sup>3</sup> (NFA), centro de treinamento federal voltado para ser o núcleo de modelo dos programas de treinamento de bombeiros, bem como o Laboratório de Pesquisa em Incêndio do *National Institute of Standards and Technology*<sup>4</sup> (NIST), voltado à pesquisa e desenvolvimento tecnológico nas área de segurança contra incêndio. Cabe salientar que o relatório recomendava que a NFA seria responsável pelo desenvolvimento, coleta e disseminação de informações sobre investigação de incêndio e métodos avançados de investigação, mostrando que a investigação

---

<sup>2</sup> Administração de Incêndios dos Estados Unidos, em tradução livre

<sup>3</sup> Academia Nacional de Bombeiros, em tradução livre

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia, em tradução livre.

de incêndios desenvolvida pelos bombeiros tem um papel essencial na prevenção de novos sinistros.

Esse relatório, bem como os subsequentes, *America Burning Revisited* (*Federal Emergency Management Agency*, 1987) e *America at Risk: America Burning Recommissioned* (*Federal Emergency Management Agency*, 2002), já apontava a realização de pesquisas como uma importante forma de diminuir os danos causados pelos incêndios. Desde o primeiro relatório, de 1973, já eram apontadas diversas áreas de pesquisa e necessidade de financiamento delas. Já no último relatório, de 2002, uma seção inteira foi dedicada a como se poderia melhorar a segurança contra incêndio por meio de pesquisas, mostrando que a USFA teria um papel de liderança na definição da agenda de pesquisa em incêndio e outros riscos a que os Corpos de Bombeiros tem responsabilidade em atuar.

Mais recentemente, o artigo *Making the Nation Safe from Fire: A Path Forward in Research* (COMMITTEE TO IDENTIFY INNOVATIVE RESEARCH NEEDS TO FOSTER IMPROVED FIRE SAFETY IN THE UNITED STATES, 2003) mostrou que, apesar da necessidade de investimentos em pesquisa já estar prevista desde o relatório *America Burning* (1973), o valor aportado em pesquisas em segurança contra incêndio caiu de 1974 a 2003, criando deficiências significativas de conhecimento em oito áreas:

- Fundamentos em incêndio e explosão;
- Materiais e agentes retardantes;
- Sistemas de proteção contra incêndio;
- Ferramentas de engenharia de proteção contra incêndio;
- Proteção de estruturas em situação de incêndio;
- Comportamento humano em incêndios;
- Políticas públicas; e
- Dados.

Eles ressaltaram também que a pesquisa em segurança contra incêndio depende da cooperação de várias áreas de conhecimento, bem como da cooperação de pesquisadores, acadêmicos, bombeiros, responsáveis pela elaboração de normas e indústrias. Atualmente a FEMA está se preparando para realizar mais uma atualização do estudo *America Burning*, com chamada aberta para o *America Burning Revisited 2020 Study*.

Na área de investigação de incêndio, o trabalho publicado *Strengthening Forensic Science in the United States: A Path Forward*<sup>5</sup> (COMMITTEE ON IDENTIFYING THE NEEDS OF THE FORENSIC SCIENCES COMMUNITY, 2009) mostrou as grandes deficiências nos conhecimentos científicos das áreas forenses. Na área de investigação de incêndio, em especial, o trabalho cita ainda serem necessárias muitas pesquisas para melhorar a compreensão de como as variáveis naturais (direção e velocidade do vento, temperatura, tipo de material existente, aberturas, etc.) afetam os padrões de queima e os danos causados pelos incêndios e como eles são influenciados pela presença de agentes acelerantes. Esse trabalho mostra, de forma categórica, que existe a necessidade de se realizar mais experimentos e pesquisas para que os investigadores de incêndio possuam suporte de conhecimento científico mais sólido.

Quando se fala em prevenção de incêndio, em especial em normatização, Rodrigo Tavares (TAVARES, 2009) mostra que apesar do mundo estar caminhando para normas baseadas em desempenho e não prescritivas, o Brasil ainda tem deficiências culturais, devido à baixa percepção do risco de incêndio, e de formação, por não existir ainda muitos profissionais com qualificação em segurança contra incêndio. Além disso, o país tem poucos grupos de pesquisa em incêndio estrutural (apenas cinco em 2009), levando a uma falta de especialistas na área. Ele mostra que existe um espaço muito grande para o desenvolvimento da pesquisa, do ensino e da normatização na área de segurança contra incêndio e pânico no país.

---

<sup>5</sup> Fortalecendo a ciência forense nos Estados Unidos: Um caminho a seguir, em tradução livre.

Na área de combate a incêndio, diversos livros e artigos tratam sobre as melhores técnicas e táticas. Artigos que falam sobre comportamento do fogo, ventilação tática do fogo, combate com água e espuma, etc., são importantes para o desenvolvimento da eficiência e eficácia no combate a incêndio, melhoria da segurança, assim como a análise de novas técnicas e táticas. O conhecimento do comportamento do fogo permite aos bombeiros saberem os riscos a que estão expostos, especialmente o que esperar quando da chegada em um sinistro (KERBER, 2011). Outro exemplo de pesquisas que tem influência direta na avaliação das técnicas e das condições físicas durante o combate a incêndio são aquelas que permitem a avaliação dos efeitos fisiológicos dos bombeiros e correlacionar o desgaste com o tipo de atividade realizada, como os trabalhos feitos por Smith (2011) e Horn (2017).

Na área de investigação de incêndio, serviço tão importante para melhoraria da prevenção e normatização de incêndio, bem como da educação em segurança contra incêndio, a pesquisa consegue desenvolver conhecimento nas áreas de padrões de queima, como, por exemplo, o trabalho feito por Carman (2012), mas também de fontes de ignição e sobre reação ao fogo de materiais.

Da mesma forma que a segurança contra incêndio e pânico é de grande importância para o mundo, ela exerce um papel fundamental quando se pensa na atividade fim do CBMDF. A segurança contra incêndio é a única área de atuação do CBMDF em que é realizado o ciclo completo, desde a normatização e prevenção, passando pelo combate e culminando com a investigação dos incêndios. Além disso, a literatura internacional indica que, com pesquisa e desenvolvimento, o CBMDF poderá atingir o estado da arte na prevenção, combate e investigação de incêndio.

### **3. A EXPERIENCIA DO CBMDF**

A previsão legal de realização de pesquisas no âmbito do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) data do início da década de 1990, mostrando a importância que a pesquisa teria para a instituição. O inciso V do artigo 2º da Lei nº 8.255, de 20 de novembro de 1991, já definia como competência do CBMDF “realizar pesquisas técnico científicas, com vistas à obtenção de produtos e processos, que permitam o desenvolvimento de sistemas de segurança contra incêndio e pânico” (BRASIL, 1991). Essa mesma lei definia, no seu artigo 12, que a 7ª Seção do Estado Maior Geral (BM/7) trataria dos assuntos relativos à legislação técnica, pesquisa tecnológica, perícias e prevenção.

Esse processo foi iniciado com o projeto de cooperação da JICA com o CBMDF, que permitiu, no início dos anos 90, a criação dos primeiros laboratórios na corporação. Inicialmente voltados para a investigação de incêndio, eles possuíam equipamento de análise físico-química, como espectrômetro de infravermelho, termogravímetro e Cromatógrafo a gás, mas também equipamentos de medição, como registradores de dados, multímetros de bancada, entre outros. Cabe salientar que o projeto previa a criação de mais outros três laboratórios, entre eles um de resistência ao fogo, outro de análise de fumaça, e um último para testes em ambiente aberto (JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY, 1981).

Com a entrada, em 1994, da primeira turma do Quadro Complementar de Oficiais, fortemente influenciada pelo projeto com a JICA, foi possível criar um embrião do desenvolvimento de pesquisas dentro do CBMDF. Profissionais das áreas de engenharia civil, elétrica, química e mecânica, e de física, boa parte deles com mestrado em andamento começaram a trabalhar nos laboratórios do Centro de Investigação e Prevenção de Incêndio (CIPI), hoje Diretoria de Investigação de Incêndio, buscando apoiar a investigação de incêndio com conhecimentos mais técnicos e científicos especializados. Mas

esses trabalhos de pesquisa ainda não ocorriam de forma sistemática dentro da corporação. Em menos de 10 anos depois, já em 2003, contando no seu quadro com um doutor em física e outros profissionais com mestrados acadêmicos, o CBMDF buscou formalizar a Corporação como instituição de pesquisa. Isso foi realizado com o seu cadastramento no Diretório de Instituição de Pesquisas do CNPq, tornando-se a primeira instituição de segurança pública do país incluída nesse diretório. Isso permitiu colocar o CBMDF no mesmo patamar que centros de pesquisa já consolidados no país, bem como de universidades, no que tange à solicitação de apoio para a realização de projetos de pesquisa.

A partir da inclusão no diretório, ficou patente que o CBMDF é também uma instituição de pesquisa. Isso permitiu que a Corporação pudesse, com o auxílio do quadro de pesquisadores existentes, submeter projetos de pesquisa a agências financiadoras, como ao Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Financiadora de Estudo e Projetos (FINEP).

Por conta dessa capacidade técnica, a partir de 2005 o CBMDF começou a ter os seus primeiros projetos de pesquisa apoiados pelas principais agências financiadoras, tendo conseguido captar recursos das agências acima mencionadas com um valor atualizado de mais de R\$ 4.000.000,00 (quatro milhões de reais).

O processo de desenvolvimento de pesquisa dentro do CBMDF buscou a ampliação e construção de estruturas que permitissem o desenvolvimento de testes e ensaios do incêndio, tanto de bancada, quanto em tamanho real em ambiente aberto, retomando em parte o projeto da JICA. Informações sobre esse processo, em especial dos projetos de pesquisa desenvolvidos, bem como sobre os materiais adquiridos podem ser encontradas no capítulo “A importância da pesquisa em prevenção combate e investigação de incêndio: Uma revisão do caminho seguido pelo CBMDF e um indicação para o seu

futuro”, do livro Boas Práticas Organizacionais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal de 2021 (BRAGA, 2021).

Com o apoio desses projetos, foi possível consolidar a estrutura de pesquisa, em especial com a aquisição de novos equipamentos de análise e de medição, permitindo a realização de diversas pesquisas voltadas para a melhoria dos procedimentos em prevenção, combate e investigação de incêndio. Alguns exemplos das pesquisas desenvolvidas nesses últimos 15 anos estão listados abaixo.

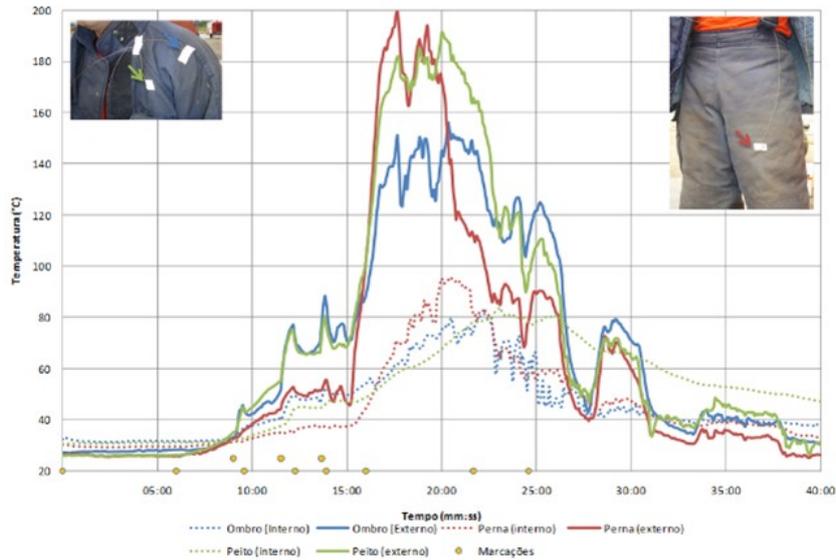
### **3.1. Pesquisa voltada para a melhoria da segurança durante os treinamentos com fogo real e dos combates a incêndio.**

A realização de medições das condições do ambiente, bem como nos equipamentos de proteção individual (roupa, capacete e máscara) durante o treinamento de combate a incêndio, permitiu uma avaliação objetiva dos riscos e desafios enfrentados pelos militares durante a atividade de combate a incêndio.

Dados sobre a temperatura nas roupas dos bombeiros (BRAGA; LISBOA NETO; e SALAZAR, 2016) mostraram, ainda em 2009, que as temperaturas medidas na parte externa da capa de proteção (peito) e na parte externa da calça (coxa) eram muito próximas (curvas sólidas na cor vermelha e verde na figura abaixo). Isso demonstrava quão importante é manter o mesmo nível de proteção da capa e da calça da roupa de combate a incêndio urbano.

Além disso, esses dados mostravam que o treinamento realizado estava submetendo os bombeiros, pelo menos em relação à temperatura na roupa, a condições extremas, o que não deveria ocorrer em uma situação de treinamento (FOSTER e ROBERTS, 1994). Isso levou a uma mudança nas condições de treinamento, fazendo com que a temperatura na roupa, após a mudança, ficasse próximo a 120 °C, não mais a 200 °C.

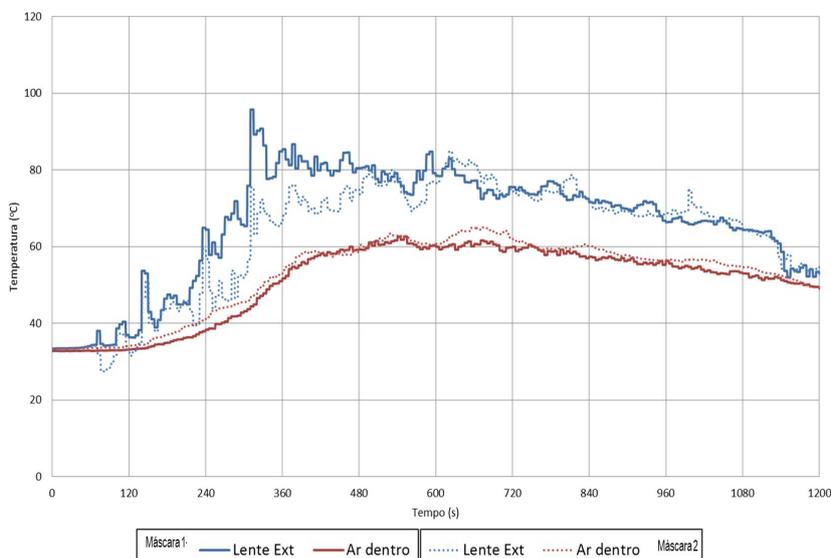
**Figura 2** - Temperatura na parte externa da roupa de combate a incêndio urbano



**Fonte:** BRAGA; LISBOA NETO; e SALAZAR, 2016.

Medições na lente da máscara do equipamento autônomo de proteção respiratória (EAPR) e no ar próximo ao rosto do bombeiro, mostraram que a temperatura do ar chegava a valores próximos a 60 °C, que seria suficiente para queimar os bombeiros caso o ar tivesse muita umidade.

**Figura 3** - Temperatura na lente e no ar dentro da máscara do EAPR



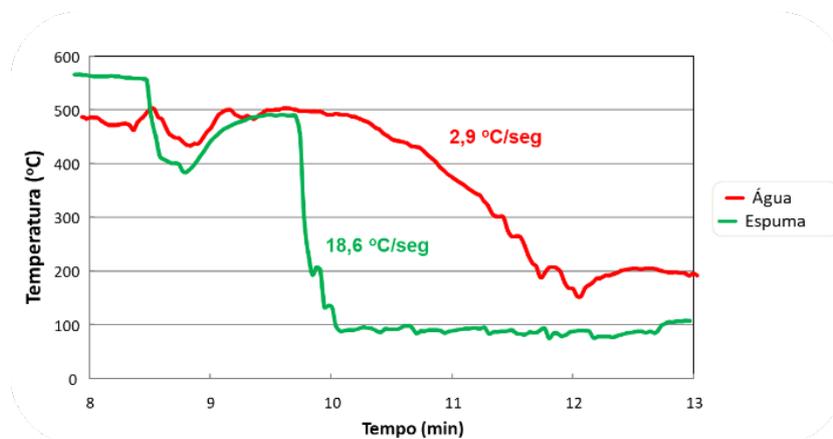
**Fonte:** Grupo de pesquisa em Ciência do Fogo do CBMDF.

### 3.2. Pesquisa da eficiência de novos equipamentos e materiais.

O sistema de espuma por ar comprimido (CAFS – *Compressed Air Foam System*) trouxe uma melhoria significativa ao combate a incêndio realizado pelos CBMDF.

Em testes realizados foi possível verificar que esse sistema permitia um menor uso de água e uma maior eficiência no combate. Em geral a temperatura em incêndios estruturais diminuía a uma velocidade seis vezes maior do que quando esse incêndio era combatido apenas com água e com uma vantagem adicional de diminuir muito a necessidade de rescaldo (BRAGA et al., 2018). O efeito da queda de temperatura no combate ao incêndio apenas com água em comparação com o uso espuma (CAFS) pode ser verificado na figura a seguir.

**Figura 4** - Avaliação da queda de temperatura no combate usando espuma (CAFS) e água



**Fonte:** BRAGA et al., 2018.

O sistema de espuma por ar comprimido permite trabalhar com extrato de espuma classes A, B e B-AR, podendo gerar espuma molhada, mais indicada para combate, e seca, mais indicada para fazer proteção contra radiação, além de água molhada, para utilização em rescaldo. Exemplo de utilização do sistema com os extratos classes A e B podem ser vistos nas figuras abaixo.

No caso do incêndio de 120 pneus, foi feita uma pré-queima de 6 min e o combate foi realizado em 82 segundos, tendo sido utilizado menos de 250 litros de água para gerar a espuma empregada na operação (Figura 5).

**Figura 5** - Utilização de espuma classe A - Queima de 120 pneus.



**Fonte:** Grupo de pesquisa em Ciência do Fogo do CBMDF.

No caso do incêndio no reservatório de combustível (Figura 6), foi feita uma pré-queima de 2 min e o combate foi realizado em 67 segundos, tendo sido utilizado aproximadamente 200 litros de água para gerar a espuma empregada na operação.

**Figura 6** - Utilização de espuma classe B - Incêndio em reservatório (100 m<sup>2</sup>) com 3.000 litros de diesel e 100 litros de gasolina



**Fonte:** Grupo de pesquisa em Ciência do Fogo do CBMDF.

Os resultados analisados mostraram a eficiência do sistema de espuma por ar comprimido no combate a incêndio de todas as classes, sendo a sua diferença para o uso apenas de água ainda mais visível em incêndio de grandes proporções.

O desenvolvimento da pesquisa para avaliação do sistema, passando pelo emprego do equipamento de pesquisa no dia a dia do CBMDF e finalizando com uma ampla adoção do sistema na nossa instituição, em especial por permitir um combate a incêndio mais eficiente e com menor uso de água, consolidou o compromisso do CBMDF na promoção de ações relativas à responsabilidade socioambiental, tornando-o um referencial em pesquisa de novas tecnologias sustentáveis e inovadoras para uma eficiente utilização dos recursos naturais. Isto foi comprovado por meio do 6º prêmio A3P (Agenda Ambiental na Administração Pública do Ministério do Meio Ambiente), de 2016, onde o CBMDF ficou com o 1º lugar na categoria de Uso/Manejo Sustentável dos Recursos Naturais<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> <http://hotsite.mma.gov.br/a3p/resultados-6o-premio-a3p/>

### **3.3. Desenvolvimento de novas técnicas de combate a incêndio.**

É importante que a introdução de novos equipamentos e materiais venha sempre acompanhada de pesquisas que permitam uma avaliação da sua eficiência, sendo igualmente importante a realização de pesquisas voltadas para o aprimoramento dessas técnicas e o desenvolvimento de novas técnicas que permitam o melhor uso desses. Exemplo disso pode ser verificado nas pesquisas realizadas no desenvolvimento de nova técnica de combate a incêndio com espuma e na introdução da técnica de ataque de transição.

Originalmente a técnica de combate a incêndio com espuma consistia de abrir o esguicho no início do combate e só fechá-lo no fim deste (jato ininterrupto). Isso levava a um desperdício de espuma, mesmo sendo essa técnica de grande eficiência. A partir da realização de medições em situação real de incêndio, foi possível verificar se o combate com espuma poderia ser feito não mais com o esguicho aberto de forma constante, mas realizando pulsos de acordo com a necessidade e as condições do ambiente (jato intermitente), apresentado diminuição de temperaturas bem próximas. Essa nova técnica permitirá um uso ainda mais controlado da água e da quantidade de extrato de espuma.

Quanto à técnica de ataque de transição, cabe salientar que ele pode ser definido como ataque externo rápido e curto por uma abertura já existente no ambiente incendiado, diminuindo a temperatura no local do incêndio e permitindo a entrada em condições mais seguras para que seja feito o ataque interno.

Os testes foram realizados na estrutura superior do sistema de treinamento nº 5 do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). Ver seta na Figura 7.

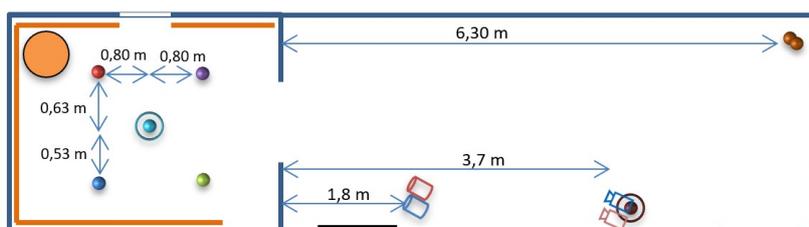
**Figura 7** - Sistema de Treinamento de Combate a Incêndio do CBMDF



**Fonte:** Grupo de pesquisa em Ciência do Fogo do CBMDF.

Foram utilizados diversos termopares e medidores de fluxo de calor, além de câmera térmica e câmera normal, para monitoramento do ambiente de queima, bem como do percurso a ser percorrido pelos bombeiros, como representado no esquema abaixo.

**Figura 8** - Posição dos medidores no ambiente



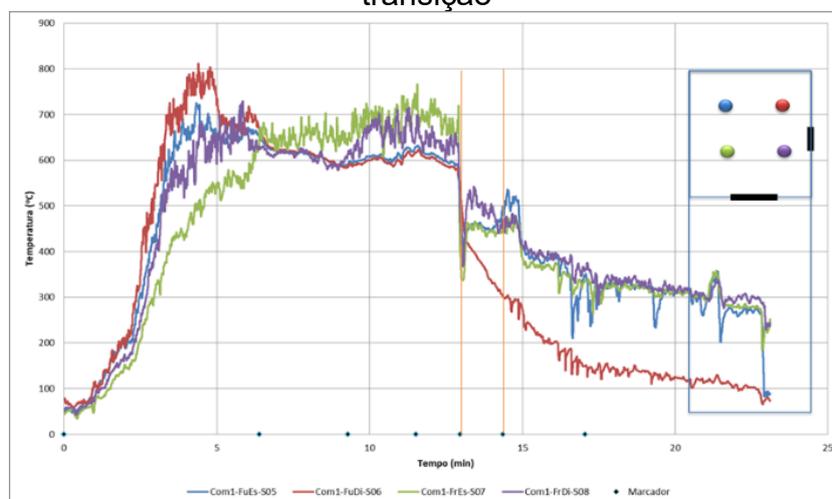
**Fonte:** Grupo de pesquisa em Ciência do Fogo do CBMDF.

Onde:

Legenda	Equipamento/Sensor
●	Termopares tipo K
⊙	Conjunto de Termopares tipo k a diferentes alturas
▭	Medidor de fluxo de calor total e irradiado (radiômetro)
▭	Câmera térmica e normal

Resultados preliminares mostram que houve um decréscimo de temperatura dentro do local de queima (figura abaixo). As barras na cor laranja indicam o ponto do início do ataque de transição (primeira) e do início do ataque direto (segunda).

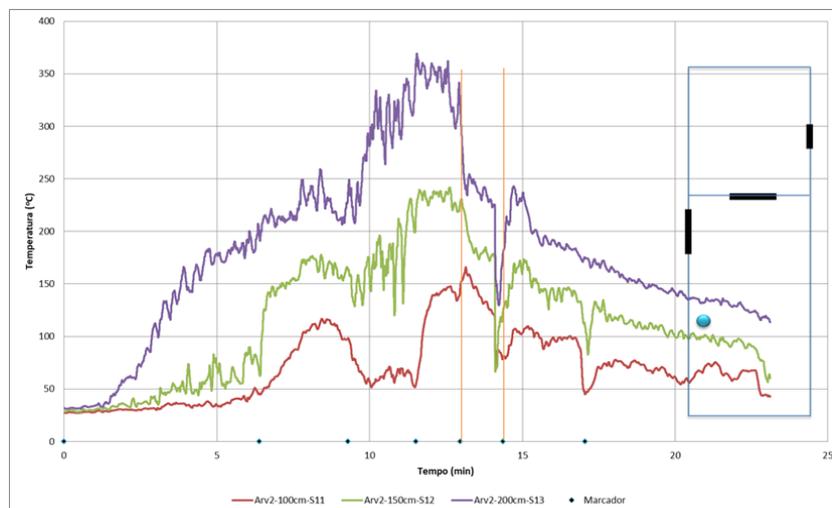
**Figura 9** - Temperatura no teto dentro do local de queima quando do ataque de transição



**Fonte:** Grupo de pesquisa em Ciência do Fogo do CBMDF (trabalho a ser publicado).

O mesmo comportamento pode ser observado nos termopares localizados entre o ponto de entrada dos bombeiros no ambiente dos testes e o local de queima (ver Figura 10). Da mesma forma que o gráfico anterior, as barras na cor laranja indicam o ponto do início do ataque de transição (primeira) e do início do ataque direto (segunda).

**Figura 10** - Temperaturas em alturas diferentes no ambiente anterior ao local de queima



**Fonte:** Grupo de pesquisa em Ciência do Fogo do CBMDF (trabalho a ser publicado).

Esses resultados preliminares mostram que aconteceu o efeito desejado de diminuir a temperatura no local de queima e no ambiente de acesso dos bombeiros ao local de queima. Além da realização do ataque de transição utilizando água para o jato inicial, também foi realizado outro teste utilizando espuma.

### **3.4. Pesquisas em apoio à prevenção e investigação de incêndio.**

Quando à prevenção e investigação de incêndio, diversos trabalhos vêm sendo realizados de forma independente ou em colaboração com outras instituições, para melhor compreensão da dinâmica do incêndio e dos fatores que influenciam.

Foram realizados trabalho de análise da reação ao fogo de materiais, com a avaliação da queima de sofás (Figura 11) e televisões com e sem retardante de chama (BRAGA et al., 2021 e BRAGA e CORRÊA, 2022), bem

como de materiais e equipamentos como impressoras e ventiladores, entre outros.

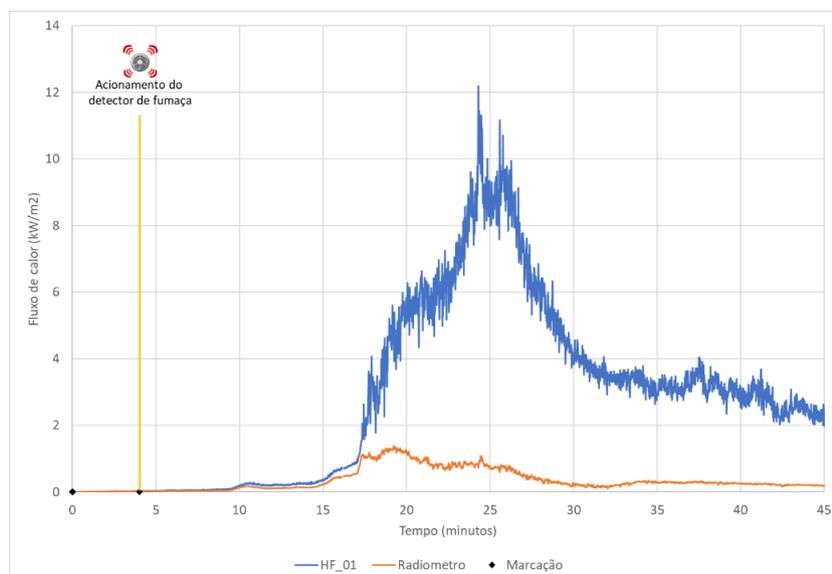
**Figura 11 - Fotos da queima de sofá com retardante de chama**



Fonte: BRAGA e CORRÊA, 2022.

O resultado da medição do fluxo de calor mostra que o pico de liberação de calor total se dá apenas com um tempo aproximado de 24 minutos de queima, praticamente 20 minutos após o alarme de fumaça ter detectado o incêndio (Figura 12).

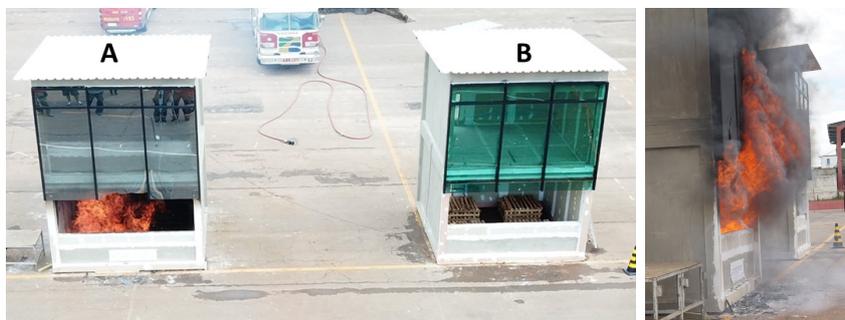
**Figura 12 - Fluxo de calor total e irradiado a 1,0m de altura na parede oposta ao sofá**



Fonte: BRAGA e CORRÊA, 2022.

Um exemplo de pesquisa em dinâmica do incêndio pode ser verificado por meio do estudo para verificação da avaliação da eficiência da compartimentação vertical em estruturas com fachada de vidro (Figura 13). Para esse experimento foram construídos dois ambientes de dois pavimentos cada em tamanho real e instrumentado com 50 termopares e 3 medidores de fluxo de calor, além de câmeras de alta resolução e térmica. O trabalho ainda será publicado.

Figura 13 - Ensaio de avaliação da compartimentação vertical



**Fonte:** Grupo de pesquisa em Ciência do Fogo do CBMDF (trabalho a ser publicado).

Para finalizar, desde 2004 são realizados trabalhos utilizando simulação computacional de incêndio em apoio à investigação de incêndio (BRAGA e LANDIM, 2008), em especial para teste de hipótese das possíveis causas (Figura 14). Mas também foram e são desenvolvidos diversos trabalhos utilizando a simulação computacional de incêndio e de fuga em apoio à prevenção, normatização e combate a incêndios (ALVES, CAMPOS E BRAGA, 2008, CAMPOS e BRAGA, 2011 e BRAGA, 2018).

**Figura 14** - Teste de hipótese de causa de incêndio utilizando simulação computacional



**Fonte:** BRAGA e LANDIM, 2008.

#### 4. CONCLUSÕES

Esse trabalho mostra parte do que foi desenvolvido como pesquisa pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal na área de segurança contra incêndio desde a inclusão da Corporação no Diretório de Instituições de Pesquisa do CNPq, ainda em 2003, tendo sido a primeira instituição de segurança pública do país incluída no sistema.

Grande parte dos trabalhos tem aplicação direta na missão fim da corporação, como suporte para a atuação nas áreas de prevenção, regulamentação técnica, combate e investigação de incêndio, mas também serviram como apoio à missão meio, como na especificação e aquisição de equipamentos e materiais.

Obviamente existem diversas formas que essas pesquisas podem ser realizadas, como por meio de universidade ou centros de pesquisa, modelo muito mais comum no exterior, mas não se pode descartar, como demonstrado pela experiência do CBMDF, que elas possam ser realizadas pelos Corpos de Bombeiros ou por meio de colaboração entre instituições.

As informações contidas nesse trabalho podem ser úteis para que outros Corpos de Bombeiros possam seguir ou mesmo desenvolver o seu próprio modelo de internalizar a pesquisa como apoio às suas missões fins, mas elas

servem também para mostrar aos centros de pesquisas e às universidades diversas linhas de pesquisas podem ser trabalhadas para desenvolver a áreas de segurança contra incêndio no país.

## **AGRADECIMENTOS**

O autor agradece o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, por meio dos equipamentos de medição adquiridos pelo projeto Melhoria dos Procedimentos de Combate e Investigação de Incêndio-MODFOGO, e da ABICHAMA e SCHOTT, pelo apoio em adquirir alguns dos materiais que foram utilizados em alguns dos experimentos.

Além disso, os autores também agradecem o apoio do Centro de Treinamento Operacional, Grupamento de Prevenção e Combate a Incêndio Urbano e da Diretoria de Investigação de Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, e da equipe que apoiou diretamente na execução dos experimentos, em especial aos bombeiros-militares: Bruno Marcelino de Almeida Nunes, Bruno Carvalho Lima de Alencar Matos, Cláudio José Leme, Helder de Farias Salazar, Helen Ramalho de Oliveira, Hermano Teixeira de Almeida Júnior, Ismael Moura de Souza, Joaquim Pereira Lisboa Neto, Luciano Maximiano da Rosa, Luiz Henrique Moreira de Paula, Marcelo dos Santos Cirilo, Valmecci Domingo dos Santos e Vanessa Signale de Lucena Malaquias.

## **REFERÊNCIAS**

ALVES, Alessandra. B.C.G., CAMPOS, André T. e BRAGA, George Cajaty B. **Simulação Computacional de Incêndio aplicado ao Projeto de Arquitetura**, NUTAU 2008 - O espaço sustentável inovações em edifícios e cidades, São Paulo, 2008.

BRAGA, George Cajaty Barbosa e CORRÊA, Cristiano, **Comportamento do fogo em sofá com retardante de chama**, Anais do 6º CILASCI – Congresso Ibero-Latino-Americano sobre Segurança Contra Incêndio, Belo Horizonte, MG, 2022. p. 303-314.

BRAGA, George Cajaty Braga e LANDIM, Helen Ramalho de Oliveira, **Investigação de incêndio**, In: Seito, A.I.; Gill, A.A.; Pannoni, F.D., Ono, R.; Silva, S.B.; Carlo, U.D.; Silva, V.P.. (Org.). A segurança contra incêndio no Brasil. A segurança contra incêndio no Brasil. Barueri -SP: Projeto Editora, 2008. p. 333-345.

BRAGA, George Cajaty Barbosa, **A importância da pesquisa em prevenção combate e investigação de incêndio: Uma revisão do caminho seguido pelo CBMDF e um indicação para o seu futuro**, in CAMPOS, André Telles; Silva, Luciano Loiola da (org), Boas práticas organizacionais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília: Ultima Ratio. 2021. p. 427-449.

BRAGA, George Cajaty Barbosa, et al., **Eficiência e economia dos recursos naturais no combate a incêndio: o uso do sistema de espuma por ar comprimido pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal**, in Revista Técnica de Biodiversidade e Qualidade Ambiental, v. 2, 2018. p. 90-97.

BRAGA, George Cajaty Barbosa, **Simulação computacional aplicada à segurança contra incêndio**, In: Costa, C.N., Campos, I. M., Costa, J. L. R., Santos, J. M., Silva, S. B. (Org.). Segurança contra incêndio Em Edificações - Recomendações 2028. Vitória - ES: Firek Segurança Contra Incêndio, ISBN: 978-65-80803-00-2, 2018. p. 159-172.

BRAGA, George Cajaty Barbosa; CORRÊA, Cristiano; MATOS, Bruno Carvalho Lima de; CALVALCANTI, Jorge Vinícius Fernandes Lima e LISBOA

NETO, Joaquim Pereira, **Incêndios em ambiente com materiais brasileiros e estrangeiros: um estudo comparativo**, Revista FLAMMAE, v. 7, nº 20, Edição Especial 2021. p. 7-29.

BRAGA, George Cajaty Barbosa; LISBOA NETO, Joaquim P. e SALAZAR, Helder F, **A temperatura e fluxo de calor em uma situação de incêndio e as consequências para os bombeiros**, Revista FLAMMAE, v. 2, nº 4, 2016. p. 9-28.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

\_\_\_\_\_, **Lei nº 8.255, de 20 de novembro de 1991 - Dispõe sobre a organização básica do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, e dá outras providências**, 1991.

CAMARGO, Rodrigues, Eduardo Estevam, **Sistema de gestão da segurança contra incêndio e pânico nas edificações: fundamentação para uma regulamentação nacional**, 2016, 334 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

CAMPOS, André T. e BRAGA, George Cajaty Barbosa, **Aplicação do FDS+EVAC para validação de requisitos normativos de saídas de emergência e comparação com parâmetros de desempenho**, Anas do 1º CILASCI: Congresso Ibero-Latino-Americano sobre Segurança contra Incêndio, Natal, RN, 2011.

CARMAN, Steven W. **“Clean Burn” Fire Patterns – a New Perspective for Investigators**, Proceedings of Interflam, Nottingham, England. 2012.

COMMITTEE ON IDENTIFYING THE NEEDS OF THE FORENSIC SCIENCES COMMUNITY, National Research Council, ***Strengthening Forensic Science in the United States: A Path Forward***, 2009.

COMMITTEE TO IDENTIFY INNOVATIVE RESEARCH NEEDS TO FOSTER IMPROVED FIRE SAFETY IN THE UNITED STATES, National Research Council, ***Making the Nation Safe from Fire: A Path Forward in Research***, The National Academies Press, 2003.

COSTA, Carlos Marcelo D'Isep, **Os corpos de bombeiros militares emancipados das polícias militares: prospecção e análise dos parâmetros norteadores do seu "desenho" organizacional**, 2002, 210 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública), Escola Brasileira de Administração Pública, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2002.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY - FEMA, ***America at Risk: America Burning Recommissioned***, FA-223, 2002.

\_\_\_\_\_, ***America Burning Revisited***, National Workshop – Tyson's Corner, Virginia, Novembro de 1987.

FOSTER, J. A., e ROBERTS, G. V., ***Measurements of the Firefighting Environment***, Research Report number 61, Central Fire Brigade Advisory Council, 1994.

HORN, G. P., et al. ***Thermal response to firefighting activities in residential structure fires: impact of job assignment and suppression tactic***, Ergonomics. 2017.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY – JICA, *Report on the establishment of the fire fighting training center in Brasilia-DF*, março de 1981.

KERBER, Stephen, *Analysis of Changing Residential Fire Dynamics and Its Implications on Firefighter Operational Timeframes*, Fire Technology, November 2011.

LUGON, André Pimentel et al., **A Investigação de incêndio no Brasil: uma visão de futuro**, In: Costa, C.N.; et al. (Org.). Segurança Contra Incêndio em Edificações – Recomendações. ES: Firek Segurança Contra Incêndio, ISBN: 978-65-80803-00-2, 2018. p. 132-146.

NATIONAL COMMISSION ON FIRE PREVENTION AND CONTROL - NCFPC, *America Burning*, 1973.

SMITH, D. L., *Firefighter Fitness: Improving Performance and Preventing Injuries and Fatalities*, Current Sports Medicine Reports 10(3):167-72, 2011.

TAVARES, Rodrigo Machado, *An analysis of the fire safety codes in Brazil: Is the performance based approach the best practice?*, Fire Safety Journal, 44, 2009.