

TRAJES DE COMBATE A INCÊNDIO EM USO NO BRASIL E SEU CONFORTO TÉRMICO¹

Cristiano Corrêa²

<https://orcid.org/0000-0003-4653-5337>

Wladimir José Lopes Martins³

<https://orcid.org/0009-0006-0889-6501>

Anderson Souto de Castro⁴

<https://orcid.org/0009-0003-9866-4277>

Lucas Maciel Beça⁵

José do Carmo Bezerra Júnior⁶

Tiago Ancelmo Pires⁷

<https://orcid.org/0000-0003-4861-4944>

RESUMO

O presente estudo analisou 08 trajes de Combate a Incêndio em uso no Brasil, examinando sobretudo o conforto térmico advindo de cada um destes trajes. Para tanto utilizou-se um ensaio experimental com presença de fogo real, utilizando como ambiência um módulo de treinamento de combate a incêndio, do tipo container (Corrêa, *et al.*, 2019). Foram utilizados fios termopares tipo K para aferição das temperaturas nas faces externas e internas dos trajes de combate a incêndio, em pontos de 'pinçamento' na capa e na calça. Foram instaladas ainda hastes termopares tipo K para aferição das temperaturas na massa gasosa que se encontrava entre o traje testado e o material em chama, as aferições foram nas alturas de 0,6 m, 1,5 m e 2,1 m medidos a partir do piso (Corrêa, *et al.*, 2017). Foi estabelecido um esquema de segurança com a interrupção do teste na perspectiva de temperaturas acima de 60° C no interior dos trajes (Lawson, *et al.*, 2010), ou caso houvesse qualquer intercorrência (Corrêa, *et al.*, 2022). Os voluntários no experimento eram todos instrutores de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco – CBMPE. Estes permaneceram por até 20 minutos na posição de combate 'a três pontos' nas proximidades da área de queima. Os resultados mostraram que no ambiente proximal (hastes termopares) as temperaturas na massa gasosa suplantaram 450° C e que as temperaturas na face externa do traje ultrapassaram 160° C, o que aproxima-se de outros experimentos em escala real (Braga, *et al.*, 2016). Contudo, a maioria dos trajes manteve temperaturas internas inferiores ao parâmetro de segurança estimado.

Palavras-chave: Combate a Incêndio; Trajes de Combate a Incêndio; Equipamento de Proteção para Combate a Incêndios; Corpos de Bombeiros; Serviço de Combate a Incêndio.

¹ **Artigo Premiado** (1ª Colocação – Apresentação Pôster) – Congresso Nacional de Bombeiros – CONABOM 2025.

² Doutor PPGE - UFPE e Oficial do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco - CBMPE; | E-mail: cristianocorreacbmpe@gmail.com

³ Mestrando PPGE - UFPE e Oficial do CBMPE | E-mail: wlopesma@gmail.com

⁴ UEngenheiro Civil pela UFPE e Oficial do CBMPE | E-mail: castroten@gmail.com.br

⁵ Mestrando PPGE - UFPE e Oficial do CBMPE | E-mail: lucasmaciel_12@hotmail.com

⁶ Mestre PPGE - UFPE e Oficial do CBMPE | E-mail: jocb_junior@hotmail.com

⁷ PhD – Engenharia de Estruturas Metálicas pela Universidade de Coimbra, Portugal. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE; | E-mail: tiago.poliveira@ufpe.br

FIRE FIGHTING PPE IN USE IN BRAZIL AND ITS THERMAL COMFORT

ABSTRACT

This study analyzed eight firefighting PPE in use in Brazil, examining above all the thermal comfort arising from each of these PPE. For this purpose, an experimental test was used with the presence of real fire, using a container-type-firefighting training module as the environment. Type K thermocouple wires were used to measure the temperatures on the external and internal faces of the firefighting PPE, at 'pinching' points on the cover and pants. Type K thermocouple rods were also installed to measure the temperatures in the gaseous mass that was at heights of 0.6 m, 1.5 m and 2.1 m measured from the floor. A safety scheme was established by interrupting the test if temperatures exceeded 60° C inside the PPE or if there were any complications. The volunteers in the experiment were all Firefighting instructors from the Pernambuco Fire Department (CBMPE). They remained for up to 20 minutes in the 'three-point fighting position near the burning area. The results showed that in the proximal environment (thermocouple rods) the temperatures in the gas mass exceeded 450° C and that the temperatures on the external face of the PPE exceeded 160° C, which is close to other full-scale experiments. However, most of the suits maintained internal temperatures below the estimated safety parameter.

Keywords: Firefighting, Fire Fighting PPE, Fire Fighting Protective Equipment, Fire Departments, Fire Fighting Service.

Artigo Recebido em 25/08/2025

Aceito em 25/11/2025

Publicado em 19/03/2026

Artigo Premiado – Seleção Comitê Científico CONABOM 2025

1. INTRODUÇÃO

Nas ações de combate a incêndio, cuidados relacionados à proteção de cada combatente são tomados, com o fim de proporcionar a aproximação segura à zona de altas temperaturas e de gases tóxicos, bem como permanência por mais tempo nesse ambiente inóspito. Esse tempo maior de ações diretamente em contato com o fogo garante a ação direta, efetiva e eficiente dos combatentes, evitando maiores danos ao patrimônio e sociedade, com um término de ocorrência mais breve.

Ao longo dos anos, as tecnologias aplicadas aos equipamentos de proteção individual (EPI) para combate a incêndios têm garantido mais conforto ao respondedor, possibilitando também melhor mobilidade nas ações táticas e técnicas aplicadas. Assim, alguns aspectos são levados em consideração durante a concepção dos trajes como: peso, conforto e mobilidade. Na seleção desses EPIs pelos Corpos de Bombeiros, ainda, fatores relacionados a custos e resposta à emergência real são cruciais (Corrêa, *et al.*, 2022).

É importante salientar o que se expõe em estudo recente:

*“Existem normas internacionais para confecção e testes destes trajes (EN 469, EN 367, NFPA 1971), contudo inexiste no Brasil norma específica. Mesmo a utilização das normativas internacionais são limitadas. Em laudo técnico recente, um laboratório e ensaio pretende unicamente classificar os materiais. **Não necessariamente são aplicáveis a condições de fogo reais (AITEX, 2018)**, referindo-se ao teste intitulado Determinação da Transmissão de Calor durante exposição a chamas.” (Corrêa, *et al.*, 2022)*

Ante o exposto, foi aplicado o protocolo experimental desenvolvido por Corrêa, *et al.* (2022), o qual, baseando-se em uma análise mais próxima do comportamento da roupa de aproximação de combate a incêndio diante de um cenário de ocorrência com fogo real, mensura o conforto térmico dos trajes, a partir do parâmetro de temperaturas, por meio de termopares tipo K.

Com isso, foram testados, nesta pesquisa, trajes advindos de Corpos de Bombeiros das cinco Regiões do Brasil, aumentando-se o escopo anteriormente estudado anteriormente (Braga, *et al.*, 2016, Corrêa, *et al.*, 2019, Corrêa, *et al.*, 2022).

2 METODOLOGIA

Nos seguintes tópicos, é descrito o protocolo experimental adotado, com o posicionamento dos profissionais no cenário de testes com fogo real, dentre outras especificidades.

2.1 Simulador de desenvolvimento de incêndio do tipo contêiner

O exercício foi realizado na Academia de Bombeiros Militar dos Guararapes, em Recife-PE, com o uso de simulador de desenvolvimento de incêndio do tipo contêiner, usado para treinamento em operações de combate com foco em ações ofensivas no interior de edificações (Grimwood, 2008).

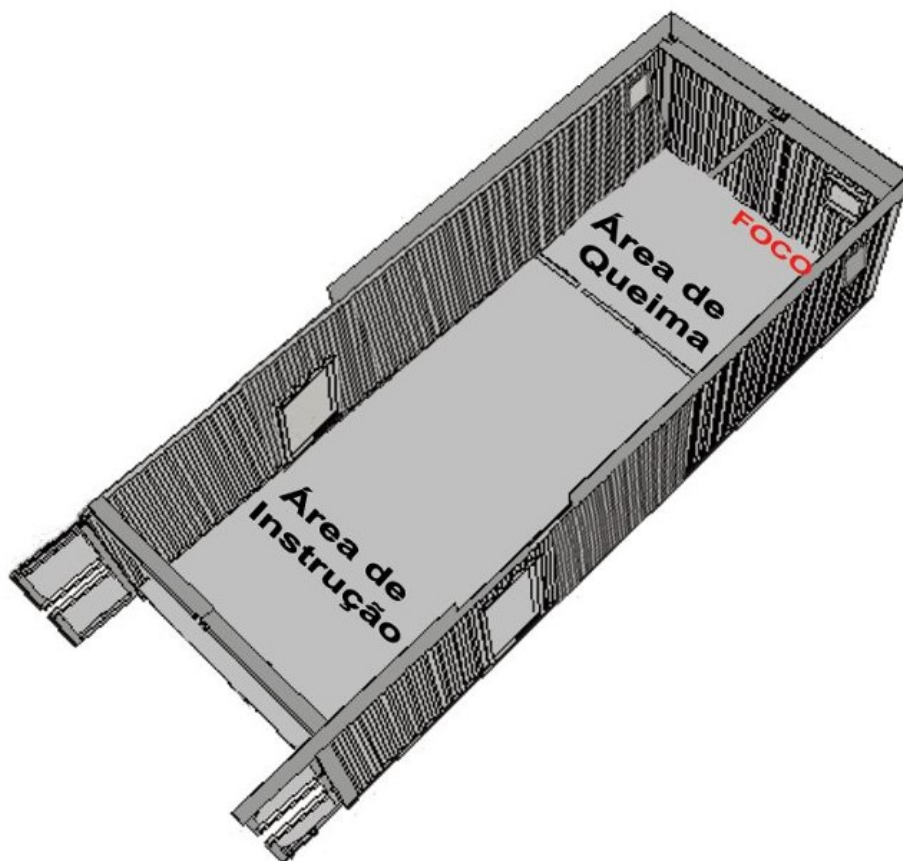
O desenho esquemático do ambiente de testes utilizado está presente nas Figuras 1 e 2 seguintes:

Figura 1 – Simulador de Desenvolvimento de Incêndio do Tipo Contêiner (Exterior).



Fonte: CBMPE (2018).

Figura 2 – Simulador de Desenvolvimento de Incêndio do Tipo Contêiner (Interior).



Fonte: CBMPE (2018).

2.2 Carga-incêndio

A carga-incêndio, isto é, a energia potencial liberada pela combustão completa do material combustível aplicada no presente protocolo de testes de trajes foi de aproximadamente 650 MJ, com a configuração de dois focos (“fogueiras”), um em cada vértice da área de queima, de 19 kg de paletes misto de madeira cada lado.

Para fins de referência, em exercícios de treinamento em ações ofensivas em Simuladores de Desenvolvimento de Incêndio (SDI) tipo

contêiner, são levados à combustão materiais celulósicos (paletes e madeirites) com um total de massa de mais de 100 kg, o que representa mais de 2.000 MJ de carga de incêndio, nas instruções do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco. No Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, pode-se chegar a mais de 4.000 MJ por exercício (Mata *et al.*, 2020).

2.3 Esquema de ensaio

Para a medição de temperatura, termopares tipo K foram colocados no interior e exterior da calça, em altura medial do fêmur; e na capa, próximo ao mamilo, conforme Corrêa, *et al.* (2022).

Em seguida, para o início do ensaio, o “Bombeiro em Teste”, que veste o traje em testado, posicionou-se a 5 metros de distância do ponto central do fundo do contêiner, na posição de combate “a três pontos”. Em manuais de combate a incêndio, essa posição refere-se ao combatente em posição de combate com um dos joelhos tocando o chão, conforme Figura 3 (CBMDF, 2009).

Figura 3 – Posição de Combate “A Três Pontos”.



Fonte: CBMDF (2009).

2.4 Medidas de segurança

Por se tratar de uso de fogo real, medidas de segurança foram tomadas, exatamente como descritas por Corrêa, *et al.* (2022), destacando-se:

- teste de equipamentos de proteção individual de proteção respiratória, com uso de sistema autônomo de ar respirável comprimido;
- teste hidráulico do sistema de combate (mangueiras), avaliando-se pressão e vazão adequados;
- presença de ambulância equipada e pronta, durante todo o exercício;
- presença de 02 (dois) “Bombeiros-Segurança” dentro do simulador, totalmente equipados e próximo ao “Bombeiro em Teste”;

- presença de 01 (um) “Bombeiro-Segurança” externo, para uma visão mais holística e controle externo;
- monitoramento contínuo de temperatura dos pontos protocolares no “Bombeiro-Traje”, com a interrupção imediata caso houvesse o alcance de 60° C, com a preservação da integridade do profissional.
- dentre outras medidas.

A seguir imagem de um dos ensaios (**Figura 4**), com destaque ao esquema de segurança que prevê um profissional logo a retaguarda e a direita, para intervenção imediata e outro a esquerda e próximo a entrada do ambiente, munido de linha de combate a incêndio pressurizada (Corrêa, *et al.*, 2022), para um caso fortuito de intercorrências, com o bombeiro que usa o traje em teste:

Figura 4 – Esquema de Segurança para o Ensaio.



Legenda: Setas azuis: Bombeiros-Segurança. Seta Vermelha: Bombeiro-Traje.

Os voluntários que atuaram como “Bombeiro-Segurança” e “Bombeiro em Teste” são militares do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco,

possuidores de capacitação e experiência adequadas para o tipo de atividades desenvolvidas nesse exercício protocolar.

2.5 Protocolo de ensaio

Foram testados 8 (oito) trajes (Calça e Capa) de fabricações distintas e com pesos e características diferentes, por 15 minutos de incêndio.

Estes trajes disponíveis para testes foram cedidos pelos Corpos de Bombeiros das cinco regiões do Brasil, e identificados neste trabalho com a salvaguarda de marca e modelo de fabricantes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os trajes de Combate a Incêndio ensaiados estão ilustrados na imagem a seguir (**Figura 5**), reprisando que, em sua maioria, estes equipamentos estão presentes nas equipes de primeira resposta de Corpos de Bombeiros do Brasil, distribuídos nas cinco regiões do país (Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte).

Figura 5 – Trajes de Combate a Incêndio Utilizados.

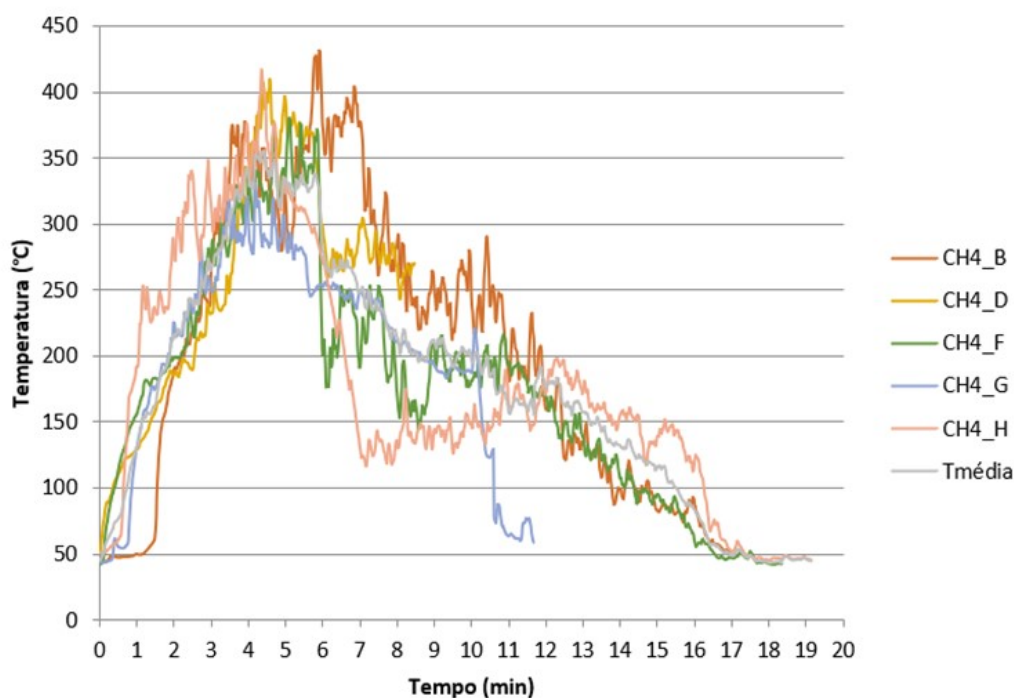


Fonte: Acervo dos autores.

As temperaturas no ambiente (massa gasosa) foram registradas, ao longo do tempo de ensaio experimental, conforme o gráfico a seguir (**Figura 6**), em que o termo CH4 representa as temperaturas aferidas a 1,5 m do solo (Corrêa, *et al.*, 2019).

Neste gráfico (**Figura 6**) estão expostas as temperaturas ao longo do tempo nos cinco eventos com as maiores temperaturas registradas (Trajes B, D, F, G e H).

Figura 6 – GRÁFICOS DAS TEMPERATURAS AMBIENTAIS A 1,5 M EM RELAÇÃO AO PISO.



Fonte: Resultados da pesquisa.

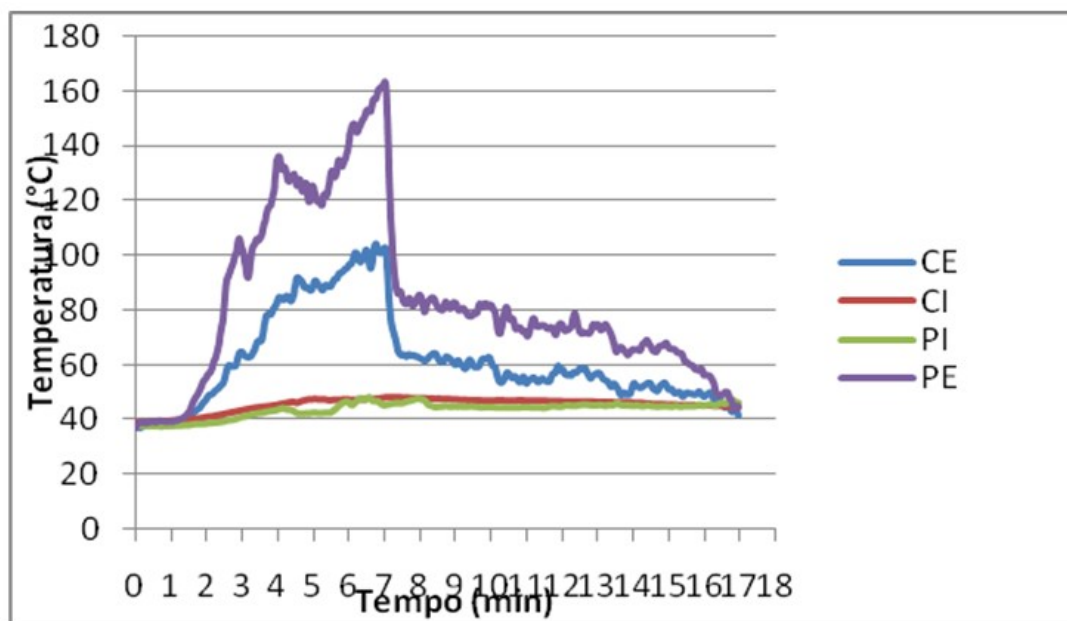
Vê-se, por conseguinte, o gráfico (**Figura 7**) que resume as temperaturas aferidas nas faces externas e internas do traje, especificamente na altura medial do fêmur. Esse ponto foi escolhido porque, na posição usual

de combate, isto é, posição “a 3 pontos”, ocorre um “pinçamento” (diminuição dos espaços entre as camadas de tecidos) natural.

Essas temperaturas foram obtidas, então, pelos dados de termopares denominados “Coxa Externa (CE)” e, na sua face interna, a “Coxa Interna (CI)” (Figura 7).

Na parte superior do traje, as aferições foram medidas na altura no mamilo esquerdo (outro ponto de pinçamento) nas duas faces do traje, simplificados com as denominações “Peito Externo (PE)” e “Peito Interno (PI)” (Figura 7).

Figura 7 – Gráfico das Temperaturas no ‘Traje B’.



Fonte: Resultados da Pesquisa.

Após os experimentos, com os oito trajes de Combate a Incêndio, dois deles (A e G) ultrapassaram as temperaturas de referência de segurança adotada, isto é 60° C na face interna (seja na Coxa ou no Peito), e, portanto, o teste foi interrompido antes do tempo estimado.

Outros três (C, E e F) tiveram temperaturas internas que superaram os 50° C (Ponto de Atenção) (Lawson, *et al.*, 2010 e Braga, *et al.*, 2016), contudo retornaram a temperaturas mais seguras (entre 40° e 50° C) após alguns segundos, encerrando-se o período de teste.

Outros três trajes (B, D e H) passaram pelos testes por todo o tempo previsto, sem que se tenha computado 50° C nas faces internas.

Por fim, destaca-se que não houve intercorrências relacionadas aos “Bombeiros em Teste” e “Bombeiros-Segurança”, os quais passaram por avaliação pré-hospitalar antes e depois de cada atividade. As restrições e controle pré-estabelecidos no protocolo experimental por Corrêa, *et al.*, (2022), bem como o sistema de monitoramento contínuo dos pontos de temperatura proporcionaram a segurança necessária e suficiente para o cenário em questão.

4 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que no ambiente proximal (hastes termopares) as temperaturas na massa gasosa suplantaram 450° C e que as temperaturas na face externa do traje ultrapassaram 160° C, o que aproxima-se de outros experimentos em escala real (Braga, *et al.*, 2016). Contudo, a maioria dos trajes manteve temperaturas internas inferiores ao parâmetro de segurança estimado.

As diferentes tecnologias aplicadas aos equipamentos de proteção individual, mais precisamente a capa e calça de combate a incêndio, têm, de fato, corroborado para trajes mais seguros e leves. E isso foi claramente percebido pelo retromencionado, quando se possui um gradiente de temperatura interno e externo, considerando as camadas de roupa, de mais de 100° C.

Por outro lado, apesar da importância das normativas que são levadas em consideração na concepção desses produtos, os quais levam em conta inclusive testes com fogo real, compreende-se por necessário a suplementação com a compreensão do fenômeno em escala natural. Isso proporcionará estudos que se aproximam evolutivamente no estudo do incêndio do dia-a-dia, e como a interface homem-equipamento pode ser melhor trabalhada.

A garantia da qualidade e da perenidade dos atributos de segurança de um traje de combate a incêndio, precisam atender ao que é exigido nas atividades reais, as quais podem levar o combatente a perder sua integridade caso se tenha apenas a adequação parcial de seu EPI.

Uma outra questão a ser considerada, do ponto de vista dos Corpos de Bombeiros, é a atenção quanto às especificidades para compra dos itens, como também uma possibilidade de abertura mais franca e direta com o fabricante ou fornecedor na cessão de trajes para testes, antes da efetivação do processo de compra.

5 AGRAGECIMENTOS

Os autores da pesquisa agradecem aos fabricantes, representantes comerciais e Corpos de Bombeiros Militares que cederam os trajes para a realização dos testes. Igualmente se reconhece a distinção da Universidade Federal de Pernambuco, em especial do Grupo de Pesquisa - Gestão e Tecnologia da Construção (GTC), pela cessão de equipamentos de aferição térmica e instrumentação em geral. E finalmente manifesta gratidão efusiva aos Bombeiros Militares: André Avelino Barroso Badin Telles; Bruno Carlos dos Reis; Carlos Oliveira de Araújo Júnior; Elias José de Lima Aguiar Júnior; Hugo Gonçalves dos Santos Lima; José Ernaldo Honorato Leite; Paulo Henrique Cavalcante do Rego; Rafael dos Santos Silva; Rodrigo José Matias da Silva; e; Thiago Oliveira Lima, os quais voluntariamente participaram das fases de

planejamento, mobilização, monitoramento e desmobilização dos ensaios com fogo real.

6 REFERÊNCIAS

BRAGA, G.C.; LISBOA NETO, J.P.; SALAZAR, H.F. A Temperatura e Fluxo de Calor em uma situação de Incêndio e as consequências para os Bombeiros. *Revista Flammae*, v.2, n.4, p.09-28, 2016.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Manual básico de combate a incêndio. Módulo 3 - Técnicas de combate a incêndio. 2ª ed. 2009. Disponível em: <https://www.cbm.df.gov.br/downloads/edocman/legislacoes/manuaisoperacionais/combate_incendio_modulo_3.pdf>.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE PERNAMBUCO. Portaria Administrativa n.º 002/2018 – DEIP, de 3 abr. 2018. Aprova o Protocolo de Treinamento de Combate a Incêndio em Simulador de Pré-Flashover tipo Contêiner. **Boletim Geral Eletrônico**, n. 62, 4 abr. 2018.

CORRÊA, C; CASTRO, A.S.; BEZERRA, H. Firefighting Equipment Test: Experimental Protocol Container. In: XIX Seminário Nacional de Bombeiros, São Luiz-MA, 2019.

CORRÊA, C.; BEZERRA JUNIOR, J.C.; RÊGO SILVA, J.J.; PIRES, T.A.; BERLIE, H.; MENEZES, R.R.F. Trajes Para Combate a Incêndios e o Conforto Térmico: Um Estudo Comparativo. In: 4º Congresso Ibero-Latino-Americano de Segurança Contra Incêndio, Recife-PE, 2017.

CORRÊA, C.; SOUTO DE CASTRO, A.; BEZERRA JÚNIOR, J. do C., ALVES BEZERRA, H.; RÊGO SILVA, J. J.; DINIZ FEITOSA, C. J.; PIRES, T. A. Protocolo experimental em contêiner para testes de trajes de combate a incêndio. **Conjecturas**, 22(12), 1054–1065, 2022.

GRIMWOOD, P. Euro Firefighter: Global Firefighting Strategy and Tactics Command and Control – Firefighter Safety. 1ª ed. West Yorkshire: Jeremy Mills Publishing Limited, 2008.

LAWSON, J. R.; MELL, W. E.; PRASAD, K. A Heat Transfer Model for Firefighters' Protective Clothing, Continued Developments in Protective Clothing Modeling. **Fire Technology**, v.46, n.4, 833-841, 2010.

MATA, K. L. da. , CALDAS, R. B., RODRIGUES, F. C., & DIAS, J. V. F.. Análise das temperaturas de um compartimento durante treinamentos de combate a incêndio. **Ambiente Construído**, 20(2), 245–260, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000200398>>.