



SOLDADO DO FOGO REVISTA CIENTÍFICA *do* CORPO DE BOMBEIROS MILITAR *do* ESTADO DO RIO DE JANEIRO

2025

**ANO 1
VOLUME 1**





**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO**
Revista Científica Soldado do Fogo

Praça da República, n.º 45, Centro, Rio de Janeiro – RJ. CEP: 20.211-350.

www.cbmerj.rj.gov.br

Tel.: (+55 21) 2333-2362.

Copyright © 2025. Catalogação na fonte: Estado-Maior Geral do CBMERJ

É permitida a reprodução do conteúdo desta revista desde que obrigatoriamente seja citada a fonte.

Reproduções para fins comerciais são rigorosamente proibidas.



CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Revista Científica Soldado do Fogo

GOVERNADOR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Cláudio Bomfim de Castro e Silva

Secretário de Estado de Defesa Civil e Comandante-Geral do CBMERJ

Cel BM Tarciso Antonio de Salles Junior

Subcomandante Geral e Chefe do Estado-Maior do CBMERJ

Cel BM Luciano Pacheco Sarmento

Diretor-Geral de Ensino e Instrução

Cel BM Alexandre Lemos Carneiro

COORDENAÇÃO

Ten Cel BM Euler Lucena Tavares Lima

DIAGRAMAÇÃO

Maj BM Arthur Jorge de Veras da Silva

Cap BM Bruna Reis Monteiro





Ano 1 • Volume 1 • 2025

Soldado do Fogo

*Revista
Científica do
CBMERJ*

Publicação do

**Corpo de Bombeiros
do Estado do Rio de
Janeiro**

rcsoldadodofogo@gmail.com

<https://soldadodofogo.cbmerj.rj.gov.br/>

2025



Sobre Nós

A Revista Científica Soldado do Fogo é a publicação periódica interdisciplinar do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ), criada com a missão institucional de promover e divulgar trabalhos técnico-científicos produzidos no âmbito da Corporação e de instituições parceiras.



A revista concentra-se nas seguintes temáticas: administração pública; prevenção e combate a incêndio e pânico e suas tecnologias; atendimento em emergência pré-hospitalar; busca, resgate e salvamento e suas tecnologias; proteção e defesa civil; atenção em saúde; qualidade de vida e assistência social; e ensino.

Equipe editorial

A Equipe Editorial da Revista Científica Soldado do Fogo é formada por profissionais e pesquisadores comprometidos com a excelência técnico-científica e com a missão institucional do CBMERJ. Reunindo experiência acadêmica, operacional e gerencial, o grupo atua de forma integrada para garantir rigor metodológico, credibilidade e qualidade editorial.



Cel BM Lemos

Diretor-Geral de
Ensino e
Instrução



**Maj BM Andreia
Escudeiro**

DSc Engenharia de
Defesa - IME
Editora-chefe



**TC BM Paulo
Alipio**

DSc Medicina
UFRJ



**TC BM Marcelo
Vieira**

DSc Informação e
Comunicação em
Saúde - FIOCRUZ



Maj BM Barros

MSc Educação
Física - UFRJ



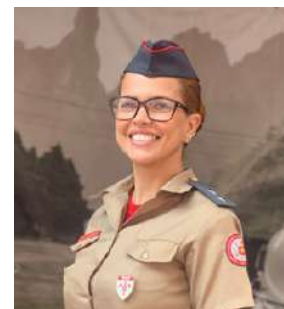
Maj BM Márglory

DSc Enfermagem
Univ. Gama Filho



Maj BM De Veras

MSc e Doutorando
Engenharia Civil
COPPE/UFRJ



**Cap BM Reis
Monteiro**

MSc Defesa Civil
UFF

Sumário

Editorial do Secretário de Estado de Defesa Civil e Comandante-Geral do CBMERJ8

ARTIGOS

Sistemas Inteligentes de Monitoramento para Incêndios Florestais: Uma Revisão Sistemática ...10

Simulação Computacional da Transferência de Calor por Condução: Estudo da Propagação em Mantas de Fibra Cerâmica de Portas Corta-Fogo.....35

Proposta de Arranjo Institucional que Compreenda a Atenção à Saúde do Bombeiro Militar Veterano, na Perspectiva da Prevenção.....48

Procedimentos Utilizados para o Atendimento das Emergências Envolvendo Agentes Biológicos e Toxinas.....65

Estudo do Impacto Financeiro da Utilização de Energia Fotovoltaica nas Unidades do CBMERJ e da SEDEC.....77

Doutrina do Fogo: A Institucionalização do Combate a Incêndios pela Técnica e Disciplina (1797–1856).....95

A SEDEC Orientada por Dados: Um Estudo de Caso Sobre a Utilização de Inteligência Artificial Empregada nos Processos Administrativos.....111



EDITORIAL DO SECRETÁRIO DE ESTADO DE DEFESA CIVIL E COMANDANTE-GERAL DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Caros leitores, pesquisadores, profissionais e bombeiros-militares,

É com grande satisfação que damos início à primeira edição da Revista Científica Soldado do Fogo (RCSF), publicação oficial semestral do CBMERJ, instituída pela Portaria nº 1303/2025.

Este veículo representa um marco institucional para nossa corporação: a convergência entre a prática do bombeiro militar, a proteção e defesa civil, o ensino, a saúde, a administração pública e a produção científica. A partir de agora, o CBMERJ reafirma seu compromisso com a inovação, a profissionalização e o fortalecimento da base científica que sustenta nossas operações e decisões.

A RCSF adota política de acesso aberto e gratuito, tanto para autores quanto para leitores, e segue o rigor do modelo de avaliação por pares (*double-blind*). Essa transparência e qualidade editorial são fundamentais para ampliarmos a interface entre a atividade acadêmica e a atividade operacional - um objetivo estratégico para a corporação, e para o campo dos Corpos de Bombeiros Militares e a Defesa Civil dos Estados.

Nesta edição inaugural, temos a satisfação de publicar artigos, revisões, relatos de experiência, notas técnicas e resenhas críticas - em português e inglês - refletindo a pluralidade de temas que hoje permeiam o universo dos corpos de bombeiros e das defesas civis.



EDITORIAL DO SECRETÁRIO DE ESTADO DE DEFESA CIVIL E COMANDANTE-GERAL DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Ao entrar nesta nova etapa, convido todos os membros do CBMERJ, assim como pesquisadores externos e profissionais de áreas afins, a colaborarem com esta revista: submetendo trabalhos originais, participando ativamente da construção coletiva de conhecimento e revertendo essas contribuições em melhorias concretas nas nossas operações, no ensino e no atendimento à população.

Que esta publicação se torne um canal relevante para a disseminação de ideias, práticas inovadoras, reflexões críticas e soluções aplicadas aos desafios contemporâneos que enfrentamos - sejam nas áreas de prevenção e combate a incêndios, nas operações de busca e salvamento, na gestão de crises, ou no fortalecimento institucional da proteção e defesa civil no Estado do Rio de Janeiro.

Finalmente, agradeço à equipe editorial, aos revisores, aos autores e à comunidade de leitores por embarcarem conosco nesta jornada.

Que a Revista Científica Soldado do Fogo seja não apenas um repositório de conhecimento, mas uma ferramenta viva de transformação institucional e profissional.

Cel BM Tarciso Antonio de Salles Junior
Secretário de Estado de Defesa Civil e Comandante-Geral do CBMERJ





Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de dezembro de 2025

Sistemas inteligentes de monitoramento para incêndios florestais: uma revisão sistemática

Autores:

Lucas Leocadio Gonçalves

Graduado no Curso de Formação de Oficiais da ABMDP II

Instituição: CBMERJ

E-mail: lukasleocadio11@gmail.com

Guilherme Martins Botelho

Graduado no Curso de Formação de Oficiais da ABMDP II

Instituição: CBMERJ

E-mail: gbotelhom@gmail.com

Thiago de Barros Ramos

Mestre em Educação Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituição: CBMERJ

E-mail: barros.cbmerj@gmail.com



SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
REVISTA CIENTÍFICA SOLDADO DO FOGO

SISTEMAS INTELIGENTES DE MONITORAMENTO PARA INCÊNDIOS
FLORESTAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Lucas Leocadio Gonçalves^{1*} Guilherme Martins Botelho^{2*} Thiago de Barros Ramos³

¹Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: lukasleocadio11@gmail.com.
ORCID: 0009-0003-1063-3661. *Autor correspondente.

²Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: gbotelhom@gmail.com.
ORCID: 0009-0004-6727-576X

³Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: barros.cbmerj@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3850-4445

RESUMO: Este estudo examina a crescente preocupação com os incêndios florestais no Brasil, com ênfase no Estado do Rio de Janeiro, região fortemente impactada pelo desmatamento e pela urbanização desordenada. Analisa-se a limitada eficácia dos métodos convencionais de monitoramento, como a observação por satélite e a vigilância presencial em campo, e propõe-se a implementação de um sistema de monitoramento assistido por inteligência artificial (IA). Tal sistema integra sensores avançados e algoritmos de aprendizado de máquina com o objetivo de viabilizar a detecção precoce e uma resposta operacional mais eficiente aos incêndios florestais. Foi conduzida uma revisão sistemática da literatura, que resultou na inclusão de 22 estudos relevantes, adotando-se uma abordagem quali-quantitativa para análise das características e do desempenho de diferentes tecnologias baseadas em IA, tais como redes neurais convolucionais (CNNs), sensores remotos e veículos aéreos não tripulados (UAVs). Os achados indicam que a aplicação de IA pode incrementar de forma significativa a precisão e a eficácia na identificação de focos de incêndio, superando as limitações observadas nos métodos tradicionais de monitoramento. Concluiu-se que a implementação de um sistema de monitoramento de incêndios florestais baseado em IA no âmbito do CBMERJ apresenta potencial para aprimorar a capacidade de resposta a incêndios, contribuindo para a proteção do meio ambiente e da população. Contudo, ressalta-se a necessidade de estudos adicionais voltados à adaptação e à otimização dessas tecnologias ao contexto específico da região.

Palavras-chave: Algoritmos; Aprendizado de Máquina; Proteção Ambiental; Sensores Remotos; Tecnologias Emergentes.

ABSTRACT: This study examines the growing concern about wildfires in Brazil, with an emphasis on the state of Rio de Janeiro, a region heavily affected by deforestation and unplanned urbanization. It analyzes the limited effectiveness of conventional monitoring methods, such as satellite observation and in-person field surveillance, and proposes the implementation of an artificial intelligence (AI)-assisted monitoring system. This system integrates advanced sensors and machine learning algorithms with the aim of enabling early detection and a more efficient operational response to wildfires. A systematic literature review was conducted, resulting in the inclusion of 22 relevant studies, and a mixed-methods (qualitative–quantitative) approach was adopted to analyze the characteristics and performance of different AI-based technologies, such as convolutional neural networks (CNNs), remote sensors, and unmanned aerial vehicles (UAVs). The findings indicate that the application of AI can significantly enhance the accuracy and effectiveness of fire-spot detection, overcoming the limitations observed in traditional monitoring methods. The study concludes that implementing an AI-based wildfire monitoring system within CBMERJ has the potential to improve the institution's capacity to respond to fires, thereby contributing to the protection of the environment and the population. Nevertheless, further studies are required to adapt and optimize these technologies to the specific context of the region.

Keywords: Algorithms; Machine Learning; Environmental Protection; Remote Sensors; Emerging technologies.





1. INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais são, no Brasil, uma preocupação crescente em razão do aumento das ações de desmatamento e de atividades humanas descontroladas¹. Esses fatores são influenciadores diretos da propagação rápida do fogo em diferentes regiões do país, afetando ecossistemas e comunidades. O Rio de Janeiro é um exemplo paradigmático de cidade marcada pela urbanização exacerbada, sem planejamento e com graves consequências sociais e ambientais². Esse cenário cria condições propícias para a ocorrência de incêndios florestais frequentes e de relevante magnitude³.

De acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), Incêndio Florestal é toda propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação situada em áreas legalmente protegidas. Devido à complexidade e a magnitude desses eventos, a prevenção é considerada um ponto-chave na preservação desses ecossistemas. O conceito de prevenção a incêndios florestais pode ser compreendido como o conjunto de medidas, normas e atividades destinadas a evitar esses incêndios e a impedir a propagação do fogo,³.

Nesse contexto, a detecção de incêndios florestais no Brasil ainda é um processo relativamente oneroso e, em alguns casos, ineficiente, assim como as atuais técnicas de monitoramento, que utilizam rede de satélites com diferentes sensores ópticos e observadores humanos para detectar focos de incêndio⁴. No Estado do Rio de Janeiro, o monitoramento é realizado de forma fixa, por meio de torres de observação, ou de forma móvel, por patrulhamento terrestre e aéreo, contando também com o apoio do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), que identifica possíveis focos de incêndio por imagens de satélite e aciona imediatamente o Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro⁵.

Em contraste com essa metodologia, o monitoramento assistido por câmeras⁶, ganhou grande relevância na gestão ambiental em razão da evolução das técnicas e equipamentos de processamento digital de imagens. Esta nova abordagem⁷, permite fornecer dados suplementares sobre o incêndio, como suas proporções e localização por meio da visualização de imagens, além de possibilitar a integração de aplicações avançadas nessas câmeras, garantindo detecções ágeis, precisas e independentes de intervenção humana.

Os incêndios florestais geram impactos significativos em diferentes esferas do meio ambiente e da sociedade. No meio físico, ocorrem aquecimento do solo, erosão, redução de nutrientes e matéria orgânica, alterações no microclima local, liberação de carbono para a atmosfera e diminuição da qualidade da água. No meio biótico, destacam-se a mortandade de animais, danos à madeira, interferências na sucessão vegetal, redução da atividade de microrganismos e renovação da pastagem. Além disso, os incêndios acarretam prejuízos



socioeconômicos, como transtornos às populações próximas, destruição de áreas de lazer e turismo, além de impactos paisagísticos que afetam negativamente a beleza cênica e a funcionalidade dos ecossistemas⁸.

O monitoramento atual via satélite se mostra ineficiente em alguns aspectos devido a algumas condições que impedem ou prejudicam muito a detecção das queimadas⁹. São elas:

- Nuvens cobrindo a região (exceto nuvens de fumaça);
- Fogo apenas no chão de uma floresta densa, sem afetar a copa das árvores;
- Frentes de fogo com menos de 30 m;
- Queimada de pequena duração, ocorrendo entre as imagens disponíveis;
- Imprecisão na localização do foco de queima, que no melhor caso é de cerca de 1 km, mas podendo chegar a 6 km;
- Fogo em uma encosta de montanha, enquanto que o satélite só observou o outro lado.

A implementação desse modelo tecnológico baseado em IA pode contribuir de maneira substancial para o gerenciamento de incidentes de incêndio florestal, pois permite identificar com precisão a localização do foco, observar o ponto inicial do evento e conhecer a extensão do incêndio, facilitando a rápida determinação dos recursos a serem empregados¹⁰.

Experiências positivas foram encontradas em trabalhos relativos ao tema e em modelos semelhantes vigentes em outros países. No estado da Califórnia/EUA, por exemplo, um sistema denominado de ALERTCalifornia foi implementado pela Universidade de San Diego.

Neste caso, as câmeras do sistema conseguem realizar panorâmica, inclinação, zoom e varreduras de 360 graus aproximadamente a cada dois minutos com 12 quadros de alta definição (HD) por varredura. Elas também fornecem monitoramento 24 horas com recursos de visão noturna de infravermelho próximo. Cada câmera pode ver até 60 milhas em um dia claro, e 120 milhas em uma noite clara. Usando esse recurso e ferramentas associadas, os socorristas do Departamento de Florestas e Proteção contra Incêndios da Califórnia (CAL FIRE) podem confirmar rapidamente a ignição do fogo, dimensionar com agilidade os equipamentos de combate, apoiar evacuações por meio de uma consciência situacional aprimorada e monitorar os incêndios até a sua contenção¹¹.

Na busca por soluções eficazes para o monitoramento e combate a incêndios florestais, diversos estudos têm sido realizados em diferentes partes do mundo, com foco principalmente em biomas como florestas temperadas e boreal. O desenvolvimento de um sistema de Inteligência Artificial (IA) para monitoramento de incêndios em florestas temperadas da região oeste dos Estados Unidos. Eles utilizaram dados de satélite e técnicas avançadas de processamento de imagens para detectar incêndios em estágios iniciais e prever sua propagação com maior precisão¹².



O uso de algoritmos de IA para monitoramento de incêndios em florestas boreais do Canadá. Utilizando uma combinação de dados de sensoriamento remoto e modelos de aprendizado de máquina, os pesquisadores identificaram padrões de incêndios e previram áreas de alto risco com antecedência, possibilitando uma resposta mais eficiente das autoridades¹³.

Esses estudos destacam a eficácia potencial da IA no monitoramento e prevenção de incêndios florestais em diferentes contextos. No entanto, é importante ressaltar que as características únicas regionais representam desafios adicionais que requerem adaptações específicas nos modelos e algoritmos de IA. A densidade da vegetação, a diversidade de espécies e as condições climáticas variáveis são fatores que exigem uma abordagem personalizada para o desenvolvimento de sistemas de IA adequados às necessidades do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) e da região da Mata Atlântica, por exemplo.

Assim, a integração de conhecimentos e técnicas de diferentes áreas, como sensoriamento remoto, ciência de dados e engenharia florestal, será essencial para o desenvolvimento de soluções eficazes e sustentáveis para o monitoramento e combate a incêndios florestais nesta importante região brasileira.

A adaptação dos sistemas de IA às realidades operacionais implica na integração da infraestrutura tecnológica existente com os protocolos de operação dos bombeiros. A interface do sistema deve ser projetada para facilitar o uso em situações de emergência, levando em consideração a capacidade de treinamento e suporte técnico disponível.

Adicionalmente, a validação científica do sistema requer testes, considerando diferentes cenários e condições climáticas da Mata Atlântica, avaliando o impacto na redução do tempo de resposta, na área queimada e nos danos causados pelos incêndios. Uma análise de custo-benefício também é necessária para indicar a viabilidade econômica da implementação em larga escala.

Considerações éticas e sociais também são relevantes. A implementação de sistemas de IA no combate a incêndios florestais levanta importantes questões éticas, incluindo a privacidade de dados, a responsabilidade em caso de falhas e o impacto no trabalho dos bombeiros. A tecnologia avançada pode ser utilizada para prevenir e gerenciar incêndios florestais, mas também alertam para a necessidade de estabelecer diretrizes claras que garantam o uso responsável e ético dessas ferramentas, ressaltando que, apesar dos avanços tecnológicos, é fundamental assegurar a segurança dos dados e definir responsabilidades em caso de falhas¹⁴.

Sendo assim, um sistema de monitoramento de incêndios florestais com IA no Rio de Janeiro tem o potencial de aprimorar significativamente a resposta a incêndios, protegendo o meio ambiente e a população. No entanto, a lacuna científica identificada destaca a necessidade de pesquisas e adaptações específicas para o contexto da Mata Atlântica e do CBMERJ.



Desta forma, o presente estudo visa analisar a utilização de sistemas de monitoramento de incêndios florestais controlados por inteligência artificial em diversos biomas. Serão investigadas as características singulares de regiões com diferentes tipos de vegetação e condições climáticas, que influenciam o enfrentamento desses desastres naturais. Em seguida, serão analisados estudos anteriores sobre o uso de IA em biomas como florestas temperadas e boreais, com o intuito de identificar insights relevantes e adaptáveis a outras áreas geográficas. A pesquisa visa também observar e estudar modelos e algoritmos de IA específicos que se adequem a esses contextos, levando em conta a densidade vegetal, a diversidade de espécies, e outros fatores ambientais que impactam a eficácia desses sistemas.

2. MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos, foi realizada uma revisão sistemática com abordagem qualiquantitativa, seguindo os Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises: A Recomendação PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)¹⁵. Essa metodologia garantiu rigor metodológico e transparência na análise dos dados e na interpretação dos resultados.

A condução da revisão seguiu as recomendações do protocolo PRISMA, garantindo maior transparência e reprodutibilidade do processo. Inicialmente, foi definida a pergunta de pesquisa e delimitado o escopo temático, contemplando sistemas inteligentes baseados em inteligência artificial, visão computacional e sensoriamento remoto aplicados ao monitoramento de incêndios florestais. Em seguida, foram estabelecidos, de forma prévia, os critérios de inclusão e exclusão, a estratégia de busca, o método de extração das informações e o procedimento de avaliação da qualidade dos estudos. O fluxo de seleção contemplou as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos artigos, sendo todas as fases sistematicamente registradas em um diagrama de fluxo PRISMA, no qual constam os números de estudos inicialmente encontrados, os excluídos por duplicidade ou inadequação ao tema e aqueles efetivamente incluídos na síntese final.

A busca foi realizada, de forma estruturada, nas bases de dados Google Scholar e IEEE Xplore, selecionadas por sua abrangência em literatura científica e técnica nas áreas de engenharia, computação, visão computacional e sistemas inteligentes aplicados a incêndios florestais. Essas bases permitem acesso a artigos de periódicos, anais de congressos, relatórios técnicos e outros documentos relevantes para o tema. A estratégia de busca combinou descritores em português e em inglês relacionados a “incêndios florestais”, “detecção precoce”, “visão computacional”, “deep learning”, “redes neurais convolucionais”, “sensoriamento remoto”, “imagens de satélite”, “câmeras de vigilância” e “sistemas inteligentes de monitoramento”,



associados por meio de operadores booleanos (AND e OR). A partir dos resultados brutos, foram aplicados filtros por pertinência temática e disponibilidade de texto completo, sendo excluídos trabalhos que não tratavam diretamente de monitoramento ou detecção de incêndios florestais por meio de soluções baseadas em inteligência artificial ou que apresentavam foco predominantemente teórico, sem aplicação prática ou experimental.

Os descritores utilizados na pesquisa foram definidos com base em termos relacionados ao monitoramento e prevenção de incêndios florestais, combinados com tecnologias avançadas e inteligência artificial. A estratégia de busca incluiu os seguintes descritores: ('wildfire monitoring' OR 'forest fire monitoring' OR 'wildfire detection' OR 'forest fire detection' OR 'wildfire prevention' OR 'forest fire prevention') AND ('advanced technologies' OR 'cutting-edge technologies' OR 'remote sensing' OR 'satellite imagery' OR 'drones' OR 'UAVs' OR 'sensor networks') AND ('artificial intelligence' OR 'AI' OR 'machine learning' OR 'ML' OR 'deep learning'). Os critérios de inclusão englobam estudos que abordaram a aplicação de inteligência artificial no monitoramento de incêndios florestais, avaliando sua eficácia, precisão e confiabilidade, além de analisar os custos de implementação e manutenção desses sistemas.

Por outro lado, foram excluídos estudos de revisão sistemática, de literatura e estudos de caso, assim como aqueles que não apresentavam metodologia detalhada ou resultados completos. Também não foram considerados os estudos que: não mencionaram o uso de IA ou que se concentram em outras tecnologias de monitoramento; não forneceram dados sobre a capacidade das IA em auxiliar na detecção de incêndios; não abordaram questões relacionadas à precisão dos dados ou questionam a confiabilidade das informações obtidas; não discutiram a aplicação prática desses dispositivos em sistemas de prevenção e combate a incêndios; não consideraram aspectos econômicos ou não avaliaram a viabilidade financeira da utilização de câmeras para este fim; e não consideraram as possíveis consequências ambientais ou sociais da implementação de sistemas de câmeras.

Ao todo, 22 estudos foram selecionados para análise. Esses estudos foram comparados quanto à eficácia e precisão dos sistemas de monitoramento suportados por IA em diferentes tipos de vegetação e contextos ambientais. Para tanto, foram extraídas as seguintes variáveis independentes: autor, tipo de tecnologia de IA, características técnicas, área geográfica de estudo, configuração dos algoritmos, ambiente de implementação; E as seguintes variáveis dependentes foram consideradas: ano da publicação, precisão na detecção de incêndios, tempo de resposta, e custo-efetividade. Essas variáveis possibilitam avaliar o desempenho e a viabilidade dos sistemas de IA para monitoramento de incêndios florestais em diferentes cenários.

Os dados obtidos foram analisados de forma qualitativa e quantitativa. A abordagem qualitativa incluiu a análise temática e de conteúdo, permitindo a identificação de padrões e



tendências nos estudos revisados, enquanto a abordagem quantitativa se focou na interpretação dos dados numéricos e estatísticos apresentados pelos estudos. A análise procurou não apenas identificar resultados isolados, mas também compreender as implicações práticas e os desafios das soluções de monitoramento por IA.

Quanto ao risco de viés, foi utilizada a ferramenta Cochrane Risk of Bias Tool (RoB), amplamente reconhecida por sua aplicação na avaliação sistemática de viés em estudos clínicos e de intervenção, adaptada para o contexto de monitoramento de incêndios florestais. A ferramenta foi utilizada, por exemplo, que aplicou a versão revisada da ferramenta, RoB 2, para examinar viés de seleção, desempenho e relato, fornecendo uma estrutura detalhada para avaliar o risco em ensaios controlados randomizados¹⁶. Foram examinados cinco tipos de viés: viés de seleção, relacionado à possível tendência de favorecer certos sistemas de detecção; viés de desempenho, que avalia as diferenças na implementação dos sistemas entre os estudos; viés de detecção, verificando potenciais vieses devido a métodos inconsistentes de medição dos resultados; viés de desistência, relacionado à perda significativa de dados ao longo dos estudos; e viés de relato, considerando a possibilidade de os resultados serem selecionados com base em sua relevância para a pesquisa.

As classificações de risco de viés foram atribuídas como Incerto (I), Baixo (B) ou Alto (A) e os resultados foram apresentados em forma de tabela, permitindo uma análise clara da qualidade metodológica de cada estudo.

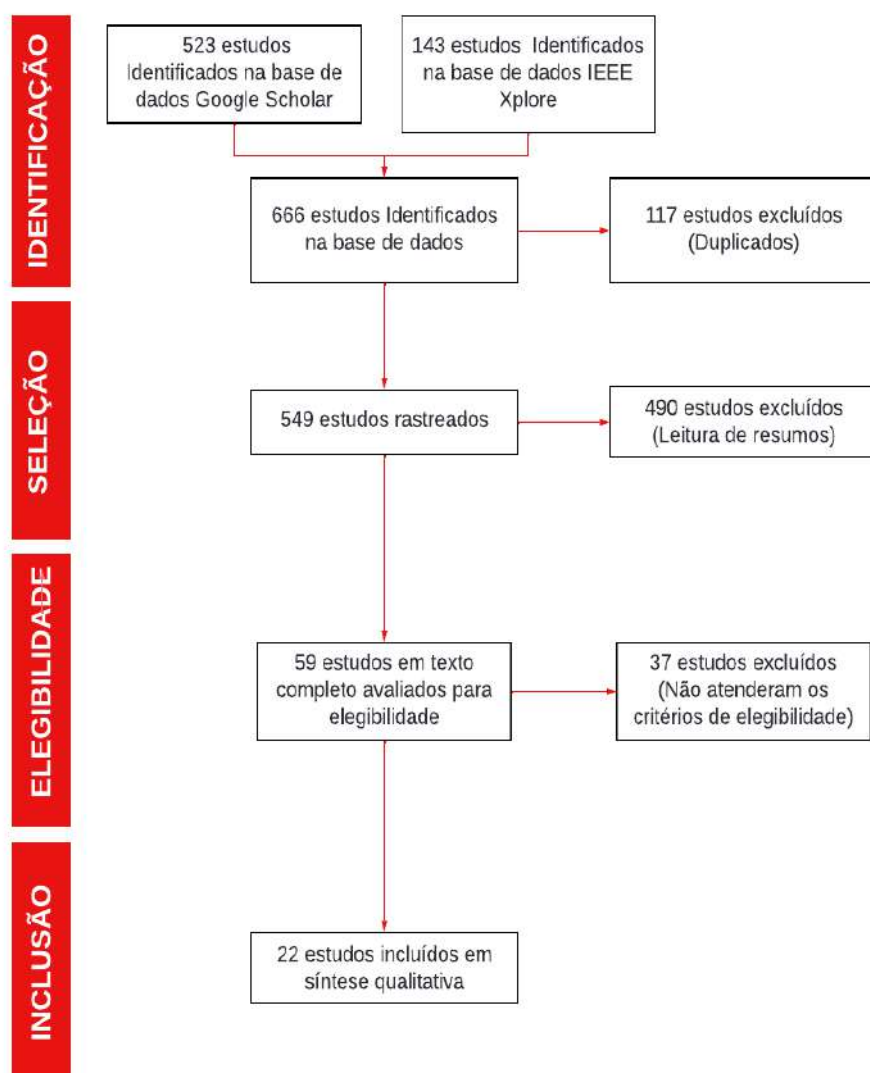
A avaliação dos estudos foi realizada de forma independente por dois pesquisadores, que analisaram os dados de maneira cega, sem conhecimento das decisões do outro, para evitar influências. Como houve concordância significativa entre os avaliadores, não foi necessária a intervenção de um terceiro revisor.

Por fim, todos os procedimentos seguiram os princípios éticos da pesquisa científica, assegurando a transparência e integridade em todas as etapas da revisão.

3. RESULTADOS

Um total de 666 estudos foram identificados na primeira busca, sendo que, após a remoção de duplicatas e a aplicação dos critérios de elegibilidade, restaram 22 pesquisas para a síntese qualitativa. O processo de seleção seguiu o fluxograma recomendado pela metodologia de Principais Itens de Relatório Preferenciais para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA), conforme ilustrado na Figura 1, detalhando as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos na revisão sistemática.

Figura 1 – Diagrama de fluxo PRISMA dos estudos levantados na revisão sistemática



Fonte: Desenvolvida pelos autores.

Em linhas gerais, houve predominância de classificações de baixo risco nos diversos domínios avaliados quanto ao viés. Dos 22 estudos analisados, 41% (9 estudos) foram classificados como baixo risco para o viés de seleção, enquanto 59% (13 estudos) foram considerados de baixo risco para o viés de desempenho. No entanto, quanto ao viés de detecção, 63% (14 estudos) dos estudos apresentaram um grau de incerteza elevado. Quanto ao viés de desistência, a maioria esmagadora (86%, correspondendo a 19 estudos) foi avaliada como apresentando baixo risco. Por fim, para o viés de relato, 95% (21 estudos) dos estudos foram classificados como baixo risco. Esses resultados destacam uma tendência positiva em relação à robustez metodológica da maioria dos estudos analisados, embora a incerteza no viés de detecção seja observada em uma parcela significativa. Os resultados estão descritos na Tabela 1.



Tabela 1 – Avaliação do risco de viés

Nr	Autor	Riscos de viés avaliados				
		VS	VDs	VDt	VDss	VR
1	Saponara S. et al. (2021)	I	I	I	I	B
2	Xu Y. et al. (2024)	I	A	B	I	B
3	Govil K. et al. (2020)	I	A	I	B	I
4	Shamta I, Demir BE. (2024)	I	A	I	B	B
5	Kanwal R. et al. (2023)	B	B	I	B	B
6	Rad R. (2023)	I	B	B	B	B
7	Mohammed RK. (2022)	A	I	I	B	B
8	Sathishkumar V.E. et al. (2023)	A	B	I	B	B
9	Wang L. et al. (2023)	I	B	B	B	B
10	Young-Im C. et al.(2022)	I	B	B	B	B
11	Davis M, Shekaramiz M. (2023)	I	B	B	B	B
12	Duangsuwan S, Klubsuwan K. (2023)	A	B	I	B	B
13	Wei C. et al. (2023)	A	B	I	B	B
14	Oh SH. et al. (2020)	B	B	I	B	B
15	Cong PT, Tam NT. (2018)	I	I	I	B	B
16	George L. et al. (2023)	I	B	I	B	B
17	Rubab SF. et al (2023)	B	B	B	B	B
18	Shroff P. (2023)	I	B	I	B	B
19	Bushnaq OM. (2020)	I	A	I	B	B
20	Ghali R, Akhloufi MA. (2022)	B	B	B	B	B
21	Rommelzwaal L. (2023)	B	B	B	B	B
22	Pietro B. et al. (2023)	I	I	I	B	B

Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Legenda: VS — Viés de Seleção; VDs — Viés de Desempenho; VDt — Viés de Detecção; VDss — Viés de Desistência; VR — Viés de Relato; B — baixo risco; A — alto risco; I — incerto.



Tabela 2 – Tecnologias de IA utilizadas nos estudos

Categoria de tecnologia de IA	Descrição resumida	Número de estudos	% sobre o total*
Deep Learning (CNN e arquiteturas afins)	Algoritmos de <i>deep learning</i> com ênfase em redes neurais convolucionais (CNNs)	20	0,91
Modelos específicos de DL (Xception, MobileNetV2, EfficientNet)	Subconjunto dos estudos com arquiteturas específicas para melhorar a precisão em imagens de satélite/câmeras	5	0,23
Machine Learning (Vision Transformer)	Estudo que utiliza técnicas de <i>machine learning</i> baseadas em Vision Transformers	1	0,05
Outras abordagens / não claramente especificadas	Abordagens que não ficam claramente classificadas apenas como DL ou ML no texto	1	0,05

Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Legenda: Deep Learning = subárea do aprendizado de máquina que utiliza redes neurais profundas, com múltiplas camadas, capaz de extrair automaticamente padrões complexos dos dados; CNN (Convolutional Neural Network) = tipo de rede neural profunda especialmente projetada para processamento de imagens, muito usada para detecção e classificação de padrões visuais; Xception = arquitetura de rede neural convolucional que utiliza convoluções separáveis em profundidade, aumentando eficiência e desempenho em tarefas de visão computacional; MobileNetV2 = arquitetura de rede neural leve, otimizada para dispositivos com recursos computacionais limitados, como celulares e sistemas embarcados, mantendo boa performance em visão computacional; EfficientNet = família de redes neurais convolucionais que equilibra profundidade, largura e resolução de forma sistemática, alcançando alta acurácia com menor custo computacional; Machine Learning (ML) = área da inteligência artificial que desenvolve algoritmos capazes de “aprender” padrões a partir de dados, sem serem explicitamente programados para cada tarefa; Vision Transformer (ViT) = arquitetura de aprendizado de máquina que adapta o modelo Transformer, originalmente desenvolvido para processamento de linguagem, para tarefas de visão computacional, dividindo imagens em “patches” e tratando-os como sequências; DL = sigla para Deep Learning; ML = sigla para Machine Learning.

Os 22 estudos revisados nesta análise sistemática cobrem uma diversidade de abordagens para a detecção de incêndios florestais, utilizando tecnologias avançadas de Inteligência Artificial. A maioria das pesquisas avaliadas apresenta uma natureza experimental, com foco na aplicação prática de algoritmos de IA em sistemas de detecção, tanto em ambientes controlados quanto em cenários reais. Essas abordagens destacam o uso de redes neurais convolucionais, aprendizado profundo e sistemas baseados em sensores para aumentar a precisão e velocidade na identificação de focos de incêndio.

Por exemplo, o estudo de Mohammed¹⁷ demonstrou a eficácia de um sistema de detecção em tempo real utilizando redes neurais convolucionais e Transfer Learning. Outros estudos são observacionais, investigando a eficácia das tecnologias de detecção em cenários específicos, como o trabalho de Gagliardi et al.¹⁸, que analisou a aplicação de redes neurais convolucionais, You Only Look Once version 2 (YOLOv2), em ambientes diversos para a detecção de fumaça e fogo em tempo real. Além disso, há estudos que apresentam uma abordagem mais teórica, analisando a literatura existente ou propondo novas metodologias para a detecção de incêndios, como o estudo de Govil et al.⁷, que explora o uso de Aprendizado Profundo (Deep Learning) em câmeras terrestres para a detecção precoce de incêndios florestais.



As tecnologias de IA predominantes apresentadas em 20 estudos, incluem algoritmos de deep learning, com ênfase significativa em CNNs. O estudo de Davis e Shekaramiz¹⁹ ilustra o uso de técnicas de aprendizado profundo para detectar incêndios em desertos e florestas, atingindo uma precisão elevada. Além disso, cinco pesquisas exploraram modelos específicos, como Extreme Inception (Xception), MobileNetV2 e EfficientNet-B0, para aprimorar a precisão na detecção de incêndios a partir de imagens de satélite ou câmeras, como relatam Rubab et al.²⁰. Por exemplo, Sathishkumar et al.¹² empregaram a arquitetura Xception em um sistema de detecção de incêndios e fumaça, atingindo 98.72% de precisão. Além disso, uma investigação utilizou técnicas de machine learning, como Vision Transformers, conforme explorado no estudo de Rad²¹, para melhorar a eficiência e a precisão dos sistemas de detecção em ambientes complexos.

Os sistemas de detecção analisados possuem características técnicas variadas que dependem da tecnologia utilizada. Wei et al.²² empregaram métodos de processamento de imagem para detecção em tempo real de incêndios florestais utilizando câmeras e aprendizado profundo. Bushnaq et al.²³ utilizaram sensores específicos, como câmaras multiespectrais e drones equipados com câmeras de alta resolução, para capturar dados relevantes e alimentar os algoritmos de IA. O estudo de Duangtawan e Klub Swan²⁴ destacou a utilização de drones com câmeras para monitorar queimadas em tempo real, empregando o modelo YOLOv5 combinado com LSTM. Além disso, sensores de baixo custo e sistemas embarcados foram implementados para monitoramento contínuo e em tempo real, como demonstrado no estudo de James et al.²⁵, que propôs um sistema de detecção leve e rápido, adequado para aplicações embarcadas.

Geograficamente, os estudos foram conduzidos em uma variedade de regiões, refletindo a diversidade dos biomas e das condições climáticas associadas aos incêndios florestais. James et al.²⁵ incluíram locais específicos como parques nacionais nos Estados Unidos, Oh et al.²⁶ florestas na Coreia do Sul e China, Davis e Shekaramiz¹⁹ regiões desérticas nos Estados Unidos, e por fim Ghali e Akhloufi¹⁴ áreas afetadas por incêndios na Austrália e Brasil. Essa distribuição geográfica amplia a relevância dos resultados, permitindo uma compreensão mais abrangente da eficácia dos sistemas de detecção em diferentes contextos ambientais.

As variáveis de avaliação mais comuns nos estudos incluíram a taxa de detecção de incêndios, a precisão dos modelos de IA, o tempo de resposta do sistema e a eficácia em diferentes condições climáticas e de iluminação. A precisão de detecção variou significativamente, onze trabalhos apresentaram acurácia de 95% ou superiores, como o de Tam e Cong²⁷, enquanto outros cinco estudos apresentaram métricas de desempenho ligeiramente inferiores, mas ainda robustas, entre 80 e 95%, como no estudo de Davis e Shekaramiz¹⁹. O tempo de detecção foi outro parâmetro crítico, com 5 sistemas operando em tempo real, como



demonstrado por Mohammed¹⁸, detectando incêndios em frações de segundo, enquanto outros, como o estudo de Rad²¹, apresentaram tempos de resposta mais lentos, refletindo a complexidade do cenário ou as limitações tecnológicas.

A metodologia de avaliação utilizada nesses estudos geralmente envolveu validação cruzada para testar a robustez dos modelos e análise estatística para quantificar a eficácia dos sistemas de detecção. O estudo de Sathishkumar et al.¹² utilizou validação cruzada para garantir a precisão de seu modelo de CNN, enquanto outros, como o estudo de Wei et al.²², aplicaram testes de campo em ambientes naturais com câmeras baseadas em deep learning para validar os resultados obtidos em condições controladas. A combinação dessas abordagens metodológicas contribuiu para a obtenção de resultados confiáveis, garantindo que as tecnologias propostas possam ser aplicadas efetivamente em cenários reais de monitoramento de incêndios florestais. Os resultados das variáveis independentes e dependentes podem ser observados nas Tabelas 3 e 4.



Tabela 3 – Resultados das variáveis independentes

Nr	Autor	Tipo de Tecnologia de IA	Características Técnicas	Área Geográfica	Configuração dos Algoritmos	Ambiente de Implementação
1	Saponara S. et al.(2021)	YOLOv2 Convolutional Neural Network (CNN)	Arquitetura de rede neural leve, detecção em tempo real, processamento em plataforma embarcada	Não especificada	Treinamento offline, teste em vídeos de incêndio/fumaça em diferentes ambientes	MATLAB, NVIDIA Jetson Nano
2	Xu Y. et al.(2024)	Deep Learning (U-Net)	- Utilização de dados multiespectrais do Sentinel-2 (12 bandas) - Utilização de dados de aerossol do Sentinel-5P - Cálculo de índices espectrais (NBR e NDVI)	Novas Gales do Sul, Austrália	- Otimizador Adam - Taxa de aprendizado de $1e-4$ - Tamanho do lote de 8 - 5000 iterações	Cluster com uma GPU NVIDIA A100
3	Govil K. et al.(2020)	Deep Learning (Inception V3)	- Detecção de fumaça em tempo real - Redução de falsos positivos com ajuste dinâmico de limiar	Califórnia, EUA	- Treinamento de modelo Inception V3 com dataset de imagens de fumaça - Segmentação de imagens em blocos de 299×299 pixels	Implementado em nuvem, integrando câmeras terrestres e dados de satélites
4	Shamta I, Demir BE.(2024)	Redes Neurais Convolucionais (CNN), Redes Neurais Recorrentes (RNN)	Utiliza UAV com câmera e Jetson Nano para processamento em tempo real. YOLOv8 e YOLOv5 para detecção de objetos e CNN-RCNN para classificação de imagens.	Florestas da Turquia	YOLOv8 e YOLOv5 para detecção rápida; CNN-RCNN combina CNN para extração de características e RNN para análise temporal.	UAV com NVIDIA Jetson Nano, interface de estação terrestre para visualização e gerenciamento de dados de detecção de incêndios.
5	Kanwal R. et al.(2023)	Convolutional Neural Network (CNN), Random Forest (RF), K-Nearest Neighbors (KNN), Support Vector Machine (SVM)	Uso de CNN 1D e 2D para extração de características, e diferentes técnicas de ML para predição de incêndios florestais	Paquistão	Modelos treinados usando CNN para melhorar a precisão; 512 variáveis foram usadas para melhorar a performance do RF	Implementado usando dados de satélite de sensoriamento remoto e sistemas de monitoramento de clima





6	Rad R.(2023)	Vision Transformer e CNN	U-shape Vision Transformer, Compact-Contextualize-Calibrate (C^3) block, Cascaded Atrous Pyramid Pooling (CAPP)	América do Norte	U-Shape Vision Transformer com blocos SP-Swin, uso de bandas SWIR1, SWIR2, HCHO, mapas de cobertura do solo e EI	Implementado em PyTorch, treinado com NVIDIA T4
7	Mohammed RK.(2020)	Deep Learning (Transfer Learning)	Utiliza a rede Inception-ResNet-v2 pré-treinada para extração de características; Avaliação da performance com ROC e AUC	Não especificada	Transfer learning com Inception-ResNet-v2, ajuste de hiperparâmetros, utilização de Adam optimizer e Softmax para classificação	Implementado em dispositivos Raspberry Pi com câmera e biblioteca OpenCV para detecção em tempo real
8	Sathishkumar VE. et al(2023)	Deep Learning	Utilização de redes neurais convolucionais pré-treinadas com Transfer Learning; Otimização de hiperparâmetros com Bayesian Optimization; LwF para evitar esquecimento catastrófico	Não especificada	Otimização de hiperparâmetros usando Bayesian Optimization; Ajuste fino de camadas superiores; Aplicação de LwF para preservar capacidades anteriores ao treinar novas tarefas	Laboratórios e testes com datasets de imagens
9	Wang L. et al(2023)	Deep Learning (CNN, SVM)	- Redução de parâmetros de VGGNet para classificação de imagens de incêndio florestal. - Extração de características espaciais e temporais com CNN otimizada. - Algoritmo Vibe para detecção de objetos em movimento.	Hangzhou, China	Não especificada	Dataset de incêndios florestais (FLAME) testado em laboratório universitário



10	Young IC. et al.(2023)	YOLOv8	sistema de detecção com o uso de UAVs para captura de imagens aéreas e o processamento dessas imagens utilizando o modelo YOLOv8.	Não especificada	Não especificada	Não especificada
11	Davis M, ShekaramizM.(2023)	Deep Learning	ResNet-50, Xception modificados, SVM, MobileNet	Utah, EUA	afinação de hiperparâmetros, busca aleatória de algoritmos de otimização, aumento de dados	Ambiente Python com TensorFlow e Keras
12	Klubsuwan K, Duangsuwan S.(2023)	Deep Learning	O estudo propõe um modelo que combina o detector YOLOv5 com um classificador LSTM leve para detecção de queimadas em tempo real a partir de imagens de drones.	Não Especificado	O framework Dr-TOBID foi desenvolvido usando OpenCV, YOLOv5, TensorFlow, LabelImg, Pycharm e OBS. Os dados foram divididos em 80% para treinamento e 20% para teste, com 200 épocas de treinamento.	O modelo de deep learning foi implementado em Python 3.7 na plataforma Anaconda. A estação de controle em solo utilizou um notbook para rodar o sistema
13	Wei C. et al(2022)	Deep Learning (aprendizado profundo)	YOLOv5S com MobilenetV3, Rede de Extração de Características em Múltiplas Escalas, Fusão Bidirecional de Características, 4 Detectores em Diferentes Escalas, Mecanismo de Atenção Coordenada	Não especificado	900 épocas, Otimizador SGD, Aumento de Dados	PyTorch 1.10, GPU Tesla V100-SXM2



14	Oh SH.(2020)	Deep Learning (aprendizado profundo)	CNNs para inferência em tempo real em dispositivos de baixo consumo.	Não especificada	Utiliza a função de perda Focal Loss para lidar com o desequilíbrio entre as classes (fogo e não fogo) e otimizador Adam com decaimento da taxa de aprendizado.	PyTorch. O treinamento e a avaliação foram realizados em uma estação de trabalho
15	Cong PT, Tam NT.(2019)	Deep Learning	Integra informações espectrais e espaciais com CNNs 3D; classificação pixel a pixel de incêndios.	América do Norte (EUA)	Otimização com Adam; treinamento com aumento de dados, normalização em lote, imagens em diferentes tempos.	Python com Keras, executado em GPU, CPU AMD Ryzen, 62 GB RAM; processamento em tempo real em nuvem.
16	James GL. et al.(2023)	CNN	Utiliza MobileNetV2 otimizada para dispositivos com recursos limitados. Treinado com dados aumentados para lidar com variações sazonais e de iluminação.	San Isabel National Park, Colorado, EUA	Otimização com ajuste de hiperparâmetros como taxa de dropout, número de neurônios na camada densa, profundidade da rede; aprendizado por transferência para acelerar a convergência.	Dispositivos com recursos limitados; suporte de plataforma em nuvem da Edge Impulse Inc.
17	Rubab SF. et al.(2024)	Deep Learning com XAI (MobileNetV3)	Combina Transfer Learning com LwF; utiliza MobileNetV3 adaptada e integra ferramentas XAI.	Não especificada	Otimizações nos hiperparâmetros, Transfer Learning, LwF para manter aprendizado sem esquecer conhecimento prévio.	Desenvolvido em TensorFlow e Keras; treinamento em GPUs do Google Colab, focado em eficiência computacional.
18	Shroff P.(2023)	Random Forest(Classificador de Floresta Aleatória)	O sistema WPDSS utiliza dados em tempo real da NASA e NOAA para prever e detectar incêndios.	Global	utiliza um classificador de floresta aleatória, ajustado com 7 "n-estimators" e "max-depth" de 5.	Drones são implantados para suprimir incêndios florestais em hotspots identificados.



19	Bushnaq OM. et al.(2023)	Redes UAV-IoT auxiliadas por Processos de Markov	Uso de UAVs e dispositivos IoT para detectar incêndios florestais com comunicação por redes de sensores e verificação de detecção por UAVs.	Canadá	Os sensores IoT detectam o incêndio com base em mudanças ambientais e comunicam-se com UAVs próximos.	Implementado em uma rede de UAVs e dispositivos IoT em florestas.
20	Ghali R, Akhloufi MA. (2022)	Deep Learning e Transformers.	Classificação de incêndios florestais usando um método de aprendizado profundo que combina os modelos EfficientNet-B5 e DenseNet-201. dois transformadores de visão e um modelo convolucional profundo.	Não especificada	Classificação: Modelos EfficientNet-B5 e DenseNet-201 combinados, perda de entropia cruzada categórica, otimizador Adam, aumento de dados com rotação, cisalhamento, zoom e deslocamento.	Máquina com TensorFlow, GPU NVIDIA Geforce RTX 2080Ti.
21	Rommelzwaal L.(2023)	Deteção de objetos usando YOLOv5	Sistema de detecção de incêndios usando câmeras HD panorâmicas, energia solar e um modelo de detecção de objetos baseado em YOLOv5,	Estados Unidos e Austrália	O modelo YOLOv5 analisa imagens em alta resolução para detectar padrões de fumaça e fogo. Foi treinado com 20.000 imagens	Implementado com câmeras panorâmicas HD e comunicação 4G para monitoramento em tempo real, alimentado por sistema de energia solar.
22	Pietro B. et al.(2023)	sensores IoT e algoritmos de visão computacional (YOLOv4 e YOLOv5)	sensores IoT de baixa potência, câmeras de infravermelho, sensores de CO2, e um sistema baseado em ROS para coordenação dos UAVs e UGVs.	Não especificada	O YOLOv4 f utilizado no UGV com uma configuração otimizada para dispositivos com CPU, YOLOv5 utilizado no UAV, configurado para detecção em tempo real.	UAVs e UGVs, com comunicação via Wi-Fi e MQTT

Fonte: Desenvolvida pelos autores.

Legenda: YOLOv2 = You Only Look Once version 2; CNN = Convolutional Neural Network; GPU = Graphics Processing Unit; UAV = Unmanned Aerial Vehicle; K-NN = K-Nearest Neighbors; SVM = Support Vector Machine; SWIR1 = Short-Wave Infrared 1; SGD = Stochastic Gradient Descent; WPDSS= Wildfire Prediction and Decision Support System; IoT= Internet of Things; UGVs= Unmanned Ground Vehicles.





Tabela 4 – Resultado das variáveis dependentes

Nr	Autor	Ano	Precisão na Detecção de Incêndios	Tempo de Resposta	Custo-Efetividade
1	Saponara S. et al.	2020	0,9658	1-2 segundos	Solução de baixo custo
2	Xu Y. et al.	2024	F1 score de 27,9%	Não especificado	Não avaliado
3	Govil K. et al.	2020	,67% (validação), 91% (teste), F-1 score de 0,89	Detecta antes de chamadas de emergência	Mais eficaz e menos custoso que métodos tradicionais
4	Shamta I, Demir BE.	2024	96% (YOLOv8), 89% (YOLOv8n)	Não especificado	Uso de UAVs destaca vantagem em termos de custo
5	Kanwal R. et al.	2023	0,9691	Não especificado	Uso de dados abertos e disponíveis globalmente
6	Rad R.	2023	Dice Score de 90,05%, Recall de 89,61%	Não especificado	Importância da transparência no impacto ambiental
7	Mohammed RK.	2022	0,9909	Tempo real	Software gratuito e de código aberto
8	Sathishkumar VE. et al	2023	98,72% (Xception)	Não especificado	Implementação de baixo custo mencionada
9	Wang L. et al	2023	0% (Reduce-VGGNet), 97,35% (CNN otimizado)	Não especificado	Não especificado
10	Young IC. et al.	2023	0,926	Tempo real	Não especificado
11	Davis M, Shekaramiz M.	2023	100% (ResNet-50), 99,221% (Xception)	Não especificado	Não especificado
12	Klubsuwan K, Duangsuwa S.	2023	F1-score: 80,6% (dia, fumaça), 82,5% (dia, neblina), 77,9% (noite, fumaça), 81,9% (noite, neblina)	Não especificado	Não especificado
13	Wei C. et al	2022	93,50%	Tempo real	Não especificado
14	Oh SH.	2020	99,46% (validação), 98,58% (teste)	Tempo real	Não mencionado
15	Cong PT, Tam NT.	2018	Não especificado	2,6 horas	Detecção precoce pode evitar perdas significativas



16	James GL. et al.	2023	Taxa de erro de 2%	Não especificado	Modelo leve e rápido, adequado para dispositivos móveis
17	Rubab SF. et al.	2024	99,91%	Não especificado	Não especificado
18	Shroff P.	2023	98,6% (hotspots), 98,7% (incêndios)	Não especificado	Drones são mais custo-efetivos
19	Bushnaq OM. et al.	2020	Não especificado	30 minutos	UAV-IoT mais rápido e confiável
20	Ghali R, Akhloufi MA	2022	Não especificado	Não especificado	UAVs de baixo custo
21	Rommelzwaal L.	2023	Não especificado	60 segundos	Redução de custos anuais significativos
22	Pietro B. et al.	2023	Não especificado	Tempo real	Não especificado

Fonte: Desenvolvida pelos autores.

Legenda: YOLOv8n= You Only Look Once version 8 nano; CNN = Convolutional Neural Network; UAV = Unmanned Aerial Vehicle; IoT= Internet of Things.





4. DISCUSSÃO

A revisão da literatura teve como objetivo explorar as diversas abordagens e tecnologias empregadas na detecção e monitoramento de incêndios florestais, com ênfase no tempo de detecção, tempo de resposta, precisão dos sistemas e o impacto desses fatores na eficácia do combate aos incêndios. A análise dos 22 estudos revelou um panorama abrangente das metodologias atuais, incluindo o uso de redes neurais convolucionais (CNNs), dados de satélite, veículos aéreos não tripulados (UAVs) e sistemas de sensoriamento remoto, evidenciando avanços notáveis e desafios persistentes nesse campo de pesquisa.

As redes neurais convolucionais (CNNs) mostraram grande potencial na detecção rápida e precisa de incêndios a partir de dados de vídeo. O estudo de Gagliardi et al.¹⁸ demonstrou que o modelo YOLOv2, implementado em sistemas de monitoramento com câmeras estáticas, alcançou uma precisão de 96,82% e um tempo de detecção de 1 a 2 segundos após o início do incêndio, permitindo alertas quase instantâneos. De forma semelhante, o sistema Fuego, descrito por Govil et al.⁷, detectou o incêndio Holy Fire de 2018 com 8 minutos de antecedência em relação à primeira ligação para o 9-1-1, mostrando a eficácia dos modelos CNNs para a detecção precoce de incêndios. No entanto, uma das limitações observadas foi a taxa de falsos negativos, que pode impactar a confiança nas detecções realizadas.

As abordagens baseadas em dados de satélite, como as discutidas por Xu et al.²⁸, enfrentam desafios em termos de tempo de detecção e precisão. O estudo que utilizou imagens do satélite Sentinel-2 e a arquitetura U-Net obteve um F1-score de 28,1% na detecção de incêndios florestais, indicando limitações na acurácia desses sistemas em comparação com outras metodologias. Por outro lado, abordagens como a de Kanwal et al.²⁹, que utilizam dados de satélite MODIS combinados com modelos de aprendizado de máquina, como Random Forest, conseguiram uma acurácia de 96,91% na previsão de áreas propensas a incêndios, mostrando que a combinação de técnicas de aprendizado de máquina com dados de satélite pode melhorar a previsão e monitoramento de incêndios.

O uso de UAVs equipados com sensores avançados mostrou-se promissor na detecção de incêndios. Shamta e Demir³⁰ desenvolveram um sistema de detecção utilizando drones com câmeras e o computador embarcado NVIDIA Jetson Nano, processando as imagens em tempo real com modelos como YOLOv5, YOLOv8, e CNN-RCNN. O modelo YOLOv8 classification obteve a maior acurácia, com 96%. Outro estudo de Duangsuwan e Klubsuwan³¹ avaliou a precisão de um sistema de detecção em tempo real utilizando drones, chamado Dr-TOBID, que combina o detector YOLOv5 com um classificador de Memória de Longo e Curto Prazo (LSTM), alcançando F1-Scores de até 82,5% na detecção de fogo durante o dia. No entanto, a



implementação em larga escala ainda enfrenta desafios relacionados a custos e à complexidade operacional.

A taxa de falsos positivos e negativos é um fator crítico para a eficácia dos sistemas de detecção de incêndios. Por exemplo, o modelo Piramidal Espacial - Swin Transformer - UNet. (SP-Swin UNet), proposto por Rad²¹, obteve um Dice Score de 90,05% e um Recall de 89,61% na detecção de incêndios florestais, indicando uma baixa taxa de falsos negativos. Esse desempenho é essencial para garantir que os alertas emitidos sejam confiáveis e que poucos incêndios reais deixem de ser detectados.

A revisão também abordou considerações sobre custo-efetividade e escalabilidade dos sistemas de detecção de incêndios. Gagliardi et al.¹⁸ propuseram um sistema de baixo custo utilizando o dispositivo embarcado Jetson Nano e câmeras de vigilância existentes, o que destaca a viabilidade de soluções econômicas. Mohammed¹⁷ também enfatizou a acessibilidade do seu sistema, que pode ser implementado em um dispositivo Raspberry Pi com uma câmera. Esses aspectos são essenciais para a adoção em larga escala de tecnologias de monitoramento de incêndios em regiões com recursos limitados.

A escolha da abordagem mais adequada para a detecção de incêndios florestais depende de uma série de fatores inter-relacionados. Enquanto os sistemas baseados em CNNs e dados de vídeo oferecem alta precisão e tempos de detecção rápidos, as abordagens baseadas em dados de satélite proporcionam uma cobertura ampla, porém com maior latência. O uso de UAVs combina mobilidade e precisão, mas enfrenta desafios de custo e operacionalidade. A integração de múltiplos sensores e fontes de dados surge como uma tendência promissora.

Considerações sobre custo, infraestrutura, condições ambientais e necessidades específicas das regiões afetadas são importantes para orientar a implementação e o desenvolvimento futuro dessas tecnologias. A colaboração interdisciplinar e os investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento são considerados fundamentais para o aprimoramento das capacidades de detecção e, por conseguinte, para o fortalecimento das estratégias de combate e prevenção de incêndios florestais em escala global, como enfatizam Okoro e Lopez¹⁴.

Apesar da quantidade de estudos encontrados para a presente análise, não foi possível encontrar nenhum estudo que fizesse uma análise simultânea de todas as variáveis dependentes elencadas. Cada estudo focou em aspectos específicos, como precisão, tempo de detecção, tempo de resposta, taxa de falsos positivos e negativos, ou a viabilidade econômica, mas nenhum deles integrou todos esses fatores em uma abordagem única e abrangente. Essa lacuna sugere a necessidade de pesquisas futuras que adotem uma perspectiva mais holística, considerando a interação complexa entre as diferentes variáveis envolvidas na detecção de incêndios florestais. Uma análise integrada poderia fornecer uma visão mais completa e precisa das capacidades e



limitações dos sistemas de detecção, ajudando a desenvolver soluções mais robustas e eficientes que possam ser aplicadas em uma variedade de cenários ambientais e operacionais.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho investigou características relevantes à implementação de sistemas de monitoramento controlados por inteligência artificial para a detecção de incêndios florestais. Foram identificadas diversas abordagens e tecnologias consideradas eficazes e que podem contribuir significativamente para aprimorar a capacidade de resposta a incêndios florestais, reduzindo tanto o tempo de detecção e, em consequência, os impactos ambientais e sociais associados.

Os estudos analisados demonstraram que o uso de sistemas baseados em inteligência artificial, como redes neurais convolucionais (CNNs), combinados com dados de sensores remotos e UAVs, pode fornecer uma detecção mais rápida e precisa dos focos de incêndio. Essas tecnologias têm potencial para superar as limitações dos métodos tradicionais, como o monitoramento via satélite, que muitas vezes enfrenta desafios relacionados à precisão e ao tempo de resposta.

Contudo, uma limitação identificada nesta pesquisa foi a falta de integração completa entre variáveis-chave, como precisão, tempo de resposta, viabilidade econômica e taxa de falsos positivos, em um modelo abrangente. Futuras pesquisas devem priorizar essa abordagem holística para garantir a eficácia plena das tecnologias em contextos específicos, como o da Mata Atlântica. A continuidade dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento é essencial para que essas tecnologias possam ser plenamente aplicadas, contribuindo para a preservação dos ecossistemas e a segurança das populações.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Todos são militares do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

1. Rodrigues ANC. Considerações sobre prevenção e combate aos incêndios florestais no Estado do Rio de Janeiro. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.
2. Câmara Metropolitana do Rio de Janeiro. Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDUI-RMRJ) – Relatório técnico – Produto 2C – Parte 3 – Cenários de expansão urbana [Internet]. 2018 [citado 2024 mar 14]. Disponível em: http://www.rj.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=3b534f44-6d02-4c8d-9c6a-8d9f54c0061/





3 Cenários Expansão Urbana PDS.pdf

3. Price O, Bradstock R. Countervailing effects of urbanization on fuel types and fire likelihood in forested landscapes of south-eastern Australia. *Landscape and Urban Planning* 2014;130(1):81-88.
4. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Manual operacional de prevenção e combate a incêndios florestais. Edição Única. Goiás, 2017.
5. Esteves BB, Aquino Filho GF. SEPIR – Sistema Eletrônico de Prevenção de Incêndios em Rodovias. São Vicente: Faculdade de Tecnologia de São Vicente, 2015.
6. Jones GA, Paragios N, Regazzoni CS. Video-Based Surveillance Systems: Computer Vision and Distributed Processing. 1st ed. Berlin: Springer, 2011.
7. Govil K, Welch ML, Ball JT, Pennypacker CR. Preliminary results from a wildfire detection system using deep learning on remote camera images. *Remote Sensing* 2020;12(166):1015-1037.
8. Guimarães PP, Souza SM, Fiedler NC, Silva AG. Análise dos impactos ambientais e socioeconômicos causados pelos incêndios florestais no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas – Goiás. *Academy, Centro Científico Conhecer – Goiânia*. 2014;1(1):38-58.
9. Terra Brasilis. Programa Queimadas do INPE [Internet]. [citado 2024 fev 25]. Disponível em: <https://terrabilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/faq/index.html>
10. Universidade de Brasília. Projeto da UnB usa inteligência artificial para identificar incêndios [Internet]. [citado 2024 mar 12]. Disponível em: <https://www.unb.br/noticias/unbagencia/publicacoes/entrevistas/25552-projeto-da-unb-usa-inteligencia-artificial-para-identificar-incendios>.
11. AlertCalifornia. Technology [Internet]. [citado 2024 fev 21]. Disponível em: <https://alertcalifornia.org/technology>
12. Sathishkumar VE, et al. Application of artificial intelligence for forest fire detection and prediction in Western US temperate forests. *Fire Ecology* 2023;19(9).
13. Ghali R, Akhloufi MA. Deep Learning Approaches for Wildland Fires Using Satellite Remote Sensing Data: Detection, Mapping, and Prediction. *Fire* 2023;6(5):192.
14. Okoro CS, Lopez A, Unuriode OA. A synergistic approach to wildfire prevention and management using AI, ML, and 5G technology in the United States. *Environ Earth Sci*. 2024;15(7):31-172.
15. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med* 2009;6(7)
16. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomized trials. *BMJ* 2019; 366:14898
17. Mohammed KR. A real-time forest fire and smoke detection system using deep learning. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications* 2022; 13(1):2053-2063.





18. Gagliardi A, El Hanashi A, Saponara S. Real-time video fire/smoke detection based on CNN in antifire surveillance systems. *Journal of Real-Time Image Processing* 2020;18(7553):1-12.
19. Davis M, Shekaramiz M. Desert/forest fire detection using machine/deep learning techniques. *Fire* 2023;6(11):418.
20. Rubab SF, Ghaffar AA, Choi GS. FireDetXplainer: Decoding wildfire detection with transparency and explainable AI insights. *IEEE Access* 2016;4:1.
21. Rad R. Remote Wildfire Detection using Multispectral Satellite Imagery and Vision Transformers. In: *Proceedings of the 15th Asian Conference on Machine Learning (ACML 2023)*. PMLR. 2024;222:1135-50..
22. Wei C, Xu J, Li Q, Jiang S. An intelligent wildfire detection approach through cameras based on deep learning. *Sustainability* 2022;14(23):1569.
23. Bushnaq O, Chaaban A, Al-Naffouri TY. The role of UAV-IoT networks in future wildfire detection. *IEEE Internet of Things Journal* 2021;8(23):16984-16999.
24. Duangsuwan S, Klubsuwan K. Accuracy assessment of drone real-time open burning imagery detection for early wildfire surveillance. *Forests* 2023;14(1):1852.
25. James GL, Ansaf RB, Al Samahi SS, Parker RD, Cutler JM, Gachette RV, Ansaf BI. An efficient wildfire detection system for AI-embedded applications using satellite imagery. *Fire*. MDPI 2023;6(4):169.
26. Oh SH, Ghyme SW, Jung SK, Kim GW. Early wildfire detection using convolutional neural network. *Frontiers of Computer Vision*. Springer 2020;1(1):18-30.
27. Cong PT, Tam NT. Remote sensing meets deep learning: exploiting spatio-temporal-spectral satellite images for early wildfire detection. Preprint. EPFL 2019;9 p
28. Xu Y, Berg A, Haglund L. Sen2Fire: a challenging benchmark dataset for wildfire detection using Sentinel data. In: *IGARSS 2024 – 2024 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*.
29. Kanwal R, Rafaqat W, Iqbal M, Weiguo S. Data-driven approaches for wildfire mapping and prediction assessment using a convolutional neural network (CNN). *Remote Sensing* 2023;15(21):5099.
30. Shamta I, Demir BE. Development of a deep learning-based surveillance system for forest fire detection and monitoring using UAV. *PLoS ONE* 2024;19(3):58.
31. Yang LY, Wang N, Qiao XM. Real-time forest fire detection with wireless sensor networks. *International Journal of Distributed Sensor Networks* 2005;12(6):760.
32. Shroff P. AI-based wildfire prevention, detection and suppression system. *ResearchGate* 2023;12:1-15.
33. Battistoni P, Cantone AA, Martino G, Passamano V, Romano M, Sebillio M, Vitiello G. A cyber-physical system for wildfire detection and firefighting. *Future Internet*. MDPI 2023;15(7):237.





Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de dezembro de 2025

Simulação computacional da transferência de calor por condução: estudo da propagação em mantas de fibra cerâmica de portas corta-fogo

Autores:

Leonardo Figueira Werneck

Doutor em Modelagem Computacional pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Instituição: CBMERJ

E-mail: leonardofwerneck@gmail.com

Alan Rocha Bastos Dias

Graduado no Curso de Formação de Oficiais da ABMDPII

Instituição: CBMERJ

E-mail: alanrbdias@gmail.com

Thiago de Barros Ramos

Mestre em Educação Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituição: CBMERJ

E-mail: barros.cbmerj@gmail.com



SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
REVISTA CIENTÍFICA SOLDADO DO FOGO

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR
POR CONDUÇÃO: ESTUDO DA PROPAGAÇÃO EM MANTAS DE FIBRA
CERÂMICA DE PORTAS CORTA-FOGO**

Leonardo Figueira Werneck ^{1*} Alan Rocha Bastos Dias ^{2*} Thiago de Barros Ramos ³

¹Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: leonardofwerneck@gmail.com. ORCID: 0009-0001-1154-6098. *Autor correspondente.

²Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: alanrbdias@gmail.com. ORCID: 0009-0008-2703-256X

³Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: barros.cbmerj@gmail.com ORCID: 0000-0002-3850-4445

RESUMO: O desenvolvimento tecnológico das últimas décadas proporcionou significativas mudanças nos sistemas construtivos, incorporando também novos fatores de risco de incêndio. Neste sentido, avaliar com eficiência os sistemas de proteção continuam sendo relevantes para a segurança dos usuários. O presente estudo teve como objetivo principal desenvolver um simulador computacional de condução térmica aplicando à manta de fibra cerâmica, sendo esse material extremamente usado na segurança contra incêndio, obtendo, dessa forma, o perfil de propagação térmica neste material. Tal análise é importante em virtude da grande utilização desse elemento como isolante térmico nas portas corta-fogo. Para construir o simulador, a equação da condução de calor foi discretizada pelo método de diferenças finitas com uma formulação implícita no tempo. Adicionalmente, diferentes testes numéricos foram realizados, visando a uma futura aplicação dos mesmos em outros materiais. A relevância dessa pesquisa reside não somente na inovação técnica que o simulador pode proporcionar, mas também na potencial economia de recursos e redução de riscos para os profissionais envolvidos em atividades relacionadas à segurança contra incêndios. Este trabalho, portanto, se coloca como um valioso recurso para os bombeiros militares, trazendo avanços substanciais para o conhecimento e a prática dentro do campo da proteção contra incêndios.

Palavras-chave: Transferência de calor, condução de calor, manta de fibra cerâmica, simulação computacional, método de diferenças finitas

ABSTRACT: Technological developments in recent decades have brought significant changes to construction systems, also introducing new fire-risk factors. In this context, efficiently assessing protection systems remains essential for user safety. The main objective of this study was to develop a computational heat-conduction simulator applied to ceramic fiber blankets, a material widely used in fire safety, thereby obtaining the thermal propagation profile within this material. Such analysis is important due to the extensive use of this component as a thermal insulator in fire doors. To build the simulator, the heat-conduction equation was discretized using the finite-difference method with an implicit time formulation. Additionally, different numerical tests were carried out with the aim of enabling future application of the simulator to other materials. The relevance of this research lies not only in the technical innovation the simulator may offer, but also in the potential savings of resources and reduction of risks for professionals involved in fire-safety activities. Therefore, this work stands as a valuable resource for military firefighters, bringing substantial advancements to knowledge and practice in the field of fire protection.

Keywords: Heat transfer, heat conduction, ceramic fiber blanket, computational simulation, finite-difference method.





1. INTRODUÇÃO

A manipulação do calor foi vital para o progresso da sociedade, desde civilizações antigas até o entendimento contemporâneo. Observado ao longo dos séculos como uma força natural moldadora do clima e da geologia, bem como da vida humana, foi inicialmente domado por nossos ancestrais através da domesticação do fogo. No entanto, o estudo científico do calor ganhou impulso na Grécia Antiga, quando filósofos e cientistas começaram a especular sobre a natureza do fogo e seus efeitos, de acordo com Silva et al.¹. Mas foi no século XX, que os avanços científicos levaram a um profundo entendimento do calor e suas aplicações, especialmente em ambientes de alta temperatura.

Neste contexto, destaca-se a manta de fibra cerâmica, um material de destaque nestas condições ambientais por sua excelente capacidade de isolamento térmico, sendo amplamente utilizado nas portas corta-fogo.

Embora seja o material mais utilizado como isolante nas portas corta-fogo, segundo a empresa Zeus do Brasil Ltda², os mecanismos específicos de condução do calor na manta de fibra cerâmica não foram totalmente compreendidos, necessitando de formas de avaliação distintas conforme sua interação com as condições ambientais. Ainda há muito a explorar sobre as características térmicas desse material em situações de alta temperatura, e como tais propriedades podem ser otimizadas para aprimorar sua eficiência e segurança em ambientes sujeitos a incêndios.

Nesse contexto, merecem destaque os trabalhos de Viana et al.³ e Junior et al.⁴. Enquanto Viana et al.³ discretiza a equação geral da condução de calor por meio das diferenças finitas, relacionando-a à propagação de calor, o estudo de Junior et al.⁴ analisa a condução de calor na manta de fibra cerâmica, empregando um método distinto. Em adição às análises sugeridas, a utilização de metodologia de baixo custo e baixo risco tem especial relevância na reprodutibilidade para outros materiais e contextos de incêndio possíveis.

Portanto, este estudo tem como objetivo a criação de um simulador computacional dedicado à análise da propagação de calor por condução, com um enfoque específico na sua aplicação para a manta de fibra cerâmica. Vale ressaltar que este simulador possui a flexibilidade de ser utilizado para investigar as características térmicas de diversos materiais, empregando a equação geral da condução de calor discretizada por meio do método das diferenças finitas.

2. MÉTODOS

2.1. REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento do arcabouço teórico foram realizadas pesquisas de artigos



nacionais e internacionais, disponíveis nas bases de dados pertencentes ao Google Acadêmico e à Scientific Electronic Library Online (SciELO). Além da pesquisa de artigos, foram realizadas pesquisas de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), bem como especificações fornecidas por fabricantes dos materiais usados na composição dos elementos analisados

Além da pesquisa bibliográfica, foi desenvolvida uma simulação computacional, permitindo obter o perfil do comportamento térmico da manta de fibra cerâmica

É importante ressaltar que essa manta isolante possui propriedades que não podem ser desconsideradas na análise térmica, como a condutividade térmica (k), a densidade (ρ) e o calor específico (c_p), haja vista que o produto ρc_p , de acordo com Çengel e Ghajar⁶, representa a capacidade do material armazenar calor.

Também é importante destacar a difusividade térmica, α (m^2/s), que é relacionada com a facilidade de um material conduzir calor, sendo definida, de acordo com Keith⁷, pela razão entre a capacidade do material de conduzir calor e a capacidade de armazenar essa energia, conforme Eq.(1).

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p} \quad (1)$$

2.2. PROPRIEDADES DA MANTA DE FIBRA CERÂMICA

A manta de fibra cerâmica é um isolante térmico de alta refratariedade que possui diversas características singulares. Ela é capaz de originar vários insumos para isolamento térmico e é amplamente utilizada em muitos segmentos industriais. Sendo leve e flexível, fabricada a partir de fibras longas. Estas fibras são multidirecionadas e entrelaçadas em um processo contínuo de agulhamento, o que confere ao produto excelente resistência ao manuseio e à erosão, segundo a empresa Asalit⁸ – fabricante de mantas de fibra cerâmica. Na Tabela 1, é possível verificar as propriedades da manta de fibra cerâmica.

Tabela 1 – Propriedades da manta de fibra cerâmica

Material	Densidade de massa aparente (ρ) [kg/m^3]	Condutividade térmica (k) [$W/(m.^{\circ}C)$]	Calor específico (c_p) [$J/(kg.^{\circ}C)$]
Manta de fibra cerâmica	128	0,179	1130

Fonte: o Autor

2.3. FORMAS DE PROPAGAÇÃO DE CALOR

A propagação de calor pode se dar por três formas distintas: condução térmica, convecção térmica ou por irradiação.





A condução térmica, também chamada de difusão térmica, ocorre, segundo Pérez e Romulus⁹, devido a um gradiente de temperatura, com transferência de calor entre átomos ou moléculas vizinhas. Ou seja, a condução térmica é o fluxo de calor de um corpo de maior temperatura para um corpo de menor temperatura. Esse processo é regido por equações descritas por Bergman et al.¹⁰, que relacionam a variação de calor em um corpo em função do tempo e do seu coeficiente de propagação de calor.

Já a convecção térmica é definida por Chandrasekhar¹¹ como um movimento em um fluido. Sendo que nesse fluido a parte menos densa ascende e a menos densa descende. Tal diferença de densidade é gerada por uma variação de temperatura, com a parte mais aquecida tornando-se menos densa, e a menos aquecida, mais densa.

Por fim, a irradiação térmica, segundo Incropera et al.¹², é definida como a transferência de calor por meio de ondas eletromagnéticas. Tal emissão ocorre por todos os corpos que estão acima do zero absoluto, e pode ser absorvida por outros corpos, havendo assim, transferência de energia. Esse processo de propagação térmica é o único que pode ocorrer na ausência de matéria.

2.4. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando a plataforma do Google acadêmico e a da SciELO, além de normas da ABNT e de manuais fornecidos pelas fabricantes dos elementos analisados.

Inicialmente, com o intuito de aprofundar o nosso conhecimento utilizou-se no Google acadêmico as palavras “transferência de calor” e “condução de calor”. Com isso, foram obtidos, em cada busca, 63.400 (sessenta e três mil e quatrocentos) e 8.180 (oito mil cento e oitenta) resultados. Em seguida, as palavras foram colocadas juntas e o número de resultados reduziu para 5.110 (cinco mil cento e dez).

Como critério de seleção, optou-se pelos artigos que foram apresentados nas duas primeiras páginas de busca, pois acredita-se ter maior relevância e número de acessos. Com isso, o número total foi de 20 (vinte) artigos. Para o processo de análise, foram lidos os resumos dos artigos a fim de confirmar a compatibilidade com o objetivo do trabalho, o que fez com que fossem analisados 05 (cinco) artigos.

Portanto, para formulação deste estudo, foi feita a junção da teoria relacionada ao assunto, apresentada nos artigos escolhidos, com a parte técnico-profissional, encontrada nas especificações fornecidas pelas fabricantes.

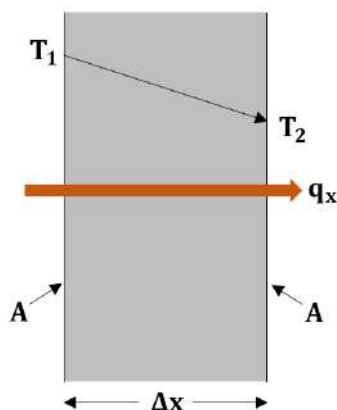
2.5. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Para a análise computacional, consideramos uma manta de fibra cerâmica de 5cm de espessura, do modelo BL-1200, fabricada pela Asalit8. Haja vista que essa é a espessura desse material nas portas corta-fogo da classe P-90 – as quais devem resistir ao fogo por pelo menos 90 minutos ABNT5 - vendidas pela empresa Zeus do Brasil². O código numérico foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C++. Já os gráficos, foram gerados utilizando o MatLab.

2.5.1. EQUAÇÃO GOVERNANTE PARA A CONDUÇÃO DE CALOR

Para se analisar a distribuição de temperatura por condução é necessário entender as equações que governam esse processo. Para tanto, considera-se uma parede plana, tendo espessura Δx e área A . sem geração interna de calor, a qual encontra-se entre dois ambientes, com o ambiente 1 com temperatura maior que a do ambiente 2 ($T_1 > T_2$), sendo a diferença de temperatura representada por ΔT . O calor flui linearmente, na direção do gradiente de temperatura, pelo material, sendo representado por q_x , como é visto na Figura 1.

Figura 1 – Fluxo de Calor



Fonte: Adaptado de Çengel & Ghajar⁶ (p. 139)

O calor propagado é definido, de acordo com Çengel & Ghajar⁶, como o quociente da diferença de temperatura da parede pela sua espessura pelo produto da constante positiva da condutividade térmica do material k , com a área A .

$$q_x = -kA \frac{(\Delta T)}{(\Delta x)} \quad (2)$$

Se a Eq. 1 for simplificada a sua forma diferencial, com $\Delta x \rightarrow 0$, tem-se:

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad (3)$$

A equação 2 é denominada Lei de Fourier da condução térmica, em homenagem ao seu descobridor, um matemático e físico francês chamado Jean-Baptiste Joseph Fourier.

Analisando o fluxo de calor por unidade de área, tem-se a denotação q_x'' , conforme

demonstrado abaixo:

$$q_x'' = \frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (4)$$

Analisando a Eq. 4, vê-se que o fluxo térmico é uma grandeza vetorial. Assim, pode-se reescrever essa equação como um enunciado mais geral.

$$q'' = -k \nabla T = -k \left(i \frac{\partial T}{\partial x} + j \frac{\partial T}{\partial y} + l \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -k \frac{\partial T}{\partial n} \quad (5)$$

Sendo q'' um vetor fluxo térmico, o qual é perpendicular às superfícies isotérmicas, ∇ é um operador diferencial e $T(x, y, z)$ um campo escalar de temperatura.

Também pode-se fazer um balanço de energia, levando em consideração que não há um regime permanente de temperaturas.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\dot{q}}{k} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (6)$$

Para um sistema bidimensional, pode-se reescrever a Eq. (6) conforme apresentado na Eq. (7)

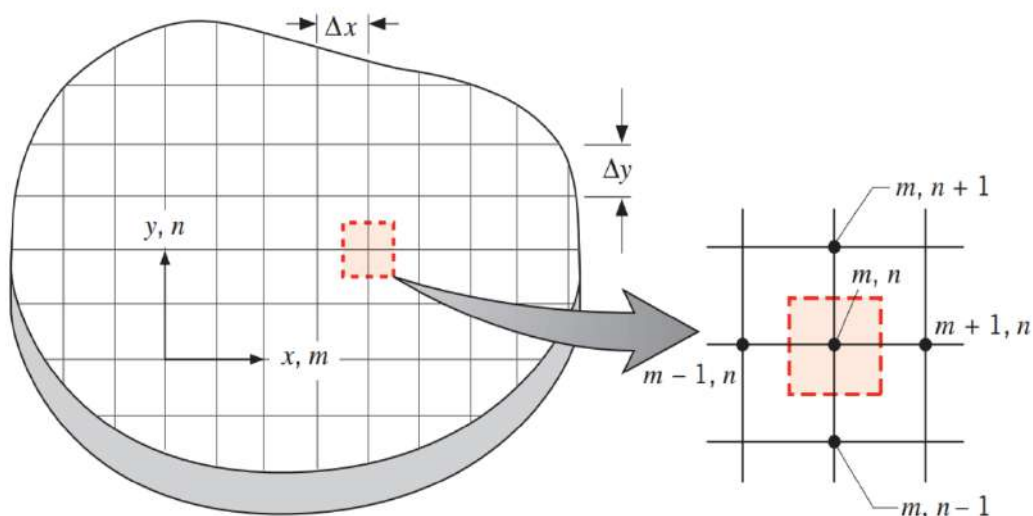
$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\dot{q}}{k} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (7)$$

2.5.2. DISCRETIZAÇÃO

O método das diferenças finitas, permite que se substitua as equações diferenciais, por equações algébricas. Para compreender-se como esse método funciona, considera-se uma área de interesse, dividida em pequenos pontos retangulares com dimensões Δx e Δy ¹³.

Tais retângulos, formam uma malha, com os retângulos tendo em seus vértices quatro nós, com o nó tendo coordenada m, n , conforme Figura 2.

Figura 2: Malha para o método das diferenças finitas.



Fonte: Incropera et al¹²



Esse método, pode ser utilizado para traçar o perfil térmico de um elemento, os gradientes de temperatura podem ser representados, de acordo com Incropera¹², como função das temperaturas nodais.

Aplicando a série de Taylor, é possível, segundo Holman¹⁴, realizar aproximações para essas derivadas obtendo-se desse modo as Eqs. (8) e (9)

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \approx \frac{T_{m+1,n} + T_{m-1,n} - 2T_{m,n}}{\Delta x^2} \quad (8) \quad \text{e} \quad \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \approx \frac{T_{m,n+1} + T_{m,n-1} - 2T_{m,n}}{\Delta y^2} \quad (9)$$

Sobre a derivada em relação ao tempo, introduz-se um número inteiro “p”, a fim de discretizar essa derivada via método de diferenças finitas com uma formulação implícita no tempo, de forma a se obter

$$\frac{\partial T}{\partial t} \approx \frac{T_{m,n}^{p+1} - T_{m,n}^p}{\Delta t}, \quad (10)$$

sendo $t = p\Delta t$.

Assim, ao substituir as Eqs. (8), (9) e (10) na Eq. (7), obtêm-se:

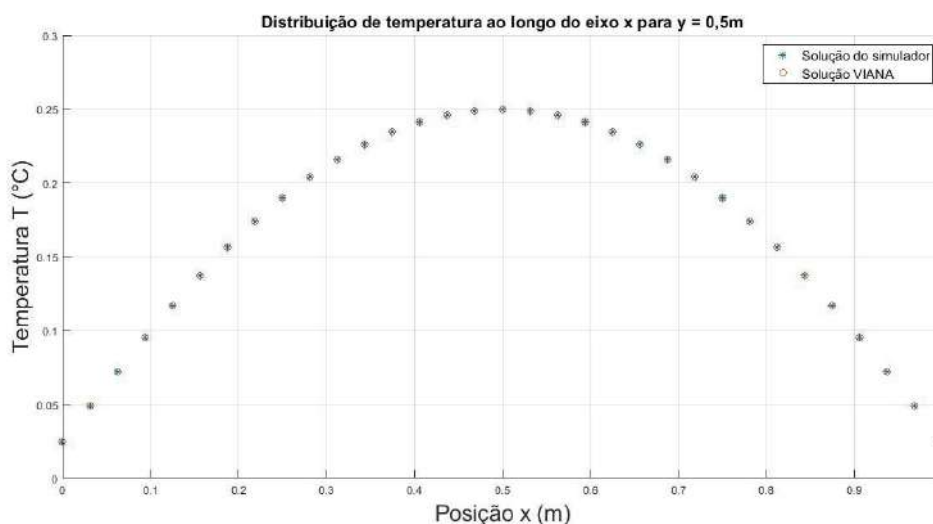
$$\frac{1}{\alpha} \frac{T_{m,n}^{p+1} - T_{m,n}^p}{\Delta t} = \frac{T_{m+1,n}^{p+1} + T_{m-1,n}^{p+1} - 2T_{m,n}^{p+1}}{\Delta x^2} + \frac{T_{m,n+1}^{p+1} + T_{m,n-1}^{p+1} - 2T_{m,n}^{p+1}}{\Delta y^2} + \frac{q_{ij}^n}{k} \quad (11)$$

Fazendo $\Delta x = \Delta y = h$, temos a equação do calor discretizada

$$\frac{h^2}{\alpha \Delta t} T_{m,n}^p + \frac{h^2}{k} q_{ij}^n = \left(4 + \frac{h^2}{\alpha \Delta t} \right) T_{m,n}^{p+1} - T_{m+1,n}^{p+1} - T_{m-1,n}^{p+1} - T_{m,n+1}^{p+1} - T_{m,n-1}^{p+1}. \quad (12)$$

3. RESULTADOS

O código desenvolvido passou por uma validação mediante a análise dos desfechos apresentados por Viana et al.³. A seguir, encontra-se a comparação entre os resultados oriundos dessa referência, quando confrontados com os resultados adquiridos por esta pesquisa. Tais resultados dizem respeito à propagação de calor em uma placa com dimensões de 1 m, possuindo uma face superior a uma temperatura de 1 °C, enquanto as faces laterais restantes mantêm-se a 0 °C, sob circunstâncias estabilizadas.

Figura 3 – Solução de Viana et al.³ comparado ao obtido pelo simulador

Fonte: o Autor

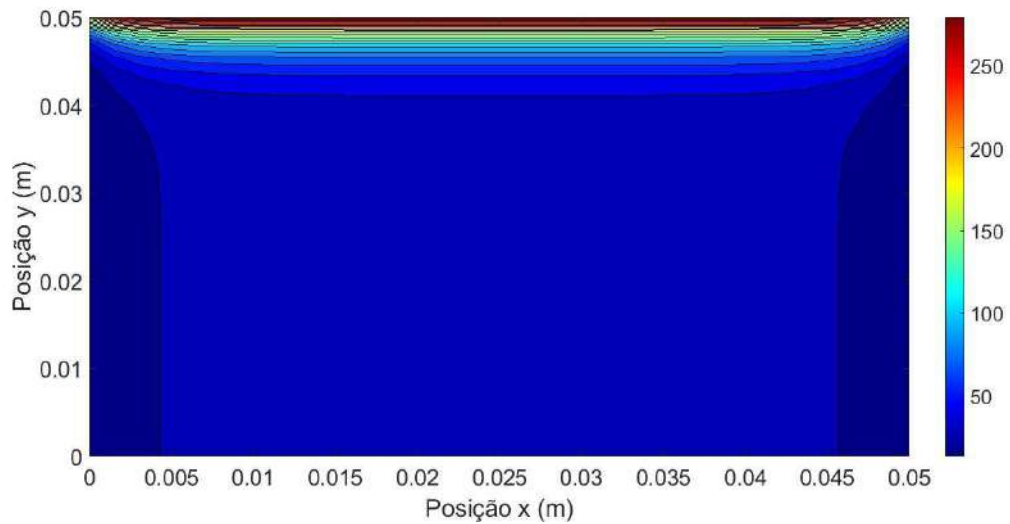
Nessa seção são examinadas as observações e conclusões derivadas da análise da propagação de calor na manta de fibra cerâmica. As simulações foram conduzidas com o objetivo de compreender como esse material se comporta ao separar dois ambientes com temperaturas substancialmente distintas.

No experimento, uma parede composta por uma camada de manta de fibra cerâmica com 5 cm de espessura foi utilizada para dividir os ambientes A e B. O ambiente A foi mantido a uma temperatura constante de 500°C, enquanto o ambiente B iniciou a experiência com uma temperatura de 30°C.

Os resultados revelaram uma notável capacidade da manta de fibra cerâmica em retardar a transferência de calor entre os dois ambientes. Na Figura 4 é quase imperceptível a variação de temperatura no interior da manta com apenas 5s de exposição ao calor. Com 45s, Figura 5, observa-se que o calor já avançou para o interior da manta, mas ainda não atingiu o ambiente B. Já com 350 segundos de exposição ao calor, Figura 6, a temperatura no ambiente B atinge 47°C. Após 15 minutos de exposição às condições experimentais, observou-se que a temperatura no ambiente B aumentou para 57°C, conforme mostrado na Figura 7. Esse aumento de temperatura, embora moderado, é indicativo do isolamento térmico proporcionado pela manta de fibra cerâmica. Vale ressaltar que aumentando o tempo de exposição ao calor, a temperatura no ambiente B apresenta variações desprezíveis, indicando assim que o problema atingiu o seu estado permanente.

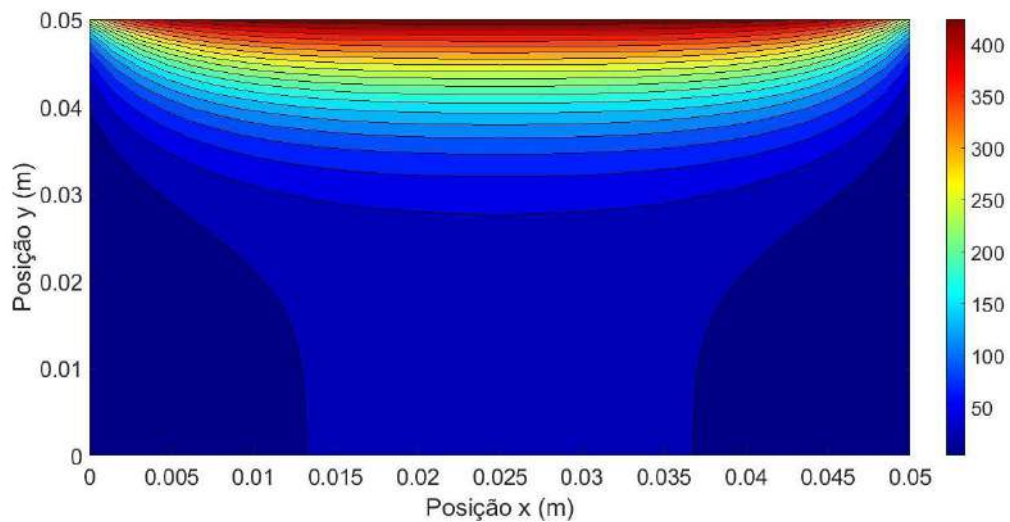


Figura 4 - Distribuição de Temperatura para $t = 5s$



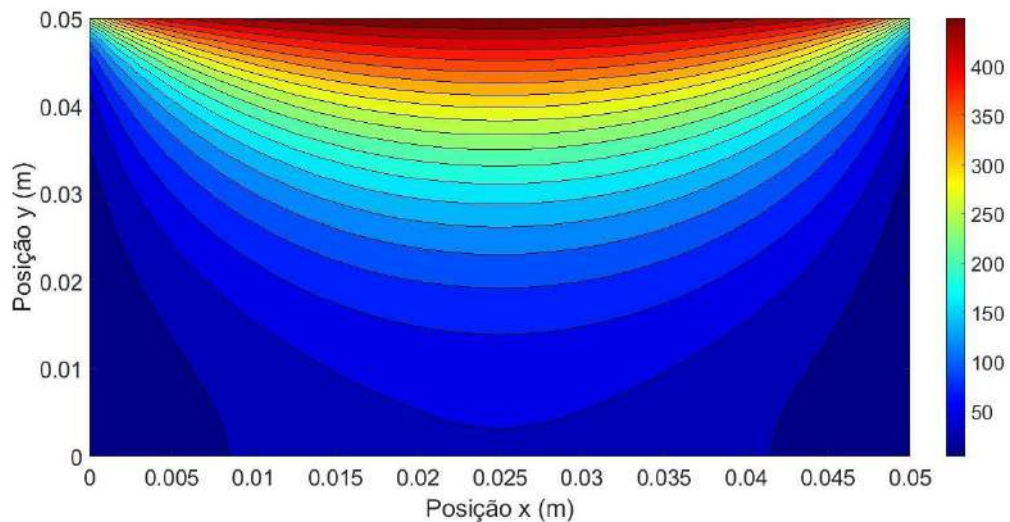
Fonte: o Autor

Figura 5 - Distribuição de Temperatura para $t = 45s$

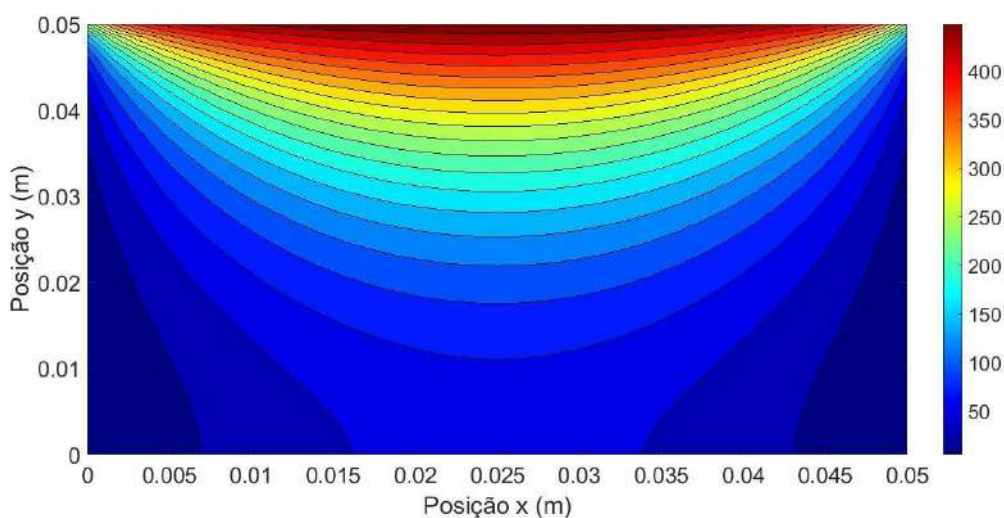


Fonte: o Autor

Figura 6 - Distribuição de Temperatura para $t = 350s$



Fonte: o Autor

Figura 7 - Distribuição de Temperatura para $t = 900s$ 

Fonte: o Autor

Esses resultados ressaltam a habilidade intrínseca desse material em minimizar a propagação de calor de ambientes de alta temperatura para ambientes mais frios. O incremento de 27°C na temperatura do ambiente B ao longo de um período de 15 minutos demonstra a capacidade da manta de fibra cerâmica em manter um gradiente térmico significativo. Vale ressaltar que a manta utilizada na simulação tinha apenas 5 cm de espessura.

3. DISCUSSÃO

A eficiência do isolamento térmico é de grande importância em ambientes industriais, como portas corta-fogo, onde a proteção contra incêndios é primordial. A capacidade da manta de fibra cerâmica em restringir a transferência de calor em um cenário de alta temperatura poderia representar uma vantagem significativa na contenção de incêndios e na proteção de espaços críticos.

No entanto, apesar dos resultados promissores, é essencial reconhecer que as conclusões deste estudo estão baseadas em um experimento controlado e podem variar em diferentes contextos e cenários reais. Fatores como a densidade da manta de fibra cerâmica, sua composição e a duração da exposição ao calor podem influenciar nos resultados práticos.

Além disso, é importante ressaltar que esta pesquisa pode ser um ponto de partida para estudos mais abrangentes. Investigações futuras poderiam explorar a otimização da espessura da manta de fibra cerâmica para diferentes situações de isolamento térmico, bem como a comparação com outros materiais isolantes.

Ademais, é essencial sublinhar que o simulador desenvolvido para este estudo tem potencial para ser ampliado em pesquisas futuras para investigar o desempenho de outros



materiais bem como a associação dos mesmos. Essa ferramenta de modelagem pode desempenhar um papel crucial ao oferecer informações sobre a eficácia de diferentes materiais em cenários térmicos variados.

Em suma, os resultados deste estudo corroboram a eficiência da manta de fibra cerâmica como um isolante térmico eficaz, especialmente quando utilizada para conter a propagação de calor em situações de alta temperatura. Contudo, é fundamental reconhecer a necessidade de investigações contínuas e aplicações práticas para validar totalmente a viabilidade desse material em cenários do mundo real.

4. CONCLUSÃO

Em síntese, este estudo proporcionou um entendimento aprofundado da eficiência da manta de fibra cerâmica como isolante térmico em ambientes de alta temperatura. Ao conduzir experimentos que envolviam a separação de dois ambientes com temperaturas significativamente distintas, demonstrou-se a notável capacidade desse material em retardar a transferência de calor, consolidando sua aplicabilidade em cenários de contenção de incêndios, como portas corta-fogo.

Também, vale ressaltar que foi desenvolvido nesse estudo um simulador computacional funcional de condutividade térmica. Essa ferramenta possibilitou a exploração detalhada das propriedades térmicas da manta de fibra cerâmica e auxiliou na compreensão das complexas interações envolvidas na transferência de calor. A viabilidade do simulador abre portas para estudos adicionais, não apenas com a manta de fibra cerâmica, mas também com outros materiais isolantes, ampliando seu potencial impacto no campo da engenharia térmica.

Em suma, este estudo não apenas fortalece a base de conhecimento sobre a eficiência da manta de fibra cerâmica como isolante térmico, mas também oferece uma nova ferramenta de modelagem para investigações futuras. A combinação de resultados experimentais e simulações computacionais proporciona uma visão abrangente das propriedades térmicas desse material. A trajetória de pesquisa aqui delineada se revela promissora para avanços futuros em isolamento térmico e seu impacto nas áreas de segurança contra incêndios e engenharia térmica.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Todos são militares do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

1. Silva APB, de Mello Forato TC, Gomes JLAMC. Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. Cad Bras Ens Fís. 2013;30(3):492-537.





2. Zeus do Brasil. Do que é feita uma porta corta-fogo [Internet]. [citado 2023 jun 15]. Disponível em: <https://zeusdobrasil.com.br/blog/post/do-que-e-feita-uma-porta-corta-fogo>
3. Viana HS. Método das diferenças finitas aplicado a um problema de condução do calor em estado estacionário [Trabalho de Curso]. Castanhal: Universidade Federal do Pará; 2018.
4. Junior CA, Montegutti MC, Haus TL. Análise comparativa da eficiência de isolantes térmicos. Caderno PAIC. 2016;17(1):211-35.
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11742: Porta corta-fogo para saída de emergência: referências. Rio de Janeiro: ABNT; 2003.
6. Çengel YA, Ghajar AJ. Transferência de calor e massa. Porto Alegre: AMGH Editora LTDA; 2012.
7. Keith F. Princípios da transmissão de calor. São Paulo: Edgard Blücher; 1977.
8. Asalit. Manta de fibra cerâmica BL1200 [Internet]. [citado 2023 ago 4]. Disponível em: https://asalit.com.br/linhas_de_produtos/manta-de-fibra-ceramica-bl1200/
9. Pérez JPh, Romulus AM. Thermodynamique, fondements et applications. Paris: Masson; 1993.
10. Bergman TL, Lavine AS, Queiroz EM. Fundamentos de transferência de calor e de massa. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC; 2000.
11. Chandrasekhar S. Convecção térmica. Daedalus. 1957;86(4):323-39.
12. Incropera FP, DeWitt DP, Bergman TL. Fundamentos de transferência de calor e de massa. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC; 2000.
13. Gomes-Ruggiero MA, Lopes VLR. Cálculo numérico: aspectos teóricos e computacionais. [Local desconhecido]: Ed.; 1996.
14. Holman JP. Transferência de calor. São Paulo: McGrah-Hill; 1983.



Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de dezembro de 2025

Proposta de arranjo institucional que compreenda a atenção à saúde do Bombeiro Militar Veterano, na perspectiva da prevenção

Autores:

Ana Beatriz Marones de Gusmão Machado Couri

Especialista em Anestesiologia pela Hospital dos Servidores do Estado do Rio de Janeiro e em Medicina do Trabalho pela Faculdade Global de Umuarama

Instituição: CBMERJ

E-mail: biamarones1983@gmail.com

Felipe Vaz Lima

Especialista em Uro-oncologia pelo Instituto Nacional do Câncer

Instituição: CBMERJ

E-mail: felipevaz.urologia@gmail.com

Gustavo Peçanha Vieira

Mestre em Educação Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituição: CBMERJ

E-mail: gupv79@gmail.com

Marcelo Luciano Vieira

Graduado em Medicina pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituição: CBMERJ

E-mail: marcelovieira@defesacivil.rj.gov.br



**SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
REVISTA CIENTÍFICA SOLDADO DO FOGO**

**PROPOSTA DE ARRANJO INSTITUCIONAL QUE COMPREENDA A
ATENÇÃO À SAÚDE DO BOMBEIRO MILITAR VETERANO, NA
PERSPECTIVA DA PREVENÇÃO**

Ana Beatriz Marones de Gusmão Machado Couri^{1*} Felipe Vaz Lima² Gustavo Peçanha Vieira³
Marcelo Luciano Vieira⁴

¹Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: biamarones1983@gmail.com.
ORCID: 0009-0007-5940-835X

²Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: felipevaz.urologia@gmail.com.
ORCID: 0009-0004-5256-1501

³Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: gupv79@gmail.com.
ORCID: 0009-0008-4101-5731

⁴Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: marcelovieira@defesacivil.rj.gov.br.
ORCID: 0000-0003-4319-715X *Autor correspondente

RESUMO: O Sistema de Saúde do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro atende bombeiros militares ativos, veteranos e dependentes. Enquanto os militares ativos recebem inspeções periódicas de saúde, veteranos carecem de programa sistemático de atenção integral. Este estudo objetivou propor arranjo institucional para compreender a saúde do veterano, melhorando qualidade de vida e longevidade. Utilizou-se metodologia exploratória qualitativa com coleta de dados quantitativos para entender características da população estudada. Os resultados apontam maior representatividade de atendimentos em Cardiologia, Clínica Médica e Urologia, contemplando patologias da atenção primária. Internações concentraram-se entre setembro de 2022-2023, enquanto óbitos prevaleceram entre 2020-2021. Observou-se pequena variabilidade no tempo médio de internação e idade dos militares internados. Patologias psiquiátricas, oncológicas e cardiológicas motivaram reformas por doença. Com base na ferramenta 5W2H, propõe-se criação de núcleo de atenção à saúde do veterano, incorporando boletim epidemiológico e estudos de custos relacionados a consultas médicas, exames complementares, internações hospitalares e medicamentos. Este estudo serve de subsídio para gestores do CBMERJ em melhorias organizacionais e alcance de excelência nos serviços prestados.

Palavras-chave: Atenção primária à saúde; Longevidade; Gestão em saúde; Bombeiros militares; Epidemiologia.

ABSTRACT: The Health System of the Military Fire Brigade of the State of Rio de Janeiro provides care to active and veteran military firefighters, as well as their dependents. While active personnel undergo periodic health inspections, veterans lack a systematic program for comprehensive care. This study aimed to propose an institutional framework to understand veteran health, improving quality of life and longevity. A qualitative exploratory methodology was used, supported by quantitative data collection to understand the characteristics of the studied population. The results indicate a higher representation of consultations in Cardiology, Internal Medicine, and Urology, involving conditions typically managed in primary care. Hospital admissions were concentrated between September 2022 and 2023, while deaths were more prevalent between 2020 and 2021. Little variation was observed in the average length of hospital stay and the age of hospitalized personnel. Psychiatric, oncological, and cardiological conditions were the main causes for medical retirement. Based on the 5W2H tool, the creation of a veteran health care unit is proposed, incorporating an epidemiological bulletin and cost studies related to medical consultations, complementary tests, hospital admissions, and medications. This study serves as a resource for CBMERJ managers to support organizational improvements and achieve excellence in service delivery.

Keywords: Primary health care; Longevity; Health management; Military firefighters; Epidemiology.





1. INTRODUÇÃO

A atenção primária à saúde consiste em ações que têm por objetivo a promoção e a proteção da saúde, possibilitando diagnóstico precoce, implementação eficiente de tratamento e minimização de danos. O papel da atenção primária vai muito além de evitar morbidade e hospitalização, abrangendo sobretudo a promoção da qualidade de vida.

Determinadas condições de saúde, quando precocemente diagnosticadas e tratadas, possibilitam redução de danos e minimização de internações hospitalares por condições sensíveis à atenção primária (CSAP). No Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ), a assistência primária ocorre por meio de inspeções de saúde sistemáticas durante o período de serviço ativo. No entanto, com o ingresso na reserva remunerada, este acompanhamento cessa, cabendo ao veterano a busca ativa por atendimento médico.

Em outubro de 2023, o CBMERJ dispunha de 9.885 bombeiros militares veteranos, constituindo população significativa carente de política sistematizada de atenção primária. A implementação de arranjo institucional que compreenda atenção à saúde preventiva permite planejamento estratégico baseado em dados epidemiológicos, garantindo diagnósticos precoces e intervenções oportunas.

O envelhecimento populacional brasileiro é acelerado, com pessoas de 60 anos ou mais representando 15,1% da população em 2022, e de 65 anos ou mais atingindo 10,5%. A Assembleia Geral das Nações Unidas declarou 2020 a 2030 como Década do Envelhecimento Saudável, visando melhorar a vida de pessoas idosas mediante adaptações e investimentos em serviços de saúde.

O Brasil tinha expectativa de vida de 48,1 anos em 1950, alcançando 76,2 anos em 2023, com projeção de 88,2 anos em 2100. No CBMERJ, estudo publicado sobre óbitos de bombeiros militares do sexo masculino (2006-2015) concluiu que a média de idade de óbito entre praças foi de 57 anos, entre oficiais de 55,5 anos, entre militares ativos de 42,6 anos, e entre veteranos de 63 anos.

O adoecimento no Brasil é preponderantemente causado por doenças crônicas não transmissíveis, constituindo principais causas de morbidade e mortalidade. A Organização Mundial da Saúde define como principais as doenças cardiovasculares, respiratórias crônicas, neoplasias e diabetes mellitus. O planejamento em saúde é estratégia fundamental para minimização dos impactos destas patologias.

Dificuldades de acesso ou ineficiência da assistência primária estão relacionadas ao aumento de internações hospitalares, causando prejuízo à capacidade funcional, especialmente em idosos, e onerando o Sistema de Saúde. Estudo publicado em 2022 estimou custo total de R\$



3 milhões em internações por doenças crônicas não transmissíveis sensíveis à atenção primária, com tempo médio de permanência de 9,5 dias.

A reestruturação do Sistema de Saúde institucional remete ao Planejamento Estratégico Situacional como ferramenta que permite exploração de possibilidades e estruturação de processo de trabalho norteado por tomada de decisões em busca de eficiência e eficácia. Diante do envelhecimento evidente da tropa do CBMERJ, observa-se necessidade de mudança nas práticas de gestão direcionadas à população veterana, com impacto significativo na qualidade de vida.

A proposta de estruturação de arranjo institucional que compreenda atenção à saúde do bombeiro militar veterano, na perspectiva da prevenção, implica em imperioso planejamento das ações e serviços de saúde, visando à prevenção, promoção da saúde e diagnóstico precoce. A assistência primária deve suprir maior parte das demandas com ações integradas que permitam tratamento eficiente.

Ressalta-se que a implementação das ações de saúde deve responsabilizar-se por cumprir as diretrizes do SUS, considerando dados epidemiológicos para planejamento, integralidade da atenção em saúde, equidade e, sobretudo, acesso universal aos serviços. Este estudo propõe-se a analisar dados epidemiológicos da população veterana do CBMERJ, identificando desafios assistenciais e formulando recomendações para reestruturação do cuidado preventivo.

O presente estudo tem como objetivo propor a implementação de arranjo institucional que compreenda a atenção à saúde do bombeiro militar veterano, na perspectiva da prevenção, visando à melhoria da qualidade de vida e aumento da longevidade dos militares veteranos do CBMERJ.

2. MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa exploratória de abordagem qualitativa, em que também foram coletadas variáveis de cunho quantitativo, visando entender as características da população estudada e suas relações. No entanto, não se trata de um estudo quantitativo qualitativo pelo fato de não terem sido feitos testes de hipóteses, além de não terem sido feitos testes de variáveis, bem como correlações ou qui-quadrado, que viessem a validar as variáveis.

A abordagem quantitativa é calcada na mensuração de dados acerca do número de militares ativos do CBMERJ por posto/graduação informado pela Diretoria Geral de Pessoal; número de usuários veteranos do sistema de saúde do CBMERJ por sexo e posto/graduação informado pela Diretoria Geral de Veteranos e Pensionistas; consultas ambulatoriais prestadas pelo sistema de saúde do CBMERJ aos veteranos no período compreendido entre janeiro de 2018 e julho de 2023; internações hospitalares e óbitos ocorridos no HCAP no período compreendido





entre setembro de 2018 e setembro de 2023; quantitativo de bombeiros militares reformados no período compreendido entre janeiro de 2019 e novembro de 2023, além das patologias motivadoras do referido ato.

Os dados quantitativos foram solicitados através de ofícios à Diretoria Geral de Pessoal, Diretoria Geral de Veteranos e Pensionistas, Diretoria Geral de Saúde, Assessoria de Informática, Centro de Perícias Médicas e Diretoria Geral de Odontologia. Dados de custo de consultas médicas, exames complementares, tratamentos de alta complexidade e internações hospitalares foram solicitados à Diretoria Geral de Saúde e na ausência de disponibilidade dos mesmos, foram extraídos do SIA/SUS-DATASUS.

Foi ainda criado um formulário — coleta de dados autoaplicável — no Google Forms (<https://forms.gle/QySmY4baH83GcvUm6>) para estudo qualitativo da atenção aos veteranos que também teve sua versão impressa disponibilizada nos locais de atendimento em saúde da Corporação.

Ademais, foram entrevistados profissionais que se configuram partes interessadas no que se refere à proposta do presente estudo — Diretora Geral de Saúde, Diretora Geral de Odontologia, oficial médico representante do Centro de Perícias Médicas, Diretor Geral de Veteranos e Pensionistas, além de dois oficiais médicos responsáveis por serviços que demonstraram significativa representatividade no quantitativo de patologias motivadoras de reforma — reumatologista e oncologista.

No âmbito do CBMERJ, no que tange às informações apresentadas no presente trabalho, a produção da informação é em parte, de responsabilidade da Diretoria Geral de Saúde, o que inclui a quantificação de bombeiros militares veteranos consultados e de consultas médicas prestadas aos militares veteranos. Já o Centro de Perícias Médicas responsabiliza-se pelas informações referentes ao quantitativo de militares reformados e às patologias motivadoras do referido ato. Tratando-se do quantitativo de militares veteranos, a produção da informação cabe à Diretoria Geral de Veteranos e Pensionistas. Já as informações referentes às consultas odontológicas prestadas aos veteranos cabem à Diretoria Geral de Odontologia.

Quanto à organização das informações, faz-se atribuição da Assessoria de Informática a gestão das informações relacionadas às consultas médicas. O Centro de Perícias Médicas é responsável pela organização de suas informações. Já a organização das informações referentes ao quantitativo de militares veteranos cabe à Diretoria Geral de Veteranos e Pensionistas.

Salienta-se que o presente estudo se encontra em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais, número 13.853/2019, que altera a Lei número 13.709/2018, e dispõe sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos





fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural.

3. RESULTADOS

Em outubro de 2023, o CBMERJ dispunha de 9.885 bombeiros militares veteranos, distribuídos entre diferentes postos e graduações. Existe a predominância de subtenentes, que perfazem um total de 5.261 (5.170 homens e 91 mulheres), representando 53,2% de toda a população veterana. Essa proporção majoritária reflete a estrutura hierárquica da instituição, visto que a graduação de subtenente consiste na última graduação de praças, anterior ao ingresso no oficialato mediante a realização do Curso de Habilitação ao Oficialato Administrativo e Especialista (CHOAE).

Seguindo em ordem de representatividade, encontram-se os primeiros-sargentos com 794 militares (770 homens e 24 mulheres), totalizando 8% da população, e os coronéis com 723 veteranos (671 homens e 52 mulheres), correspondendo a 7,3% do efetivo. A predominância de praças sobre oficiais reflete o modelo organizacional da Corporação, onde a base hierárquica é substancialmente maior que a cúpula administrativa.

A análise demográfica revelou predominância expressiva do sexo masculino, com 9.583 militares (97% do total), enquanto apenas 302 veteranos (3%) são do sexo feminino. Tal distribuição reflete a história institucional do CBMERJ, com incorporação mais recente de mulheres nos quadros da Corporação. Esta desproporção é relevante para planejamento de ações de saúde específicas, considerando-se diferenças epidemiológicas entre sexos no que tange às doenças cardiovasculares, neoplasias ginecológicas e outras condições de saúde específicas do sexo feminino.



Tabela 1 – Distribuição de bombeiros militares veteranos por posto/graduação. Diretoria Geral de Veteranos e Pensionistas. CBMERJ, RJ, 2023.

Posto/Graduação	Homens	Mulheres	Total	Percentual
Coronel	671	52	723	7,3%
Tenente-Coronel	582	30	612	6,2%
Major	205	6	211	2,1%
Capitão	350	19	369	3,7%
Primeiro-Tenente	127	0	127	1,3%
Segundo-Tenente	162	0	162	1,6%
Aspirante a oficial	2	0	2	0,0%
Aluno	5	0	5	0,1%
Subtenente	5.170	91	5.261	53,2%
Primeiro-Sargento	770	24	794	8,0%
Segundo-Sargento	646	26	672	6,8%
Terceiro-Sargento	473	26	499	5,0%
Primeiro-Cabo	391	19	410	4,1%
Soldado	405	1	406	4,1%
Total	9.583	302	9.885	100,0%

Fonte: Os autores. Adaptado de Diretoria Geral de Veteranos e Pensionistas. CBMERJ, RJ, 2023.

Durante o período compreendido entre janeiro de 2018 e julho de 2023, foram realizadas consultas ambulatoriais para uma significativa população de bombeiros militares veteranos. Ressalta-se a maior quantidade de bombeiros militares veteranos consultados pelas especialidades de Cardiologia (8.465 veteranos, 21,8%), Urologia (6.921 veteranos, 17,8%) e Clínica Médica (5.034 veteranos, 13%). Estas três especialidades abrangem 52,6% de todos os veteranos consultados, evidenciando concentração em patologias típicas do envelhecimento masculino, particularmente hipertensão arterial, doenças cardiovasculares, disfunção erétil e distúrbios urinários.

A predominância dessas três especialidades reflete apropriadamente o perfil epidemiológico esperado para uma população composta majoritariamente por homens idosos que foram expostos a estresse ocupacional intenso durante suas carreiras profissionais. A Cardiologia, com 8.465 consultados, constitui-se a especialidade de maior demanda, indicando alta prevalência de condições cardiovasculares entre os veteranos. Essa prevalência é esperada considerando-se que doenças cardiovasculares constituem a principal causa de morte em



populações envelhecidas.

A Urologia, com 6.921 consultados, reflete a alta incidência de distúrbios urológicos em homens idosos, incluindo hiperplasia prostática benigna, disfunção erétil e infecções urinárias recorrentes. A Clínica Médica, com 5.034 consultados, abrange o manejo de condições sistêmicas e multifatoriais, incluindo diabetes mellitus, hipertensão não controlada e síndrome metabólica. Adicionalmente, as especialidades de Endocrinologia e Ortopedia também apresentaram demanda significativa, com 3.879 e 3.582 consultados respectivamente. A Endocrinologia reflete a alta prevalência de diabetes mellitus em população envelhecida, enquanto a Ortopedia reflete o impacto do desgaste físico decorrente da atividade profissional de bombeiro militar ao longo dos anos de serviço.

Tabela 2 – Especialidades com maior demanda de atendimento ambulatorial (2018-2023)

Especialidade	Veteranos consultados	Total de consultas	% do total
Cardiologia	8.465	13.958	23,7%
Urologia	6.921	12.144	20,6%
Clínica Médica	5.034	9.260	15,7%
Endocrinologia	3.879	7.546	12,8%
Ortopedia	3.582	6.465	11,0%
Outras Especialidades	2.148	2.988	5,1%
Subtotal	30.029	58.921	100,0%

Fonte: Assessoria de Informática/Diretoria Geral de Saúde, CBMERJ, 2023.

No que tange ao número absoluto de consultas prestadas, deste modo, ressalta-se a maior quantidade de consultas prestadas pelas especialidades de Cardiologia (13.958 consultas, 19,8%), Urologia (12.144 consultas, 17,3%) e Clínica Médica (9.260 consultas, 13,2%). Estas três especialidades totalizaram 35.362 consultas, representando 61,2% de todas as consultas realizadas no período de cinco anos e nove meses.

Considerando-se o período de 5 anos e 9 meses estudado (janeiro de 2018 a julho de 2023), observa-se média de 10.673 consultas anuais em especialidades contempladas pela atenção primária à saúde ou intimamente relacionadas a patologias de interesse preventivo. A consistência desta demanda ao longo dos anos permite inferir padrão epidemiológico genuíno, não constituindo variação aleatória. Esse dado é relevante pois demonstra demanda estável e previsível de serviços de saúde, viabilizando planejamento orçamentário e alocação de recursos.

A análise de dados de formulário autoaplicável revelou que 82,9% dos veteranos utilizam





sistema de saúde do CBMERJ, destacando-se consultas ambulatoriais (68%), realização de exames laboratoriais (54,4%), serviço de pronto atendimento (percentual não especificado) e realização de exames de imagem (46,4%). Adicionalmente, 60,2% dos respondentes não dispõem de seguros de saúde privados, sugerindo dependência significativa dos serviços oferecidos pelo CBMERJ para continuidade de cuidados. Verificou-se que 56,1% dos militares possuem patologias diagnosticadas, e destes, 53,6% fazem acompanhamento regular, evidenciando conhecimento de sua situação de saúde e relativa adesão a tratamentos prescritos. Importante destaque é que 74,3% destes bombeiros militares veteranos teriam interesse em continuar realizando exames de verificação periódica do estado de saúde, demonstrando potencial elevado de adesão a programa de rastreamento preventivo.

O período compreendido entre setembro de 2022 e setembro de 2023 apresentou a predominância de internações hospitalares de bombeiros militares veteranos, com registros de 822 internações. No entanto, a análise comparativa entre períodos evidencia que a maior quantidade de óbitos aconteceu entre setembro de 2020 e setembro de 2021, período que coincidiu com o pico da pandemia de COVID-19.

O aumento de internações de 788 (2018-19) para 822 (2022-23) representa crescimento de 4,3% ao longo do período de cinco anos. Tal aumento é compatível com expectativas de envelhecimento progressivo da população veterana, visto que o incremento etário está associado a maior incidência de comorbidades e hospitalizações decorrentes de descompensação de condições crônicas.

Notavelmente, observou-se redução consistente no tempo médio de permanência hospitalar, diminuindo de 11 dias (2018-19) para 7 dias (2022-23), sugerindo melhoria da eficiência hospitalar ao longo do período estudado. Essa redução pode refletir aprimoramento em protocolos clínicos, otimização de fluxos assistenciais e melhor manejo de comorbidades, permitindo alta mais precoce sem comprometimento da qualidade assistencial.

O período 2020-2021 apresentou marcada elevação na taxa de óbitos, alcançando 86 óbitos (11,2% das internações), coincidindo com o pico da pandemia de COVID-19 no Brasil. Esta taxa representa aumento de aproximadamente 75% comparado à média de outras épocas (6,7%). Esse achado é compatível com dados nacionais que demonstraram impacto desproporcional da COVID-19 em populações idosas, especialmente em homens com comorbidades crônicas, incluindo hipertensão arterial, diabetes mellitus e doenças cardiovasculares. Após 2021, a taxa de óbitos retornou aos patamares pré-pandemia (6,1% em 2021-22 e 6,3% em 2022-23), sugerindo que os óbitos elevados foram específicos do período pandêmico e não representam tendência duradoura de aumento de mortalidade.

A idade média dos militares internados permaneceu relativamente estável ao longo dos





períodos, variando entre 67 e 70 anos, sugerindo consistência demográfica na utilização de serviços hospitalares. Esse perfil etário é consistente com expectativas para população veterana de instituição de segurança pública que ingressou em carreira profissional há várias décadas.

Tabela 3 – Internações hospitalares e óbitos (2018-2023)

Período	Internações	Óbitos	Taxa óbitos (%)	Idade média	Permanência média
2018-2019	788	52	6,6%	68 anos	11 dias
2019-2020	732	58	7,9%	70 anos	10 dias
2020-2021	768	86	11,2%	67 anos	10 dias
2021-2022	803	49	6,1%	67 anos	9 dias
2022-2023	822	52	6,3%	68 anos	7 dias
Total/Média	3.913	297	7,6%	68 anos	9,4 dias

Fonte: Hospital Central Aristacho Pessoa / Diretoria Geral de Saúde, CBMERJ, 2023.

O presente estudo apresenta as principais patologias motivadoras de reforma, documentadas pelo Centro de Perícias Médicas do CBMERJ, obedecendo ao critério baseado na Classificação Internacional de Doenças (CID-10). Durante o período compreendido entre janeiro de 2019 e novembro de 2023, foram registradas 109 reformas por motivo de doença em bombeiros militares do CBMERJ.

As patologias psiquiátricas foram responsáveis por 38,5% das reformas (42 casos), destacando-se esquizofrenia paranoide, transtorno depressivo recorrente com episódios graves, transtornos mentais devidos ao uso de substâncias psicoativas, ansiedade generalizada e transtorno obsessivo-compulsivo. Estes achados sugerem impacto significativo do estresse ocupacional crônico característico da profissão de bombeiro militar, onde exposição frequente a situações traumáticas, alto nível de pressão e responsabilidade podem contribuir para desenvolvimento e agravamento de transtornos mentais.

Neoplasias representaram 32,1% das reformas (35 casos), incluindo neoplasias de diversos sítios primários, particularmente pulmão, próstata, estômago e cólon. Essa prevalência elevada de neoplasias pode estar relacionada a exposições ocupacionais durante a carreira profissional, incluindo exposição a tóxicos, radiação térmica, inalação de fumaça e outros agentes potencialmente carcinogênicos aos quais bombeiros militares são expostos rotineiramente.

Patologias cardiológicas representaram 25,7% das reformas (28 casos), principalmente





hipertensão arterial sistêmica descontrolada, insuficiência cardíaca congestiva e arritmias cardíacas. Essas condições estão fortemente relacionadas a estresse ocupacional crônico, sobrepeso/obesidade, sedentarismo relativo ao envelhecimento, e exposição a ambientes com temperaturas extremas.

A análise combinada evidencia que 96,3% de todas as reformas por motivo de doença (105 de 109 casos) concentram-se em apenas três especialidades (Psiquiatria, Oncologia e Cardiologia), reforçando a oportunidade para implementação de intervenções preventivas específicas e direcionadas nestas áreas. As patologias reumatológicas, embora representem apenas 1,8% das reformas, incluem espondilite anquilosante, condição que frequentemente acomete homens jovens com até 50 anos de idade, grupo que constitui parcela significativa do efetivo de bombeiros militares em atividade.

Tabela 4 – Principais patologias motivadoras de reforma (2019-2023)

Especialidade	Patologias principais	Militares reformados	Percentuais
Psiquiatria	Esquizofrenia, transtorno depressivo, transtornos por substâncias, ansiedade, TOC	42	38,5%
Oncologia	Diversos sítios primários (pulmão, próstata, estômago, cólon)	35	32,1%
Cardiologia	Hipertensão primária, insuficiência cardíaca, arritmias	28	25,7%
Reumatologia	Espondilite anquilosante	2	1,8%
Endocrinologia	Diabetes mellitus descompensado	1	0,9%
Neurologia	Demência/AVC	1	0,9%
Total	—	109	100,0%

Fonte: Centro de Perícias Médicas, CBMERJ, 2023.

Os custos relacionados aos exames complementares e consultas proporcionados pelo CBMERJ aos militares, incluindo exames laboratoriais e de imagem, bem como consultas médicas e odontológicas, tratamentos de alta complexidade e internações hospitalares estão descritos a seguir. Acrescenta-se que o presente estudo não inclui o custo do exame de audiometria, visto que o referido exame é indicado apenas aos militares mergulhadores e guarda-vidas em atividade nesta Corporação. Ressalta-se que os dados de custo dos exames e das internações hospitalares foram solicitados à Diretoria Geral de Saúde e na ausência de disponibilidade dos mesmos, foram extraídos do SIA/SUS – DATASUS.





Tabela 5 – Custos de exames e consultas de inspeção de saúde (sexo masculino e feminino)

Exame	Sexo Masculino	Sexo Feminino
Eletrocardiograma	R\$ 5,15	R\$ 5,15
Mamografia bilateral para rastreamento	-	R\$ 45,00
Radiografia de tórax (PA e Perfil)	R\$ 9,50	R\$ 9,50
Radiografia panorâmica de face	R\$ 9,03	R\$ 9,03
Hemograma completo	R\$ 4,11	R\$ 4,11
Glicose	R\$ 1,85	R\$ 1,85
Uréia	R\$ 1,85	R\$ 1,85
Creatinina	R\$ 1,85	R\$ 1,85
Ácido úrico	R\$ 1,85	R\$ 1,85
Colesterol Total	R\$ 1,85	R\$ 1,85
Triglicerídeos	R\$ 3,51	R\$ 3,51
HDL	R\$ 3,51	R\$ 3,51
Sangue oculto nas fezes	R\$ 1,65	R\$ 1,65
EAS (elementos anormais do sedimento)	R\$ 3,70	R\$ 3,70
PSA (antígeno prostático específico)	R\$ 16,42	-
Colpocitologia oncótica	-	R\$ 14,37
Consulta médica em atenção especializada	-	R\$ 10,00
Consulta médica em saúde do trabalhador	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Consulta odontológica	R\$ 6,30	R\$ 6,30
Total	R\$ 82,13	R\$ 135,08

Fonte: Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e Órteses/Próteses e Materiais Especiais do SUS (SIGTAP), 2023.



Tabela 6 – Custos de internações hospitalares/tratamentos de alta complexidade

INTERNAÇÃO/ TRATAMENTO	CUSTO
Tratamento de síndrome coronariana aguda	R\$ 325,08
Tratamento de insuficiência cardíaca	R\$ 699,46
Tratamento de infarto agudo do miocárdio	R\$ 588,12
Tratamento de crise hipertensiva	R\$ 189,67
Tratamento de acidente vascular cerebral – AVC (isquêmico ou hemorrágico)	R\$ 463,21
Tratamento de diabetes mellitus	R\$ 360,80
Tratamento de outras doenças do aparelho respiratório	R\$ 480,87
Diária de Unidade de Terapia Intensiva de adulto UTI I	R\$ 139,00
Diária de Unidade de Terapia Intensiva de Adulto UTI II	R\$ 600,00
Diária de Unidade de Terapia Intensiva de Adulto UTI III	R\$ 700,00

Fonte: Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e Órteses/Próteses e Materiais Especiais do SUS

4. DISCUSSÃO

O presente trabalho analisou compreensivamente os indicadores de entrada e efetivo total de veteranos; o perfil dos veteranos consultados; os indicadores de desempenho dos serviços de saúde do CBMERJ prestados aos veteranos; os indicadores de saída do sistema de saúde do CBMERJ; os custos de exames e consultas relacionados à inspeção de saúde, com o objetivo de analisar como a implementação de avaliações sistemáticas do estado de saúde dos bombeiros militares veteranos pode proporcionar melhoria na qualidade de vida e aumento da longevidade destes militares.

Em outubro de 2023, o CBMERJ dispunha de um quantitativo predominante de subtenentes (53,2%), seguidos de primeiros sargentos (8%) e coronéis (7,3%). O perfil apresentado justifica-se pela estrutura hierárquica desta Corporação, onde a base operacional é constituída por praças em diferentes graduações. A predominância masculina (97%) reflete a história institucional da Corporação, embora seja importante notar que a incorporação de mulheres vem ocorrendo de forma crescente nos últimos anos, ainda que em menor proporção.

No que tange ao quantitativo de bombeiros militares consultados no período estudado, compreendido entre os anos de 2018 e 2023, observou-se a predominância dentre as especialidades estudadas, de militares assistidos pela Cardiologia (21,8%), Urologia (17,8%) e Clínica Médica (13%). Ressalta-se, portanto, a representatividade neste cenário, de especialidades que contemplam o cuidado a patologias assistidas pela atenção primária à saúde e





pelo cuidado preventivo.

Este padrão de distribuição de consultas reflete apropriadamente o perfil epidemiológico esperado para população predominantemente masculina, envelhecida, que foi exposta a condições de trabalho estressantes ao longo de suas carreiras profissionais. As doenças cardiovasculares constituem a principal causa de morte em homens idosos globalmente, justificando a alta demanda por avaliações cardiológicas. Similarmente, a alta prevalência de condições urológicas em homens idosos, particularmente hiperplasia prostática benigna, reflete mudanças fisiológicas associadas ao envelhecimento masculino.

Tratando-se das consultas ambulatoriais prestadas aos bombeiros militares veteranos, observa-se o mesmo cenário, no que tange à relevância das especialidades contempladas pela assistência primária à saúde, consistindo dentre as especialidades estudadas, as que apresentaram o maior quantitativo de consultas prestadas aos bombeiros militares veteranos, a Cardiologia (19,8%), a Urologia (17,3%) e a Clínica Médica (13,2%). A proporção de 1,65 consultas por veterano consultado na especialidade de Cardiologia sugere que pacientes cardiopatas requerem acompanhamento regular e frequente para otimização de terapias medicamentosas e monitoramento de potenciais complicações. Adicionalmente, o fato de 82,9% dos veteranos utilizarem o sistema de saúde do CBMERJ indica dependência substantiva dos serviços institucionais para continuidade de cuidados. A ausência de seguros de saúde privados em 60,2% dos respondentes reforça essa dependência, sugerindo que a Corporação se constitui na principal fonte de acesso a cuidados de saúde para a maioria dos veteranos. Esse achado enfatiza a responsabilidade institucional em prover serviços de qualidade e acessibilidade adequada.

No âmbito dos indicadores de saída do sistema de saúde do CBMERJ, no que tange às internações hospitalares e óbitos, observou-se o maior quantitativo de internações no período compreendido entre setembro de 2022 e setembro de 2023. Este achado provavelmente reflete o envelhecimento progressivo da população veterana, com aumento consequente de comorbidades descompensadas. A redução consistente no tempo médio de permanência hospitalar (de 11 para 7 dias) é animadora, sugerindo melhoria na eficiência hospitalar sem aparente comprometimento da qualidade assistencial.

Enquanto os óbitos prevaleceram no período compreendido entre setembro de 2020 e setembro de 2021, período coincidente com pico da pandemia de COVID-19 no Brasil, ressalta-se ainda o cenário em que se encontrava o Brasil e o mundo no ano de 2020. A elevação abrupta na taxa de mortalidade durante este período (11,2% vs. 6,7% em períodos não-pandêmicos) reforça o impacto devastador da COVID-19 em populações vulneráveis. O retorno aos patamares pré-pandemia após 2021 sugere que a epidemia viral foi fator determinante nas mortes excedentes, não refletindo deterioração crônica no estado de saúde da





população.

Já tratando-se das reformas motivadas por doença, observou-se a predominância de patologias contempladas pelas especialidades de Psiquiatria, Oncologia e Cardiologia. Esse achado reflete um cenário preocupante onde condições potencialmente preveníveis ou evitáveis (no caso de neoplasias com detecção precoce) constituem-se as principais razões para afastamento permanente de militares.

Explorando-se as patologias psiquiátricas como relevantes motivadoras de reformas na Corporação, ressalta-se a relevância de esquizofrenia paranoide, transtorno depressivo recorrente com episódios severos, e transtornos mentais comportamentais devidos ao uso de substâncias psicoativas. O fato de transtornos psiquiátricos representarem quase 39% de todas as reformas sugere que exposição crônica a estresse ocupacional na profissão de bombeiro militar pode condicionar o adoecimento mental significativo. Esse achado alinha-se com literatura internacional que demonstra elevadas taxas de transtornos psiquiátricos em profissionais de segurança pública.

Sob a perspectiva dos custos, ressalta-se que a realização de inspeção de saúde, comparados aos custos de tratamentos prolongados e internações hospitalares, demonstra evidente benefício da sistematização de verificações periódicas do estado de saúde dos militares. A relação custo-benefício de 0,14:1 é altamente favorável, sugerindo que investimentos modestos em prevenção podem gerar economias significativas em despesas com tratamento e reabilitação.

Propõe-se a implementação de arranjo institucional utilizando-se da metodologia 5W2H para sistematizar planejamento tático operacional. A criação do núcleo de atenção à saúde do bombeiro militar veterano consistirá em uma ferramenta de sistematização da assistência primária à saúde prestada aos bombeiros militares veteranos, melhorando qualidade de vida e aumentando longevidade mediante identificação precoce de condições críticas de saúde física e mental.

5. CONCLUSÃO

Este estudo propôs-se a analisar qual seria o impacto da implementação de arranjo institucional que compreenda atenção à saúde do bombeiro militar veterano na perspectiva da prevenção, visando melhoria da qualidade de vida e aumento da longevidade destes militares.

Os resultados buscaram construir conjunto de indicadores que permitisse analisar como a manutenção de programa de monitoramento do estado de saúde durante período de inatividade poderia contribuir para melhoria da qualidade de vida e aumento da longevidade dos bombeiros militares veteranos, bem como para redução de gastos do Sistema de Saúde do CBMERJ.





Destaca-se a pronta disponibilidade de informações concedidas pela Diretoria Geral de Veteranos e Pensionistas, Diretoria Geral de Pessoal, Assessoria de Informática, Hospital Central Aristacho Pessoa, Centro de Perícias Médicas e Diretoria Geral de Odontologia. Propõe-se inicialmente a incorporação do boletim epidemiológico como ferramenta de apresentação sistematizada de resultados referentes aos serviços de saúde prestados pelo CBMERJ aos bombeiros militares veteranos. Sugere-se periodicidade anual de elaboração e divulgação do referido boletim. As percepções das Diretorias envolvidas ressaltam a alta relevância da implementação do núcleo, face às morbidades que usualmente acometem os Bombeiros Militares quando passam para a inatividade. Verifica-se que mesmo sendo facultativo, acredita-se que os veteranos irão optar por fazer as avaliações. Na perspectiva da prevenção odontológica, o núcleo de atenção à saúde dos bombeiros militares veteranos pode desenvolver ações na promoção do envelhecimento saudável, oferecendo diversos serviços como exames de rotina, orientação sobre higiene bucal e procedimentos preventivos. Diante do que foi amplamente comprovado através da abundância de informações obtidas por meio de busca ativa de dados e pesquisa de campo, almejamos que este estudo possa constituir em ferramenta de melhoria da qualidade de vida e aumento da longevidade dos gloriosos soldados do fogo, que cumpriram a nobre missão de vidas alheias e riquezas salvar.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Todos são militares do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Primary health care: a joint report by the Director-General of the WHO and the President of the World Bank. Geneva: WHO; 1978.
2. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. Política Nacional de Atenção Primária à Saúde. Brasília: MS; 2017.
3. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2021/2022: população residente por grupos etários. Rio de Janeiro: IBGE; 2023.
4. Brasil. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União, Brasília, 15 ago. 2018.
5. Organização das Nações Unidas. Assembleia Geral. Década do Envelhecimento Saudável 2020-2030. Nova York: ONU; 2020.





6. Lima MBD, Carvalho MS, Giugliani ER. Custo direto de internações hospitalares por condições sensíveis à atenção primária em idosos. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. 2022;25:e220028.
7. Mendes EV. O cuidado das condições crônicas na atenção primária à saúde: o imperativo da consolidação da estratégia da saúde da família. Brasília: OPAS; 2012.
8. Brasil. Decreto nº 7.508, de 28 de junho de 2011. Regulamenta a Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, para dispor sobre a organização do Sistema Único de Saúde - SUS. *Diário Oficial da União*, Brasília, 29 jun. 2011.
9. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro. Norma Interna de Armamentos do Comando-Geral. ICG 2-1/CBMERJ. Rio de Janeiro: CBMERJ; 2023.
10. Machado ABM, Lima FV, Vieira GP. Epidemiologia de óbitos de bombeiros militares do Rio de Janeiro. *Revista Científica Soldado do Fogo*. 2016;8(2):45-62.
11. Brasil. Lei nº 10.826, de 22 de dezembro de 2003. Estatuto do Desarmamento. *Diário Oficial da União*, Brasília, 23 dez. 2003.
12. Matus C. Política, planejamento e governo. São Paulo: EDIÇÕES IPLAN; 1996.
13. Fernandes JAL, Araújo PMR. Planejamento estratégico situacional em saúde e avaliação da qualidade de serviços. *Revista Administração em Saúde*. 2019;19(75):12-28.
14. Ministério da Saúde. Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e Órteses/Próteses e Materiais Especiais. SIA/SUS-DATASUS. Brasília: MS; 2023.
15. Associação Brasileira de Editores Científicos. Diretrizes para Autores de Trabalhos Científicos. São Paulo: ABEC; 2020.





Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de dezembro de 2025

Procedimentos utilizados para o atendimento das emergências envolvendo agentes biológicos e toxinas

Autores:

Rafael Borges Dantas

Graduado em Enfermagem pela Universidade Veiga de Almeida

Instituição: CBMERJ

E-mail: rafaelbdantasenf@gmail.com

Thiago Alves Cavalcante

Mestre em Enfermagem pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Instituição: CBMERJ

E-mail: thiago777@yahoo.com.br

Marcelo Sergio da Fonseca Martins

Graduado em Enfermagem Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Instituição: CBMERJ

E-mail: msfmmartins@yahoo.com.br



SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
REVISTA CIENTÍFICA SOLDADO DO FOGO

**PROCEDIMENTOS UTILIZADOS PARA O ATENDIMENTO DAS
EMERGÊNCIAS ENVOLVENDO AGENTES BIOLÓGICOS E TOXINAS**

Rafael Borges Dantas^{1*} Thiago Alves Cavalcante² Marcelo Sergio da Fonseca Martins³

¹Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: rafaelbdantasenf@gmail.com.
ORCID: 0009-0008-4159-178X Autor correspondente*

²Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: thiago777@yahoo.com.br.
ORCID: 0009-0006-8691-4285

³Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: msfmmartins@yahoo.com.br.
ORCID: 0009-0002-7959-7075

RESUMO: O estudo tem como objetivo identificar as práticas e procedimentos adotados em atendimentos para garantir a eficácia e a segurança nas operações de emergência envolvendo agentes biológicos e toxinas. Os resultados mostram que o atendimento a eventos com riscos biológicos requer a utilização rigorosa de equipamentos de proteção individual adequados às condições do incidente. A pesquisa também destaca os desafios enfrentados, como a escassez de equipamentos, a necessidade de comunicação entre as diferentes agências envolvidas e a importância da formação dos profissionais. Conclui-se que a padronização dos protocolos de biossegurança e o treinamento constante das equipes são cruciais para a eficiência no atendimento de emergências biológicas e que no momento existe um hiato nesse campo a serem sanadas. A pesquisa aponta para a necessidade de maior investimento em infraestrutura e tecnologias, de forma a melhorar a capacidade de resposta. Além disso, a integração é fundamental para a proteção da saúde pública e a minimização dos riscos envolvidos em eventos com agentes biológicos.

Palavras-chave: Risco biológico; Biossegurança; Bombeiros militares; Material perigoso; EPI.

ABSTRACT: This study aims to identify the practices and procedures adopted in emergency response to ensure effectiveness and safety in operations involving biological agents and toxins. The results show that responding to events with biological risks requires the rigorous use of personal protective equipment appropriate to the incident conditions. The research also highlights the challenges faced, such as the scarcity of equipment, the need for communication between the different agencies involved, and the importance of professional training. It concludes that the standardization of biosafety protocols and the constant training of teams are crucial for efficiency in responding to biological emergencies, and that there is currently a gap in this field that needs to be addressed. The research points to the need for greater investment in infrastructure and technologies to improve response capacity. Furthermore, integration is fundamental for protecting public health and minimizing the risks involved in events with biological agents.

Keywords: Biological risk; Biosafety; Military firefighters; Hazardous material; PPE.





1. INTRODUÇÃO

Existem inúmeros agentes biológicos que apresentam elevado potencial de risco para a saúde humana e animal devido à sua virulência e sua capacidade de disseminação, e potencial para causar doenças graves e até mesmo letais. Entre esses agentes, destacam-se os vírus: Ebola (*Sudan ebolavirus*, *Zaire ebolavirus*); Lassa (*Lassamamarenavirus*); Marburg (*Marburg marburgvirus*); *Brazilian mamarenavirus* (mamarenavirus brasileiro, anteriormente conhecido como *Sabiá mamarenavirus*)¹.

Além desses vírus, temos como exemplo doenças causadas por bactérias tais como a bactéria antraz (esporos do *Bacillus anthracis*), o bacilo da peste bubônica ou peste negra (*Yersinia pestis*), o *Clostridium botulinum*, que produz a toxina botulínica, entre outros.

No segmento vegetal temos como exemplo a ricina, que é uma proteína presente nas sementes da planta denominada mamona (*Ricinus communis L.*), considerada uma das mais potentes toxinas de origem vegetal conhecida (mil vezes mais tóxica que o cianeto). Essa proteína é classificada dentro de um grupo especial de proteínas denominadas RIPs (do inglês *Ribosome-Inactivating-Proteins*), ou proteína inativadora de ribossomos.

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) um agente biológico é qualquer microrganismo, célula ou qualquer outra forma de vida ou substância capaz de produzir efeitos adversos à saúde humana, animal ou ao meio ambiente. Esses agentes incluem: bactérias, vírus, fungos, protozoários, parasitas, toxinas de origem biológica e prion². De acordo com o *Emergency Responder Health and Safety Manual*³ fazem parte microrganismos naturais e novos microrganismos criados em laboratório. Alguns podem ser transformados em armas e disseminados pelo ar (como o antraz em aerossol), e alguns agentes são intencionalmente modificados para serem resistentes a vários antibióticos.

A disseminação dessas toxinas e agentes biológicos pode ocorrer de diversas maneiras, como por contato direto com pessoas infectadas, por via respiratória através de aerossóis contaminados ou por meio de água e alimentos contaminados.

A atuação do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) em eventos envolvendo risco biológico é de extrema importância para a sociedade, sendo a primeira resposta para a preservação da saúde pública⁴. Nesse sentido, a criação de protocolos de biossegurança e biodefesa específicos para o atendimento dessas ocorrências mostra-se fundamental para garantir um serviço eficiente e seguro.





...os bombeiros podem ser a primeira força estatal a responder (*first responders*) tanto a emergências envolvendo produtos perigosos, quanto a emergências envolvendo agentes QBRN. E os bombeiros, internacionalmente, sejam civis ou militares, costumam denominar suas frações especializadas nesta resposta como Grupos de Operações com Produtos Perigosos (GOPP), referindo-se a hazmats. No Brasil, por exemplo, os corpos de bombeiros militares que possuem GOPP, como o do Estado do Rio de Janeiro, integraram a força de resposta aos eventos QBRN nos Grandes Eventos⁵.

O Corpo de Bombeiros tem como um dos conceitos basilares a prevenção e o preparo de seus profissionais para a nobre missão de defender a população. Neste sentido, o GOPP tem como missão:

Fornecer suporte técnico e operacional às atividades peculiares envolvendo Produtos Perigosos no âmbito do Estado do Rio de Janeiro, aos serviços de prevenção e extinção de incêndios, de busca e salvamento, atendimentos médicos e pré-hospitalares e outros sinistros que venham colocar em risco as pessoas e seus bens⁶.

Para o controle das consequências e mitigação dos danos diante da grave ameaça representada pelos agentes biológicos, é fundamental que o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) esteja preparado para atuar de forma eficiente e segura em emergências desta natureza. O estudo das publicações, em específico para eventos com risco biológico, é essencial para orientação e treinamento das ações dos Bombeiros Militares e garantir a eficácia das operações de primeira resposta. Portanto, o despreparo da tropa para atuar diante de ocorrências envolvendo risco biológico não é uma opção para esta Corporação.

O presente estudo tem como objetivo identificar os procedimentos utilizados para o atendimento emergencial em eventos envolvendo agentes biológicos, toxinas e venenos, a partir da literatura.

2. MÉTODOS

Trata-se de uma revisão bibliográfica, adotando uma abordagem qualitativa, exploratória-descritiva e de aspecto analítico. De acordo com Vergara⁷, a revisão bibliográfica envolve a análise abrangente da literatura existente sobre o tema, considerando manuais, artigos acadêmicos, dissertações e outras publicações relevantes. A metodologia foi dividida em quatro etapas principais: consulta a fontes e busca em bases de dados; coleta de dados; análise dos achados; síntese dos resultados.

Foram consultadas fontes que abordam temas como biossegurança e risco biológico, num recorte temporal de 2014 a 2024, além de manuais técnicos produzidos por instituições especializadas em produtos perigosos, como o Corpo de Bombeiros. Obras em português e inglês





foram priorizadas, desde que atualizadas e pertinentes ao atendimento emergencial em eventos com riscos biológicos, com foco nas práticas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ).

A busca pelas fontes foi realizada entre os dias 14 de agosto a 30 de outubro de 2024, e incluiu artigos científicos disponíveis nas seguintes bases de dados: SciELO; Google Scholar; LILACS; Arca - Fiocruz; PubMed. Os descritores utilizados foram: "biossegurança", "risco biológico", "bombeiros" e "produtos perigosos". Estes descritores foram utilizados em conjunto para alcançarmos publicações que possuíam associação e relevância para a atividade de bombeiro militar. A utilização de forma isolada ou parcial deles promoveria distanciamento do tema proposto.

A coleta de dados foi realizada seguindo estes procedimentos:

a) Realizou-se uma leitura exploratória dos títulos de todo o material selecionado, com uma leitura posterior dos resumos das pesquisas que indicaram relevância das obras para o estudo em questão.

b) Após a leitura exploratória, foi realizada uma leitura seletiva, que se concentrou de forma mais aprofundada nas seções efetivamente pertinentes ao tema proposto.

Os dados coletados foram analisados de forma qualitativa, com foco nos procedimentos emergenciais relacionados ao uso de agentes biológicos, toxinas e venenos. A leitura analítica buscou organizar e sintetizar as informações de modo a identificar as inter-relações entre os elementos estudados.

3. RESULTADOS

A revisão bibliográfica iniciou-se com uma busca estruturada em bases de dados utilizando os descritores “biossegurança”, “risco biológico”, “bombeiros” e “produtos perigosos”. Esses termos foram empregados de forma combinada para garantir aderência ao escopo, evitando o afastamento temático observado quando usados isoladamente. A busca resultou em 85 publicações, submetidas à triagem inicial por meio da leitura de títulos, resumos e, posteriormente, do texto completo. Ao final dessa etapa, foram selecionados 18 estudos diretamente relacionados à atuação do Corpo de Bombeiros em emergências envolvendo riscos biológicos.

Na fase de exploração sistemática do material, conduziram-se duas leituras complementares: a leitura exploratória, para o reconhecimento geral do conteúdo, e a leitura seletiva, direcionada às seções vinculadas aos procedimentos operacionais em emergências biológicas. Comprometida com a rigorosidade metodológica, essa etapa também envolveu a exclusão de duplicatas e de materiais desalinhados ao escopo, mantendo-se os 18 estudos





previamente identificados.

Em seguida, o referencial foi ampliado com a incorporação de manuais, legislações, normas e diretrizes técnicas relevantes, totalizando 50 documentos. Essa expansão foi decisiva para contextualizar historicamente o problema — especialmente considerando que a industrialização, a partir do século XVIII, embora tenha impulsionado avanços científicos, também intensificou a ocorrência de desastres e riscos associados a produtos perigosos em áreas como medicina, agricultura e indústria.

A fundamentação teórica do estudo ancorou-se em documentos de referência para gestão de riscos biológicos e operações com produtos perigosos. Entre eles, destaca-se o Manual de Operações com Produtos Perigosos do CBMERJ, essencial para padronizar procedimentos e diretamente relacionado à atuação do Grupamento de Operações com Produtos Perigosos (GOPP), criado em 2003 como a primeira unidade brasileira especializada em respostas a emergências envolvendo substâncias perigosas⁶. A colaboração do GOPP com órgãos como INEA, IBAMA e Defesa Civil reforça a importância de diretrizes técnicas integradas. Foram também considerados protocolos e manuais de outras corporações militares estaduais^{8,9,10}, ampliando a perspectiva nacional sobre riscos biológicos.

No âmbito internacional, foram incorporados os Guias de Consulta Rápida e o National Response Framework (NRF)¹¹, ambos desenvolvidos pelo National Response Team (NRT) dos Estados Unidos — um consórcio de 15 agências federais, incluindo EPA e Guarda Costeira, responsável pela coordenação de respostas a incidentes envolvendo substâncias perigosas, poluentes e armas de destruição em massa. O NRF fornece um framework organizado para respostas interagências em emergências, com ênfase na padronização de procedimentos e na abordagem de riscos biológicos e toxinas.

A análise teórica foi enriquecida pelos documentos da Organização Mundial da Saúde (OMS), cuja atuação desde 1948 oferece um referencial internacional robusto para a biossegurança. O *Laboratory Biosafety Manual*¹² (1ª edição em 1983; revisado em 2023) introduz uma abordagem situacional baseada em riscos, aplicável a operações QBRN conduzidas por equipes hazmat. O *Risk Assessment Manual* da OMS complementa esse arcabouço com diretrizes sobre classificação de riscos, amostragem, contenção, desinfecção e descontaminação — elementos fundamentais para ações de campo realizadas por bombeiros. A OMS também reforça a importância da comunicação e coordenação interagências¹³, uma dimensão crítica para respostas em emergências biológicas.

Por fim, o *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories* (BMBL)¹⁴, produzido pelo Centers for Disease Control and Prevention (CDC), serviu como referência global essencial. A 6ª edição, publicada em 2020, fornece requisitos detalhados para o manejo





seguro de agentes biológicos perigosos e orienta práticas aplicáveis à realidade operacional dos bombeiros, garantindo maior segurança e eficácia durante incidentes que envolvem riscos biológicos.

O conjunto de 50 publicações, resultante do processo de busca, triagem e ampliação do referencial teórico, sustentou os insights desenvolvidos neste estudo sobre biossegurança e gestão de riscos biológicos na atividade de resposta a emergências, especialmente no contexto da atuação de bombeiros militares e pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Síntese das Buscas Realizadas e Publicações Identificadas no período entre 2014 e 2024.
CBMERJ, Rio de Janeiro, 2024.

Base de dados/total de artigos identificados	Google Scholar	Arca	PUBMED	LILACS	SciELO	Total
Resultados da busca	68	17	0	0	0	85
Número de duplicadas	05	02	0	0		07
	0					
Número de trabalhos excluídos considerando critérios pré-estabelecidos	56	11	0	0		67
	0					
Total de publicações selecionadas	12	06	0	0	0	18

Fonte: Própria. Protocolo de pesquisa.

A leitura das 50 referências selecionadas revelou quatro eixos centrais. Primeiro, um conjunto consistente de protocolos operacionais voltados ao manejo seguro de agentes biológicos, incluindo orientações sobre EPIs, transporte de vítimas, descontaminação e descarte. Segundo, uma forte ênfase na formação e capacitação, destacando a necessidade de inserir biossegurança e resposta a emergências biológicas no currículo do bombeiro. Terceiro, a identificação de desafios e oportunidades, como limitações de recursos, carência de integração interagências e possibilidades de fortalecimento de protocolos e campanhas educativas. Por fim, emergiram discussões sobre inovações tecnológicas, reforçando que a atualização contínua das práticas é indispensável diante de novas ameaças biológicas.

4. DISCUSSÃO

A síntese das evidências revelou 05 categorias, a saber: I- A Importância da Biossegurança e do Risco Biológico; II- A Atuação dos Bombeiros em Emergências Biológicas; III- Protocolos de Resposta e Normativas; IV- Desafios e Limitações; e V- Inovações Tecnológicas na Resposta a Emergências.

Estudos identificaram que a falta de protocolos adequados levou a um aumento nas ocorrências de acidentes com produtos biológicos nos últimos cinco anos e que na maior parte dos acidentes com materiais biológicos se dão durante a limpeza da viatura ou arrumação de





materiais de superfície¹⁵. A literatura indica que naqueles países onde existem diretrizes claras de biossegurança, como na Europa, há uma taxa significativamente menor de incidentes. Nos últimos dez anos, o aumento das emergências biológicas está relacionado à maior movimentação de mercadorias perigosas e à incidência de novos patógenos.

A análise dos dados reforça que o risco biológico no Atendimento Pré-Hospitalar (APH) é uma das questões que gera maior preocupação entre os trabalhadores, portanto há necessidade de implementação de protocolos eficazes de biossegurança, especialmente em contextos emergenciais¹⁶.

A revisão da literatura, como em Azevedo et al.¹⁷, demonstra que os bombeiros são frequentemente a primeira linha de resposta em situações de emergência envolvendo produtos perigosos. Uma pesquisa realizada por Palma¹⁸ aponta que apesar de sua relevância, o índice de profissionais das corporações de bombeiros que possuem treinamento específico em biossegurança é baixo ou tem uma carga horária pequena dentro do curso de formação inicial.

O treinamento especializado dos bombeiros é fundamental para mitigar os riscos de exposição a agentes biológicos, toxinas e substâncias perigosas. Além disso, protocolos de resposta rápida e o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) são apontados como as principais barreiras contra infecções e contaminações¹⁵.

A atuação dos bombeiros em emergências biológicas é um elemento crítico na resposta a incidentes de risco, dado seu papel como primeiros respondentes. No entanto, a disparidade entre a alta taxa de ocorrências e a falta de treinamento específico em biossegurança revela uma lacuna significativa na preparação dessas equipes. Apenas parte das corporações estando equipadas com formação adequada é preocupante, pois compromete a eficácia da resposta em situações que exigem ação rápida e informada (Freitas et al)¹⁹.

A Resolução ANTT nº 5.947/21 estabelece diretrizes para o transporte de produtos perigosos, incluindo agentes biológicos²⁰. O Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (SINITOX) registra os incidentes relacionados a produtos biológicos no Brasil, muitos dos quais poderiam ter sido mitigados com a aplicação adequada dessas diretrizes²¹.

Azevedo²² objetiva no estudo a validação de um protocolo que poderá ser utilizado como instrumento apropriado para possibilitar o fortalecimento da capacidade de atuação dos bombeiros militares nos eventos de bioterrorismo.

Além disso, a eficácia dos protocolos discutidos destaca a necessidade de um treinamento contínuo e da atualização regular dos conhecimentos sobre EPIs e procedimentos de segurança. A implementação de protocolos internacionais é igualmente importante, pois permite a padronização das respostas e facilita a cooperação em nível global.





A revisão da literatura não evidenciou estudos que tratassem de aumento de investimentos e/ou em infraestrutura e que isso "pode ser" um desafio à atuação dos bombeiros, podendo aumentar a exposição ao risco. Além disso, as falhas de resposta são frequentemente atribuídas à comunicação ineficaz entre as agências envolvidas.

A colaboração entre diferentes entidades é necessária em emergências, e a falta de um protocolo de comunicação claro pode resultar em confusões e retrabalho, além de impactar a eficiência da resposta. Portanto, a implementação de sistemas de comunicação integrados e treinamentos conjuntos para as agências é fundamental para melhorar a coordenação nas operações.

Por fim, a carência de atualizações nas diretrizes e novos estudos que forneçam orientações sobre melhores práticas para a contenção de agentes biológicos destacam uma lacuna na literatura que precisa ser abordada.

Novas tecnologias têm sido incorporadas para otimizar a resposta emergencial, com intuito de possibilitar o monitoramento em tempo real de áreas de risco biológico, como o uso de sensores que detectam a presença de patógenos em ambiente contaminado. Além disso, a liberação ampla de um agente biológico pode contaminar extensas áreas, demandando considerável tempo e grandes investimentos de recursos para que a região seja restaurada. Há uma variedade de ferramentas e modelos de apoio à decisão disponíveis para autoridades, especialistas e equipes de resposta, que auxiliam na tomada de decisões mais precisas e eficientes, além de melhorar o planejamento, a articulação entre as equipes e as ações de remediação²³.

Além disso, a evolução tecnológica e o uso de ferramentas avançadas podem contribuir de forma significativa para uma análise mais precisa, rápida e abrangente de grandes volumes de dados, especialmente em situações de emergência que exigem respostas imediatas e fundamentadas. A incorporação de softwares de modelagem, sistemas de monitoramento em tempo real, sensores inteligentes e plataformas de gestão integrada tende a fortalecer a capacidade operacional das equipes²⁴. Nesse contexto, a integração de novas tecnologias e a adoção de práticas consolidadas no cenário internacional podem ampliar de maneira expressiva a eficiência do Corpo de Bombeiros na identificação, avaliação e resposta a eventos críticos, assegurando maior precisão na tomada de decisões, melhor coordenação entre os agentes envolvidos e redução de riscos à população e ao meio ambiente.

5. CONCLUSÃO

A revisão da literatura apresentada nesta pesquisa evidencia a crescente relevância da biossegurança e do manejo de riscos biológicos nas operações de emergência realizadas pelo





Corpo de Bombeiros. Ao retomar a questão central — "Quais são as práticas e os procedimentos utilizados para o atendimento em eventos envolvendo agentes biológicos?" — fica claro que essas situações exigem abordagens altamente especializadas, que combinam prontidão técnica, protocolos baseados em evidências científicas e o cumprimento rigoroso de normas de segurança.

A análise das publicações revisadas aponta para a necessidade de práticas robustas de biossegurança, uso adequado de EPIs, implementação de novas tecnologias e adesão a normativas. Essas medidas são essenciais para garantir a segurança tanto dos profissionais quanto da população em situações de emergência biológica.

Conclui-se que, a evolução contínua das práticas, a implementação das descobertas de pesquisas recentes e o fortalecimento da cooperação entre instituições públicas e privadas são fundamentais para promover um ambiente mais seguro e preparado. Este estudo oferece uma base sólida para futuras pesquisas e ações práticas, com o objetivo de aprimorar ainda mais os protocolos de biossegurança, capacitação profissional e resposta emergencial, contribuindo para um sistema de atendimento mais eficiente e seguro frente a riscos biológicos no Brasil.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Todos são militares do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. *Portaria GM/MS nº 3.398, de 7 de dezembro de 2021*. Ministério da Saúde: Brasília; 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt3398_29_12_2021.html. Acesso em: 12 set. 2024.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 17069-1: Segurança em laboratórios de microbiologia – Parte 1: Requisitos de segurança para laboratórios que utilizam agentes biológicos*. Rio de Janeiro: ABNT; 2019.
3. National Institute for Occupational Safety and Health. *Emergency responder health and safety manual*. Washington: NIOSH; 2016. Disponível em: <https://www.phmsa.dot.gov/sites/phmsa.dot.gov/files/docs/ERG2016.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.
4. Mafra C. *Pensando uma infraestrutura estratégica nacional: o laboratório NB-4*. Visconde do





Rio Branco: Suprema Gráfica; 2020.

5. Coelho DN. *Emergências em Saúde Pública por Eventos Químicos, Biológicos, Radiológicos e Nucleares (QBRN) na Perspectiva de Inteligência Estratégica: Recomendações de Intersectorialidade na Segurança da Saúde e na Biodefesa*. Dissertação de Mestrado. Brasília: Fundação Oswaldo Cruz; 2017.

6. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro. *Manual de Operações com Produtos Perigosos*. Rio de Janeiro: CBMERJ; 2019.

7. Vergara SC. *Métodos de pesquisa em administração*. São Paulo: Atlas; 2005.

8. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Comando Operacional. Grupamento de Atendimento de Emergência Pré-Hospitalar. *Manual de Atendimento Pré-Hospitalar do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal*. Brasília: CBMDF; 2022.

9. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. *Manual Operacional de Bombeiros: Resgate Pré-hospitalar*. Goiânia: CBMEG; 2016.

10. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. *Manual de Produtos Perigosos*. Florianópolis: CBMSC; 2020.

11. National Response Team. *National Response Framework*. Washington: NRT; 2024. Disponível em: [https://www.nrt.org/Main/Resources.aspx?ResourceType=Hazards%20\(Oil,%20Chemical,%20Radiological,%20etc\)&&ResourceSection=2&Category=Chemical](https://www.nrt.org/Main/Resources.aspx?ResourceType=Hazards%20(Oil,%20Chemical,%20Radiological,%20etc)&&ResourceSection=2&Category=Chemical). Acesso em: 23 out. 2024.

12. World Health Organization. *Laboratory biosafety manual, Risk assessment*. 4. ed. Genebra: WHO; 2020.

13. Organização Mundial da Saúde. *Comunicação de risco em emergências de saúde pública*. Genebra: OMS; 2021. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/259807/9789248550201-por.pdf>. Acesso em: 23 set. 2024.

14. Centers for Disease Control and Prevention. *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (BMBL), 6th Edition*. Atlanta: CDC; 2020. Disponível em: https://www.cdc.gov/labs/pdf/SF_19_308133-A_BMBL6_00-BOOK-WEB-final-3.pdf. Acesso em: 19 set. 2024.

15. Bertelli C, Martins BR, Reuter CP, Krug SBF. Acidentes com material biológico: fatores associados ao não uso de equipamentos de proteção individual no Sul do Brasil. *Rev Ciência & Saúde Coletiva*. 2023; 28:789-801.





16. Mota LM, Oliveira MD. *Principais riscos vivenciados pelo enfermeiro emergencista ao realizar o Atendimento Pré-hospitalar (APH): uma revisão integrativa*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Enfermagem). Brasília: UNICEPLAC; 2019.
17. Azevedo AP, Cohen SC, Cardoso TAO. Bioterrorismo: capacitar para responder. *Rev Saúde em Debate*. 2022; 46(133):806-817. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/Q3Jj3pSfnGjOGbTsrmHZYg/>. Acesso em: 18 set. 2024.
18. Palma ATC. *Biossegurança dos socorristas do Batalhão de Bombeiros de Emergências Médicas: preventiva da contaminação*. Monografia (Graduação) – Curso de Formação de Oficiais Bombeiro Militar. São Luís: UEMA; 2019.
19. Freitas KO, Martins MGT, Silva IMSA, et al. Atendimento a saúde por bombeiros: dificuldades encontradas que implicam na assistência a população. *Rev Fund Care Online*. 2019;11(n.esp):317-323. DOI: <http://dx.doi.org/10.9789/2175-5361.2019.v11i2.317-323>. Acesso em: 21 set. 2024.
20. Agência Nacional de Transportes Terrestres. *Resolução nº 5.947, de 21 de maio de 2021*. Dispõe sobre as instruções complementares ao regulamento terrestre do transporte de produtos perigosos. Brasília: ANTT; 25 de maio de 2021. Disponível em: https://anttlegis.antt.gov.br/action/ActionDatalegis.php?acao=detalharAto&tipo=RES&numeroAto=00005947&seqAto=000&valorAno=2021&orgao=DG/ANTT/MI&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod_menu=5408&cod_modulo=161&pesquisa=true. Acesso em: 09 out. 2024.
21. Fundação Oswaldo Cruz. Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas. *Dados de intoxicação*. Brasília: Fiocruz; 2024. Disponível em: <https://sinitox.icict.fiocruz.br/dados-nacionais>. Acesso em: 05 out. 2024.
22. Azevedo APCB. *Desenvolvimento e validação de um instrumento de avaliação das condições de biossegurança nas ações dos bombeiros militares frente a um evento de bioterrorismo*. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz; 2020.
23. United States Environmental Protection Agency. *Biological response tools*. Washington: EPA; 2021. Disponível em: <https://www.epa.gov/emergency-response-research/biological-response-tools>. Acesso em : 20 set. 2024
24. United States Environmental Protection Agency. *EPA's Emergency Responder Health and Safety Manual*. Washington: EPA; 2024. Disponível em: <https://response.epa.gov/healthsafetymanual/manual-index.htm>. Acesso em: 19 set. 2024.





Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de dezembro de 2025

Estudo do impacto financeiro da utilização de energia fotovoltaica nas unidades do CBMERJ e da SEDEC

Autores:

Diogo Gonçalves Pécora

Graduado em Fisioterapia pela Universidade Estácio de Sá

Instituição: CBMERJ

E-mail: diogopecora@yahoo.com.br

Leandro Gomes Ernesto da Silva

Graduado em Eng. Civil pela Estácio de Sá e Administração Pública pela Universidade Federal Fluminense

Instituição: CBMERJ

E-mail: leogesilva@gmail.com

Vinícius dos Santos Lacerda

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estácio de Sá

Instituição: CBMERJ

E-mail: v.lacerda1379@gmail.com



SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
REVISTA CIENTÍFICA SOLDADO DO FOGO

ESTUDO DO IMPACTO FINANCEIRO DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA FOTVOLTAICA NAS UNIDADES DO CBMERJ E DA SEDEC

Diogo Gonçalves Pécora^{1*} Leandro Gomes Ernesto da Silva² Vinícius dos Santos Lacerda³

¹Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: diogopecora@yahoo.com.br.

ORCID: 0009-0001-9998-3304 Autor correspondente*

²Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: leogesilva@gmail.com.

ORCID: 0009-0009-4849-2204

³Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: v.lacerda1379@gmail.com.

ORCID: 0009-0006-1349-2130

RESUMO: A energia solar fotovoltaica oferece uma forma simplificada de geração elétrica em comparação aos sistemas convencionais, proporcionando vantagens como redução de custos com transmissão e distribuição, menor impacto ambiental e incentivo ao desenvolvimento econômico, sustentável e social em instituições públicas, privadas e residências. Este trabalho analisa a viabilidade econômico-financeira da implantação de sistemas fotovoltaicos em edificações do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) e da Secretaria de Estado de Defesa Civil (SEDEC). Para isso, foram avaliados indicadores de viabilidade e estimado o tempo de retorno do investimento. A pesquisa delimitou-se a três Unidades de Bombeiros Militares, considerando os gastos de energia elétrica no ano de 2022. Foram aplicados os métodos de Payback simples e descontado, com projeção de fluxos de caixa e demonstrativos de resultado. Os resultados mostram que, pelo Payback simples, as instalações são economicamente viáveis, e pelo Payback descontado, embora o retorno seja mais longo, o investimento também se apresenta viável.

Palavras-chave: Viabilidade econômico-financeira. Energia solar, Sistema Fotovoltaico; Viabilidade; Custos

ABSTRACT: Photovoltaic solar energy offers a simplified form of electricity generation compared to conventional systems, providing advantages such as reduced transmission and distribution costs, lower environmental impact, and increased economic, sustainability, and social development for public institutions, private organizations, and households. This study analyzes the economic-financial feasibility of implementing photovoltaic systems in buildings belonging to the Military Fire Department of the State of Rio de Janeiro (CBMERJ) and the State Civil Defense Secretariat (SEDEC). To this end, feasibility indicators were evaluated, and the investment payback period was estimated. The research focused on three Military Fire Department Units, considering their electricity expenses in the year 2022. Simple Payback and Discounted Payback methods were applied, along with cash flow projections and income statements. The results show that, according to the Simple Payback method, the installations are economically viable, and based on the Discounted Payback method, although the return period is longer, the investment is also considered feasible.

Keywords: Economic-financial feasibility; Solar energy; Photovoltaic system; Feasibility; Costs





1. INTRODUÇÃO

O estudo proposto versa sobre a abordagem do uso de energia solar em edificações do CBMERJ, tendo como foco a viabilidade financeira desse sistema de geração de energia. A energia solar é considerada a fonte de energia em maior abundância no mundo, com fonte inesgotável e renovada diariamente. Para se ter uma ideia, em apenas uma hora, o sol fornece aproximadamente a energia consumida, por ano mundialmente¹.

Recentemente, observamos uma crise hídrica causada pela falta de água em reservatórios que abastecem as cidades e as usinas hidrelétricas com sistemas de geração de energia elétrica. Isso se deve principalmente à falta de chuvas em várias regiões do país, decorrente principalmente ao aquecimento global e às mudanças nas condições climáticas.

Essa defasagem de chuvas constantes e o aumento da temperatura global, acaba ocasionando uma diminuição dos níveis dos reservatórios de água desses sistemas. Logo, para atender às demandas de produção de energia, é necessário o fechamento de algumas comportas, o que reduz a quantidade de energia elétrica produzida por essas usinas.

Nesse sentido, o valor da tarifa de energia elétrica fornecida pelas diversas concessionárias de energia elétrica aumentou significativamente, principalmente durante as estiagens, quando o nível dos reservatórios de água é muito baixo e as usinas térmicas são acionadas para compensar a demanda da sociedade. Assim, a solução viável passa a ser a exploração de outras formas de produção de energia renovável, como por exemplo a eólica e a solar².

Atualmente, com o crescimento populacional e econômico tem-se verificado um aumento tecnológico, associado a uma dependência de materiais eletroeletrônicos, ocasionando a necessidade de incremento da capacidade energética. Desse modo, é essencial a busca por fontes de energia renováveis.

Diante destes fatores, as fontes renováveis de energia, em especial a energia eólica e a solar, ganham destaque no país. Aproveitando o potencial da energia solar, destacamos o uso de painéis solares, onde a energia luminosa emitida pelo sol é transformada diretamente em energia elétrica. Este sistema de produção de energia foi regulamentado no Brasil pela Resolução Normativa nº 482 publicada em abril de 2012, definindo as condições de acesso e regulamentando o sistema de compensação de energia elétrica³.

Dados fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica, demonstram que o Brasil superou 20 GW de potência instalada da fonte solar fotovoltaica. Esses números levam em



conta a capacidade de usinas de grande porte (geração centralizada) e de pequenos sistemas de geração própria (geração distribuída) ⁵.

Conforme a normativa ANEEL nº 482, de abril de 2012, o sistema de compensação de energia elétrica foi regulamentado, trazendo as condições gerais para a instalação de microgeração e minigeração distribuída de sistemas de distribuição de energia elétrica. Assim, os usuários podem gerar sua própria energia através do sistema solar com placas fotovoltaicas, reduzindo a dependência de concessionárias de energia elétrica⁵.

O Brasil conta com mais de 1,78 milhão de sistemas FV de geração própria desde 2012, ano em que houve o início da expansão da fonte no país, com a publicação da Resolução Normativa n.º 482. Somente no ano de 2023 já instalou mais de 150 mil sistemas de energia solar no segmento de micro e minigeração distribuída, segundo dados contabilizados pela Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica). Ainda de acordo com os dados da Aneel, foram mais de 1,48 GW acrescidos ao país somente em 2023 por meio da GD solar, que acumula 18,65 GW e mais de 200 mil UCs (unidades consumidoras) desde 2012.

Além de uma possível economia que pode ser obtida por meio desses coletores que venham a viabilizar as aplicações financeiras de sua instalação, é importante destacar que, no caso da energia fotovoltaica, o usuário deixa de ser consumidor, passando a ser autoprodutor de energia elétrica. Essa situação é bastante diferenciada, e nos remete a estudar a viabilidade de projetos especialmente no âmbito das organizações governamentais. Logo, a adoção dos painéis solares por parte do CBMERJ pode gerar economia e reverter em investimentos de equipamentos, viaturas e estruturas.

Esse questionamento de viabilidade econômica e financeira da instalação de um projeto de geração de energia solar fotovoltaica na Corporação, carece de resposta a essa problemática. Com isso, a importância do presente estudo em aplicar métodos de análise de viabilidade de projetos planejados e orçados para as edificações apresentadas no trabalho, de modo a obter indicadores que permitam averiguar o tempo de retorno do investimento proposto.

O crescimento constante da população, ocasiona o esgotamento de recursos naturais e um aumento dos níveis de poluição. Porém, o uso de energia elétrica é necessário para a realização de diversas atividades do nosso cotidiano, tanto nas edificações de atividades residenciais, comerciais e industriais, como também nos setores de órgãos públicos. Essas demandas de energia, em sua grande maioria, não são provenientes de fontes limpas e renováveis.





Diante deste cenário, e o reconhecimento real da necessidade de se utilizar energia gerada de forma limpa, a fim de preservar o meio ambiente, um dos grandes desafios da humanidade é o desenvolvimento de tecnologias que permitam a captação de energia através de fontes renováveis através da geração do sistema de placas fotovoltaicas⁶.

A instalação de sistemas fotovoltaicos em prédios de órgãos públicos pode contribuir na redução de gastos, e consequentemente colaborar na preservação do meio ambiente, tornando-se menos dependentes de concessionárias de energia⁷.

Além disso, observamos um aumento na aquisição e utilização de equipamentos eletroeletrônicos, o aumento do efetivo de militares ocupando as estruturas em suas atividades rotineiras, e consequentemente o crescimento e expansão de novas unidades da Secretaria de Estado de Defesa Civil - SEDEC e do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro - CBMERJ, gerando um alto custo com energia elétrica.

Nesse contexto, presenciamos grandes esforços realizados pelo Comando da Corporação em reduzir gastos com despesas correntes, principalmente com energia elétrica e consumo de água. Assim o presente trabalho visa responder as seguintes problemáticas: Qual o impacto econômico e financeiro para projetar, dimensionar e executar sistemas de energia fotovoltaica, considerando as barreiras e perspectivas, nas unidades do CBMERJ/SEDEC?

A energia solar é uma fonte de energia com grande potencial e que ainda pode ser muito explorada e aproveitada, pela população e principalmente pelos governantes. Além disso, trata-se de uma fonte de energia renovável e abundante, que pode atender toda a necessidade de energia de diversos setores.

O desenvolvimento do setor de geração e distribuição de energia elétrica teve como meta principal a sua disponibilização ao maior número de pessoas, tendo de ampliar ainda mais sua produção. Logo, passou a fazer parte dos planos das políticas públicas dentro da Administração Pública⁸.

Logo, cabe ao poder público conhecer o consumo e comportamento dos consumidores para incentivar e implementar mecanismos que promovam o uso racional de energia nos diferentes setores e, assim, melhorar a eficiência no uso de energia elétrica pela sociedade⁹.

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, estando a serviço da comunidade e como instituição que representa o Estado, tem o dever de evoluir e acompanhar as inovações e tecnologias para suprir as necessidades da comunidade e elevar a imagem do próprio Estado. Logo, a modernização e o crescimento exponencial das tecnologias, podem



ser exploradas de forma a satisfazer as necessidades existentes.

Ainda, decorrente da crescente preocupação com questões ambientais e econômicas consequentes do aquecimento global e da crise econômica, o CBMERJ deve cuidar da sua imagem e até mesmo ser um exemplo na procura de fontes renováveis de energia. Assim, o investimento em novas Fontes de Energia Renováveis (FER) pode ser uma forma de alcançar esses fins e obter uma redução de custos a médio/longo prazo.

O presente estudo tem como objetivo geral avaliar o impacto financeiro decorrente da implementação de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica nas unidades militares da Secretaria de Estado de Defesa Civil e do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (SEDEC/CBMERJ), verificando sua capacidade de reduzir os custos com energia elétrica, suprir a demanda energética das estruturas físicas e contribuir para os princípios de eficiência, economicidade e desenvolvimento sustentável no âmbito da administração pública.

Para alcançar esse propósito, o estudo busca, de forma específica, analisar se a geração fotovoltaica é capaz de atender integralmente ao consumo energético das unidades, identificar o potencial de redução das despesas financeiras associadas ao uso da energia solar, bem como examinar a possibilidade de injeção do excedente na rede da concessionária e a consequente compensação por meio de créditos energéticos.

Além disso, procura investigar os impactos, desafios e perspectivas relacionados ao processo de implementação do sistema fotovoltaico, contemplando fatores como disponibilidade orçamentária e requisitos tecnológicos diante da adoção de uma matriz energética renovável. Dessa forma, pretende-se compreender não apenas a viabilidade técnica e econômica da solução, mas também seus desdobramentos institucionais no contexto das práticas sustentáveis e da modernização das estruturas públicas.

2. MÉTODOS

Trata-se de um estudo exploratório, de abordagem quantitativa, que emprega métodos de análise econômico-financeira para avaliar a viabilidade do investimento proposto.

Para desenvolvimento do estudo serão selecionadas três Unidades de Bombeiro Militar - UBM, localizadas na região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, conhecida como Grande Rio, que servirão como base para a análise econômico-financeira da instalação do sistema de energia fotovoltaica na SEDEC/CBMERJ.

Por tanto, foram selecionadas as seguintes unidades:

- 11º Grupamento de Bombeiro Militar - Vila Isabel, localizado na rua Oito de



Dezembro 456 - Maracanã - Vila Isabel - Rio de Janeiro - RJ.

- 12º Grupamento de Bombeiro Militar - Jacarepaguá, localizado na rua Henriqueta nº 99 - Tanque- Jacarepaguá - Rio de Janeiro - RJ.
- 17º Grupamento de Bombeiro Militar - Copacabana, localizado na rua Xavier da Silveira 120 - Copacabana - Rio de Janeiro - RJ.

Foram analisados documentos de órgãos reguladores do setor elétrico, revisão sistemática de artigos e trabalhos acadêmicos relacionados ao tema. Destaca-se também a utilização de dados da empresa prestadora do serviço de energia solar fotovoltaica.

Para o levantamento de dados nas Unidades foram utilizadas contas de consumo de energia elétrica, solicitadas junto ao setor responsável do CBMERJ, em período de um ano, em confronto com propostas orçamentárias, fornecidas por empresas do ramo, para instalação de unidade fotovoltaica em três Unidades de Bombeiro Militar, localizadas na região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro.

O investimento inicial para implementação desses sistemas requer o empenho de uma quantia significativa para a Corporação, e depende da quantidade de sistemas a serem instalados. Para tanto, de acordo com a Lei Nº 9.970 de 12 de janeiro de 2023, Lei Orçamentária Anual - LOA 2023, foi estimada uma receita de R\$ 288,8 milhões, vinculada ao FUNESBOM, proveniente da Taxa de Prevenção e Extinção de Incêndio. Assim, de acordo com o Planejamento da Corporação, poderia ser destinado um percentual deste orçamento, organizado em programas, estruturado em ações, que resultem na contratação desse serviço.

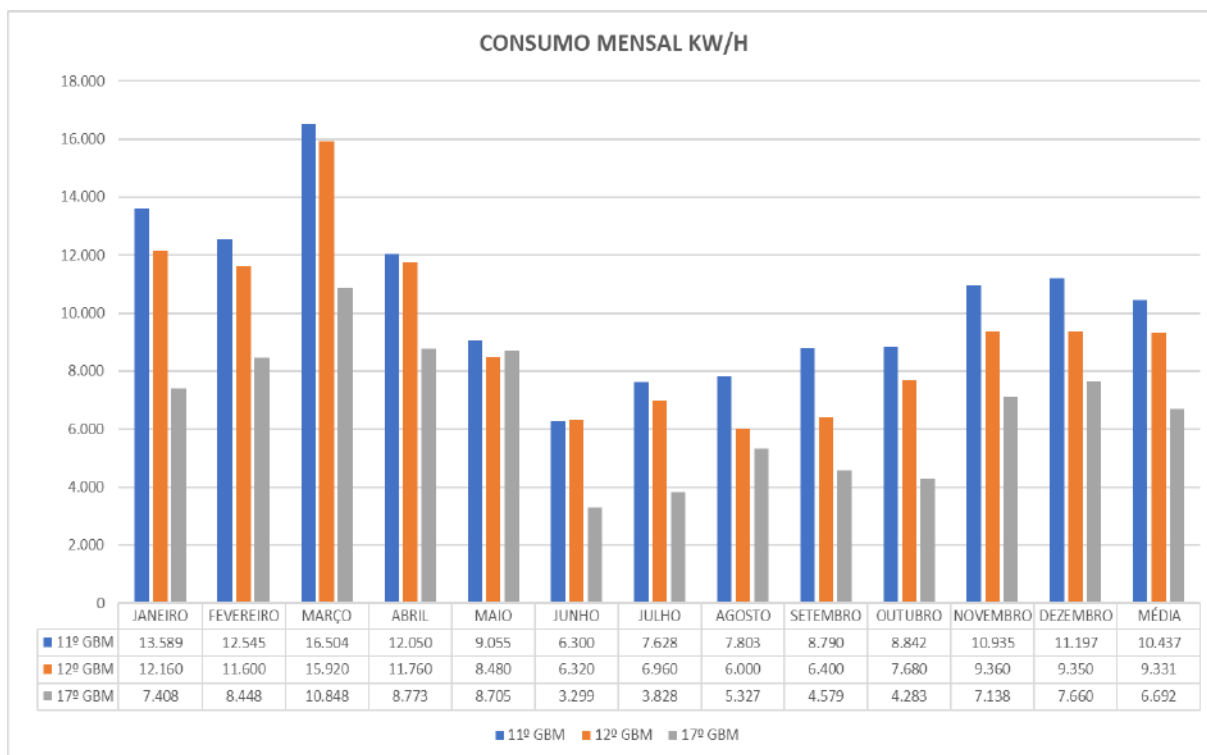
Foram realizados cálculos econômicos e financeiros de análise de investimentos em projetos, por meio do método Payback simples e descontado, para entender o prazo de retorno do investimento, mostrando quanto tempo demoraria para que os rendimentos se igualassem ao investimento.

Foi realizado um levantamento, por meio de questionário, dentro da natureza e características das Unidades da organização a serem estudadas, com o objetivo de proporcionar maior familiaridade com a tecnologia em estudo para compreender como os militares percebem o sistema de energia fotovoltaica.

3. RESULTADOS

Foram realizados orçamentos com três empresas que comercializam o modelo de sistema fotovoltaico, a fim de calcular a viabilidade financeira e econômica deste estudo. No Gráfico 1, são apresentados os valores dos orçamentos fornecidos pelas empresas conforme a demanda de consumo energético por Unidade de Bombeiro Militar (UBM).

Gráfico 1 - Consumo mensal das Unidades de Bombeiro Militar.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Seguem os valores fornecidos, por empresas que atuam no segmento de energia fotovoltaica, por unidade de bombeiro militar, conforme Tabela 1. Para o presente estudo optou-se por utilizar o orçamento que possuía o melhor preço e técnica, sendo escolhida a proposta apresentada pela Empresa 2.

Tabela 1 - Valor orçamentário.

VALOR ORÇAMENTÁRIO			
EMPRESAS	11º GBM	12º GBM	17º GBM
EMPRESA 1	R\$ 331.518,98	R\$ 301.857,46	R\$ 242.960,54
EMPRESA 2	R\$ 313.518,98	R\$ 294.140,02	R\$ 204.718,76
EMPRESA 3	R\$ 338.550,00	R\$ 308.553,00	R\$ 252.675,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

A fim de verificar a viabilidade econômico-financeira do sistema de energia fotovoltaica foram utilizadas duas metodologias. A primeira, de forma simplificada, a partir da estimativa do período de retorno do valor aplicado ao projeto, payback simples. A segunda, analisando o retorno descontado, verificando o valor da despesa através do passar do tempo, payback descontado. Para tanto, foi necessário efetuar o levantamento do valor anual de economia que a unidade de bombeiro militar teve na fatura de energia elétrica. O valor foi usado como parâmetro anual de fluxo de caixa.

O fluxo de caixa simples foi calculado por meio da diferença entre o investimento aplicado subtraído da taxa de contribuição de iluminação pública, contida nas faturas da concessionária local.



Foi realizado o somatório das referidas taxas ao longo do ano de 2022 de modo a se obter o custo anual por unidade de bombeiro militar, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Consolidação de fatura e taxa de contribuição de iluminação pública.

Consolidação de faturas e taxa de contribuição de iluminação pública						
Referência	11º GBM		12º GBM		17º GBM	
2022	Fatura mensal	Contrib. Ilum. Pública	Fatura mensal	Contrib. Ilum. Pública	Fatura mensal	Contrib. Ilum. Pública
JAN	12907,63	1032,09	11496,97	1032,09	6970,52	516,01
FEV	11911,21	1022,74	11291,14	1022,74	8063,18	579,52
MAR	16408,18	1173,68	15742,92	1173,68	10507,06	1032,81
ABRIL	12262,71	1019,54	11815,42	1014,54	9148,10	574,88
MAIO	8634,84	653,46	8355,71	584,67	8054,91	584,67
JUNHO	5775,72	392,43	5642,39	392,43	3145,42	102,60
JULHO	6860,30	448,95	6379,87	389,10	3473,58	101,73
AGO	7065,15	395,94	5333,67	263,95	4765,00	263,95
SET	5890,67	345,09	5734,06	345,09	3994,87	139,24
OUT.	7938,11	450,19	6897,41	397,22	3763,95	138,91
NOV.	10215,93	797,32	8438,78	504,99	6449,02	398,63
DEZ.	10616,28	583,89	9.397,65	562,46	5540,74	304,74
TOTAL	116486,7	8315,32	106525,99	7682,96	73876,35	4737,69
FLUXO CAIXA	108.171,38		98.843,03		69.138,66	

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para o uso do payback descontado foram adotados como índices para custo de capital, a revisão periódica tarifária de 2023 da Light Serviços de Eletricidade S/A que foi de 7,47%, conforme informação extraída do portal governamental da Agência Nacional de Energia Elétrica -Aneel³.

Outro índice verificado é o percentual relativo à redução anual de desempenho e eficiência na geração de energia de um sistema fotovoltaico, que apresenta o valor anual de 0,7%.¹⁰

Somando os valores informados, foi utilizado o percentual de 8,17% para uso de taxa requerida no cálculo do payback descontado.

A análise dos dados foi efetuada em três etapas. A primeira situação, destinada à unidade do 11º GBM, representou o consumo médio mensal de 10,437 kWh e anual de 125.238 kWh. O valor do custo de implantação estimado foi de R\$313.518,98. A potência do sistema instalado para o imóvel seria de 91,3 kWp, sendo necessários 166 módulos solares (placas fotovoltaicas), de 550W de potência, e um inversor de 75k para suprir a demanda, que apresentará uma geração estimada de 10.443,66 KWh/mês. Com a produção mensal de energia, descontada a tarifa básica cobrada pela rede distribuidora, a economia anual estimada seria de R\$108.171,38. O fluxo de caixa simples da situação é apresentado na Tabela 3. No fluxo de caixa descontado foi adotado o índice de 8,17%.

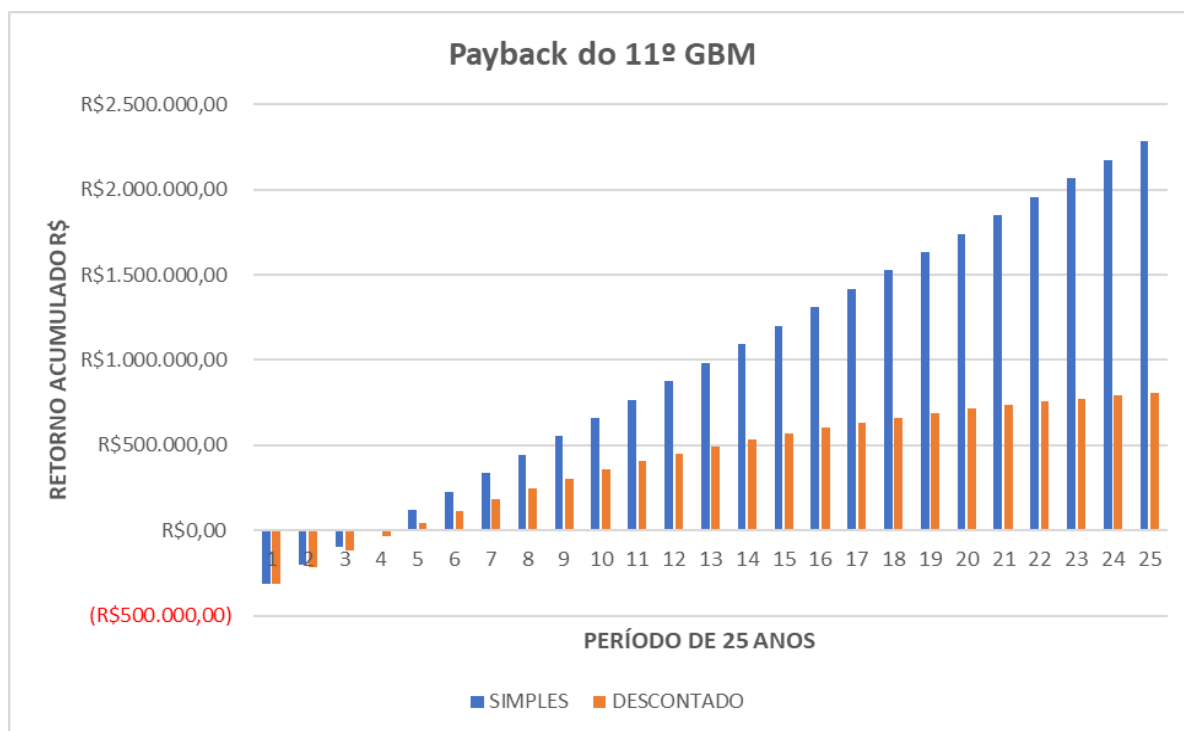


Tabela 3 - Cálculo do Payback simples e descontado para o 11º GBM

Cálculo do Payback simples e descontado para o 11º GBM				
Investimento: R\$ 313.518,98		Custo de capital K: 8,17% a.a		
ANO	FLUXO DE CAIXA SIMPLES	PAYBACK SIMPLES	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	PAYBACK SIMPLES DESCONTADO
ANO 0	-	- R\$ 313.518,98	-R\$ 313.518,98	-R\$ 313.518,98
ANO 1	R\$108.171,38	- R\$ 205.347,6	R\$ 100.001,28	-R\$ 213.517,70
ANO 2	R\$108.171,38	-R\$ 97.176,22	R\$ 92.448,25	-R\$ 121.069,45
ANO 3	R\$108.171,38	R\$ 10.995,16	R\$ 85.465,71	-R\$ 35.603,75
ANO 4	R\$108.171,38	R\$ 119.166,54	R\$ 79.010,54	R\$ 43.406,80
ANO 5	R\$108.171,38	R\$ 227.337,92	R\$ 73.042,94	R\$ 116.449,73
ANO 6	R\$108.171,38	R\$ 335.509,30	R\$ 67.526,06	R\$ 183.975,79
ANO 7	R\$108.171,38	R\$ 443.680,68	R\$ 62.425,86	R\$ 246.401,66
ANO 8	R\$108.171,38	R\$ 551.852,06	R\$ 57.710,88	R\$ 304.112,54
ANO 9	R\$108.171,38	R\$ 660.023,44	R\$ 53.352,02	R\$ 357.464,56
ANO 10	R\$108.171,38	R\$ 768.194,82	R\$ 49.322,39	R\$ 406.786,95
ANO 11	R\$108.171,38	R\$ 876.366,20	R\$ 45.597,10	R\$ 452.384,05
ANO 12	R\$108.171,38	R\$ 984.537,58	R\$ 42.153,19	R\$ 494.537,24
ANO 13	R\$108.171,38	R\$ 1.092.708,96	R\$ 38.969,39	R\$ 533.506,63
ANO 14	R\$108.171,38	R\$ 1.200.880,34	R\$ 36.026,06	R\$ 569.532,69
ANO 15	R\$108.171,38	R\$ 1.309.051,72	R\$ 33.305,04	R\$ 602.837,72
ANO 16	R\$108.171,38	R\$ 1.417.223,10	R\$ 30.789,53	R\$ 633.627,26
ANO 17	R\$108.171,38	R\$ 1.525.394,48	R\$ 28.464,02	R\$ 662.091,28
ANO 18	R\$108.171,38	R\$ 1.633.565,86	R\$ 26.314,16	R\$ 688.405,43
ANO 19	R\$108.171,38	R\$ 1.741.737,24	R\$ 24.326,67	R\$ 712.732,10
ANO 20	R\$108.171,38	R\$ 1.849.908,62	R\$ 22.489,29	R\$ 735.221,39
ANO 21	R\$108.171,38	R\$ 1.958.080,00	R\$ 20.790,69	R\$ 756.012,08
ANO 22	R\$108.171,38	R\$ 2.066.251,38	R\$ 19.220,39	R\$ 775.232,47
ANO 23	R\$108.171,38	R\$ 2.174.422,76	R\$ 17.768,68	R\$ 793.001,16
ANO 24	R\$108.171,38	R\$ 2.282.594,14	R\$ 16.426,63	R\$ 809.427,78
ANO 25	R\$108.171,38	R\$ 2.390.765,52	R\$ 15.185,94	R\$ 824.613,72

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Gráfico 2 - Cálculo do Payback simples e descontado para o 11º GBM.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Pelos resultados obtidos na Tabela 3 e representados no Gráfico 2, a ferramenta de Payback simples apresentou o resultado de 2,898 anos para retorno do investimento aplicado. Em relação ao payback descontado, o retorno foi verificado após 3,45 anos. A partir de, aproximadamente, 2,898 anos, o sistema estaria pago e gerando uma economia anual de R\$108.171,38. Em análise dos 25 anos de utilização do sistema, o Payback simples mostra um retorno acumulado de até R\$ 2.390.765,52 e o Payback descontado de R\$ 824.613,72, verificando a viabilidade econômico-financeira do sistema.

Na segunda situação, destinada à unidade do 12º GBM, representa o consumo médio mensal de 9.331 kWh e anual de 111.999 kWh. O valor do custo de implantação estimado foi de R\$294.140,02. A potência do sistema instalado para o imóvel seria de 82,5 kWp, sendo necessários 150 módulos solares (placas fotovoltaicas), de 550W de potência, e um inversor de 60k para suprir a demanda, que apresentará uma geração estimada de 9.377,21 KWh/mês. Com a produção mensal de energia, descontada a tarifa básica cobrada pela rede distribuidora, a economia anual estimada seria de R\$ 98.843,03. O fluxo de caixa simples da situação é apresentado na Tabela 2. No fluxo de caixa descontado foi adotado o índice de 8,17%.

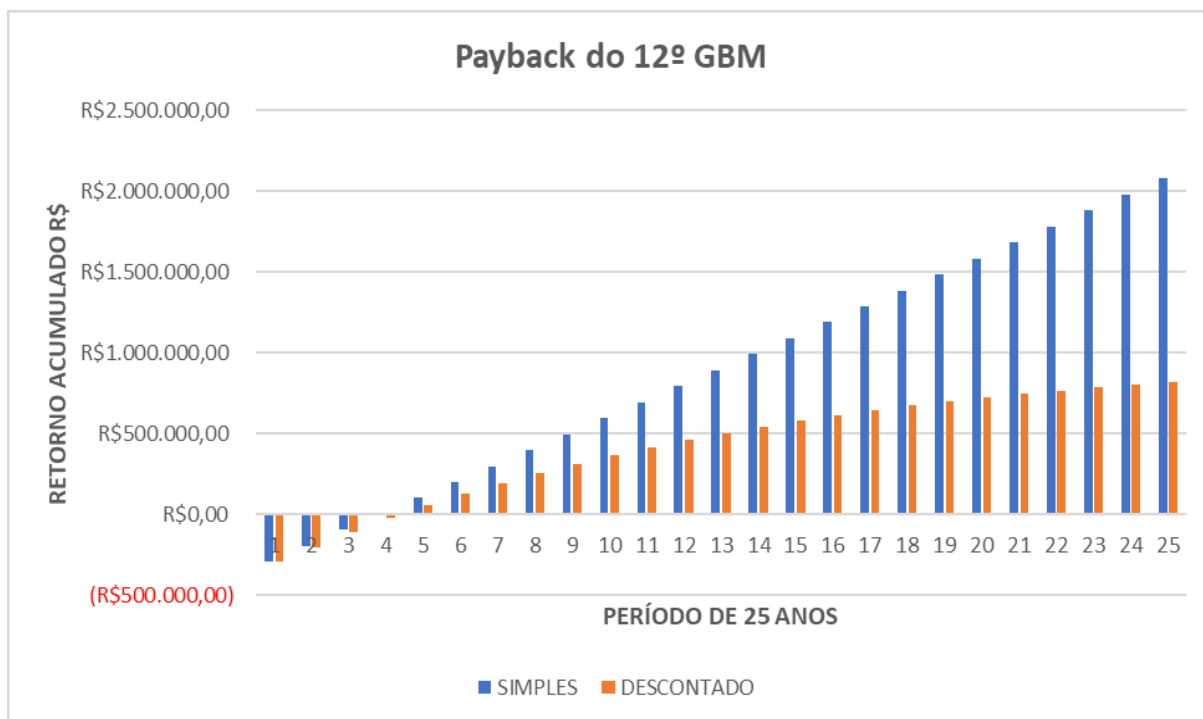


Tabela 4 - Cálculo do Payback simples e descontado para o 12º GBM.

Cálculo do Payback simples e descontado para o 12º GBM				
Investimento: R\$ 294.140,02		Custo de capital K: 8,17% a.a		
ANO	FLUXO	PAYBACK SIMPLES	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	PAYBACK SIMPLES DESCONTADO
ANO 0	-			
		-R\$294.140,02	-R\$ 294.140,02	-R\$ 294.140,02
ANO 1	R\$ 98.843,03	-R\$195.296,99	R\$ 91.377,49	-R\$ 202.762,53
ANO 2	R\$ 98.843,03	-R\$96.453,96	R\$ 92.448,25	-R\$ 110.314,28
ANO 3	R\$ 98.843,03	R\$2.389,07	R\$ 85.465,71	-R\$ 24.848,57
ANO 4	R\$ 98.843,03	R\$ 101.232,10	R\$ 79.010,54	R\$ 54.161,97
ANO 5	R\$ 98.843,03	R\$ 200.075,13	R\$ 73.042,94	R\$ 127.204,91
ANO 6	R\$ 98.843,03	R\$ 298.918,16	R\$ 67.526,06	R\$ 194.730,97
ANO 7	R\$ 98.843,03	R\$ 397.761,19	R\$ 62.425,86	R\$ 257.156,83
ANO 8	R\$ 98.843,03	R\$ 496.604,22	R\$ 57.710,88	R\$ 314.867,71
ANO 9	R\$ 98.843,03	R\$ 595.447,25	R\$ 53.352,02	R\$ 368.219,74
ANO 10	R\$ 98.843,03	R\$ 694.290,28	R\$ 49.322,39	R\$ 417.542,12
ANO 11	R\$ 98.843,03	R\$ 793.133,31	R\$ 45.597,10	R\$ 463.139,23
ANO 12	R\$ 98.843,03	R\$ 891.976,34	R\$ 42.153,19	R\$ 505.292,41
ANO 13	R\$ 98.843,03	R\$ 990.819,37	R\$ 38.969,39	R\$ 544.261,80
ANO 14	R\$ 98.843,03	R\$ 1.089.662,40	R\$ 36.026,06	R\$ 580.287,86
ANO 15	R\$ 98.843,03	R\$ 1.188.505,43	R\$ 33.305,04	R\$ 613.592,90
ANO 16	R\$ 98.843,03	R\$ 1.287.348,46	R\$ 30.789,53	R\$ 644.382,43
ANO 17	R\$ 98.843,03	R\$ 1.386.191,49	R\$ 28.464,02	R\$ 672.846,45
ANO 18	R\$ 98.843,03	R\$ 1.485.034,52	R\$ 26.314,16	R\$ 699.160,61
ANO 19	R\$ 98.843,03	R\$ 1.583.877,55	R\$ 24.326,67	R\$ 723.487,27
ANO 20	R\$ 98.843,03	R\$ 1.682.720,58	R\$ 22.489,29	R\$ 745.976,57
ANO 21	R\$ 98.843,03	R\$ 1.781.563,61	R\$ 20.790,69	R\$ 766.767,26
ANO 22	R\$ 98.843,03	R\$ 1.880.406,64	R\$ 19.220,39	R\$ 785.987,64
ANO 23	R\$ 98.843,03	R\$ 1.979.249,67	R\$ 17.768,68	R\$ 803.756,33
ANO 24	R\$ 98.843,03	R\$ 2.078.092,70	R\$ 16.426,63	R\$ 820.182,96
ANO 25	R\$ 98.843,03	R\$ 2.176.935,73	R\$ 15.185,94	R\$ 835.368,90

Fonte: Elaborado pelos autores (2023);

Gráfico 3 - Cálculo do Payback simples e descontado para o 12º GBM.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Pelos resultados obtidos na Tabela 4 e representados no Gráfico 3, por meio da ferramenta de Payback simples foi verificado o resultado de 2,975 anos para retorno do investimento aplicado. Em relação ao payback descontado, o retorno foi verificado após 3,31 anos. Em relação ao payback descontado, o retorno foi verificado após 4,21 anos. A partir de, aproximadamente, 2,975 anos, o sistema estaria pago e gerando uma economia anual de R\$ 98.843,03. Em análise dos 25 anos de utilização dos sistemas, o Payback simples mostra um retorno acumulado de até R\$ 2.176.935,73 e o Payback descontado de R\$ 835.368,90, verificando a viabilidade econômico-financeira do sistema.

A terceira situação, destinada à unidade do 17º GBM, representa o consumo médio mensal de 6.692 kWh e anual de 80.296 kWh. O valor do custo de implantação estimado foi de R\$204.718,76. A potência do sistema instalado para o imóvel seria de 57,75 kWp, sendo necessários 105 módulos solares (placas fotovoltaicas), de 550W de potência, e dois inversores de 20k para suprir a demanda, que apresentará uma geração estimada de 6.749,72 KWh/mês. Com a produção mensal de energia, descontada a tarifa básica cobrada pela rede distribuidora, a economia anual estimada seria de R\$ 69.138,66. O fluxo de caixa simples da situação é apresentado na Tabela 2. No fluxo de caixa descontado foi adotado o índice de 8,17%.

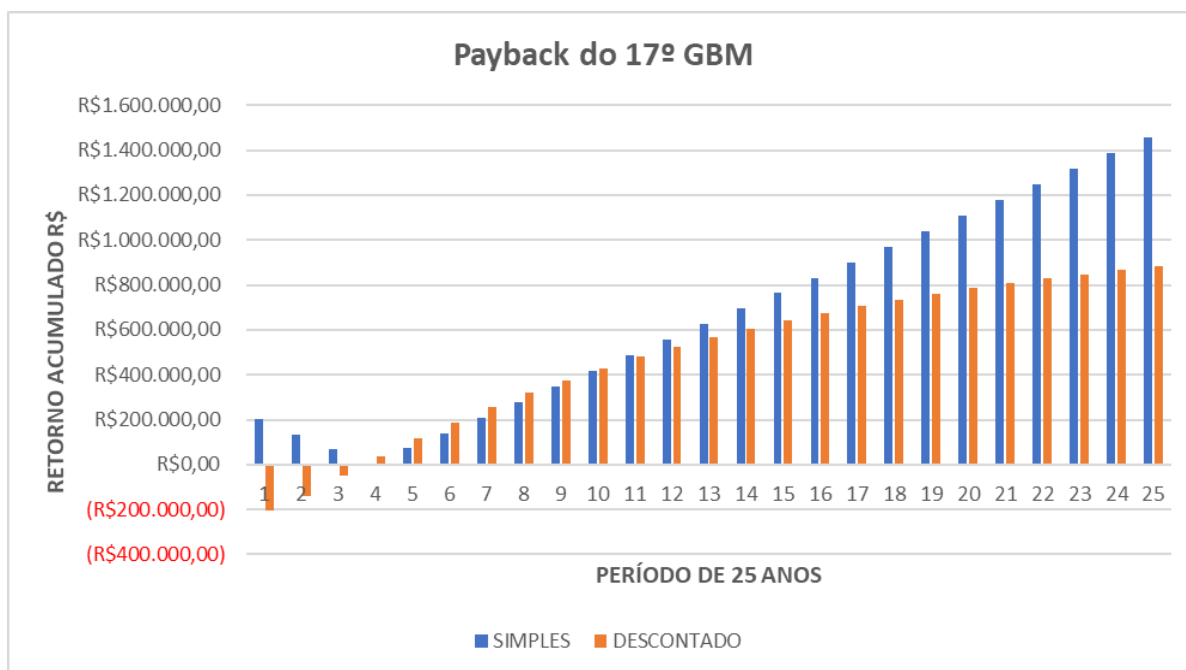


Tabela 5 - Cálculo do Payback simples e descontado para o 17º GBM.

Cálculo do Payback simples e descontado para o 17º GBM				
Investimento: R\$ 204.718,76			Custo de capital K: 8,17% a.a	
ANO	FLUXO	PAYBACK SIMPLES	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	PAYBACK SIMPLES DESCONTADO
ANO 0	-	- R\$ 204.718,76	-R\$ 204.718,76	-R\$ 204.718,76
ANO 1	R\$69.138,66	- R\$ 135.580,10	R\$ 63.916,67	-R\$ 140.802,09
ANO 2	R\$69.138,66	- R\$ 66.441,44	R\$ 92.448,25	-R\$ 48.353,84
ANO 3	R\$69.138,66	R\$ 2.697,22	R\$ 85.465,71	R\$ 37.111,87
ANO 4	R\$69.138,66	R\$ 71.835,88	R\$ 79.010,54	R\$ 116.122,41
ANO 5	R\$69.138,66	R\$ 140.974,54	R\$ 73.042,94	R\$ 189.165,35
ANO 6	R\$69.138,66	R\$ 210.113,20	R\$ 67.526,06	R\$ 256.691,40
ANO 7	R\$69.138,66	R\$ 279.251,86	R\$ 62.425,86	R\$ 319.117,27
ANO 8	R\$69.138,66	R\$ 348.390,52	R\$ 57.710,88	R\$ 376.828,15
ANO 9	R\$69.138,66	R\$ 417.529,18	R\$ 53.352,02	R\$ 430.180,18
ANO 10	R\$69.138,66	R\$ 486.667,84	R\$ 49.322,39	R\$ 479.502,56
ANO 11	R\$69.138,66	R\$ 555.806,50	R\$ 45.597,10	R\$ 525.099,67
ANO 12	R\$69.138,66	R\$ 624.945,16	R\$ 42.153,19	R\$ 567.252,85
ANO 13	R\$69.138,66	R\$ 694.083,82	R\$ 38.969,39	R\$ 606.222,24
ANO 14	R\$69.138,66	R\$ 763.222,48	R\$ 36.026,06	R\$ 642.248,30
ANO 15	R\$69.138,66	R\$ 832.361,14	R\$ 33.305,04	R\$ 675.553,34
ANO 16	R\$69.138,66	R\$ 901.499,80	R\$ 30.789,53	R\$ 706.342,87
ANO 17	R\$69.138,66	R\$ 970.638,46	R\$ 28.464,02	R\$ 734.806,89
ANO 18	R\$69.138,66	R\$ 1.039.777,12	R\$ 26.314,16	R\$ 761.121,05
ANO 19	R\$69.138,66	R\$ 1.108.915,78	R\$ 24.326,67	R\$ 785.447,71
ANO 20	R\$69.138,66	R\$ 1.178.054,44	R\$ 22.489,29	R\$ 807.937,00
ANO 21	R\$69.138,66	R\$ 1.247.193,10	R\$ 20.790,69	R\$ 828.727,70
ANO 22	R\$69.138,66	R\$ 1.316.331,76	R\$ 19.220,39	R\$ 847.948,08
ANO 23	R\$69.138,66	R\$ 1.385.470,42	R\$ 17.768,68	R\$ 865.716,77
ANO 24	R\$69.138,66	R\$ 1.454.609,08	R\$ 16.426,63	R\$ 882.143,40
ANO 25	R\$69.138,66	R\$ 1.523.747,74	R\$ 15.185,94	R\$ 897.329,34

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Gráfico 4 - Cálculo do Payback simples e descontado para o 17º GBM.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Pelos resultados obtidos na Tabela 5 e representados no Gráfico 4, com a utilização da ferramenta de Payback simples foi verificado o resultado de 2,53 anos para retorno do investimento aplicado. Em relação ao payback descontado, o retorno foi verificado após 2,91 anos. A partir de, aproximadamente, 2,960 anos, o sistema estaria pago e gerando uma economia anual estimada de R\$69.138,66. Em análise dos 25 anos de utilização dos sistemas, o Payback simples mostra um retorno acumulado de até R\$1.523.747,74 e o Payback descontado de R\$897.329,34, verificando a viabilidade econômico-financeira do sistema.

4. DISCUSSÃO

Analisando os resultados das unidades estudadas pode-se verificar que o investimento empregado na implementação do sistema é pago em curto prazo de tempo, média de 2,8 anos pelo payback simples e 3,22 anos no descontado, com a distribuição de energia pelo próprio sistema, gerando economia direta em forma de redução das contas de energia elétrica.

Diante dos valores identificados no estudo, seria recomendável que o CBMERJ/SEDEC considerasse a inclusão de uma previsão orçamentária específica para a implementação do sistema. Observa-se que a Lei Orçamentária Anual de 2023 estimou uma receita de R\$ 288,8 milhões vinculada ao FUNESBOM, proveniente da Taxa de Prevenção e Extinção de Incêndio, o que abre espaço para que uma parcela desses recursos seja planejada em programas e ações voltados à contratação dos serviços necessários. Dentro dos mecanismos legislativos e regimentais do CBMERJ/SEDEC, a contratação deverá ser realizada por meio de um certame licitatório, em adequação às leis nº 8666 e nº 14.133, que estabelecem normas gerais de licitação



e contratação para as Administrações Públicas diretas. Para tanto, deverá seguir um trâmite administrativo, como a requisição do objeto a ser contratado, por meio de formulário próprio e elaboração de estudo técnico preliminar e termo de referência.

As confecções do estudo e do termo de referência deverão seguir os modelos estabelecidos na Nota GAB/SEDEC 102/2020, publicada no Boletim da SEDEC/CBMERJ nº 047, de 09 de dezembro de 2020, e na Nota GAB/SEDEC 108/2020, publicada no Boletim da SEDEC/CBMERJ nº 053, de 17/12/2020.

5. CONCLUSÃO

O estudo avaliou a viabilidade econômico-financeira da adoção de sistemas fotovoltaicos nas edificações do CBMERJ, com foco nas unidades do 11º, 12º e 17º GBM, a fim de subsidiar a tomada de decisão sobre a implementação dessa tecnologia. Embora o investimento inicial seja elevado — fator sensível no contexto do setor público e em cenários de restrição orçamentária — os resultados demonstram que o retorno financeiro ocorre em curto prazo, indicando forte atratividade econômica.

A utilização de métricas de análise de investimentos, como payback simples e descontado, mostrou que os sistemas apresentam retorno rápido e compatível com a vida útil estimada de 25 anos. Ambas as abordagens confirmam a viabilidade do investimento e evidenciam o potencial de geração de economia direta para as unidades estudadas, reduzindo significativamente os gastos com energia elétrica. Apesar do custo inicial, a economia acumulada e os benefícios operacionais tornam o projeto vantajoso para o CBMERJ/SEDEC.

Além do impacto financeiro positivo, a adoção da energia solar contribui para a diversificação da matriz energética da instituição e reforça o compromisso com práticas ambientalmente sustentáveis. Essa combinação de eficiência econômica e responsabilidade socioambiental tende a fortalecer a imagem institucional, elemento essencial para organizações públicas que buscam alinhar suas ações às expectativas da sociedade. Assim, os resultados confirmam que a implementação de sistemas fotovoltaicos é não apenas tecnicamente adequada, mas estrategicamente relevante, oferecendo ganhos financeiros, ambientais e reputacionais para o CBMERJ.

O estudo, portanto, fornece evidências sólidas para fundamentar decisões futuras de planejamento energético e modernização das infraestruturas da Corporação.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Todos são militares do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.





REFERÊNCIAS

1. CARVALHO, Energia solar fotovoltaica de média tensão. Cenários de futuro para Portugal. Universidade DE ÈVORA, 2010.
2. Agência Nacional de Energia Elétrica. Perdas de Energia na Distribuição. Tarifas Residuais. Efeito dos Reajustes Tarifários. PowerBi. 2022.
3. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília: ANEEL; 2012 e 2015
4. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa No 481 de 17 de abril de 2012. Altera a Resolução Normativa no 77, de 18 de agosto de 2004. 20 abr 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 8 out 2022.
5. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa No 482/2012. Brasília; 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 16 jan 2023.
6. Silva EP da, Camargo JC, Chrestan PD. Recursos energéticos e meio ambiente: uma visão geral. O Setor Elétrico. 2012 abr; 1:54-60. Disponível em: http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2012/04/Ed73_fasc_renovaveis_cap1.pdf. Acesso em: 15 out 2022.
7. Silva SB, Albuquerque F, Brito D, Oliveira J, Guimarães G, Moraes A. Integração de sistema solar fotovoltaico conectado à rede de energia elétrica em prédios públicos: estudo de caso no município de Palmas Tocantins. In: Anais. IX CEEL. Universidade Federal de Uberlândia; 2011 out 03-07.
8. Howlett M, Ramesh M, Perl A. Política Pública: Seus ciclos e subsistemas – Uma abordagem integral. Rio de Janeiro: Elsevier; 2013.
9. Jannuzzi GM. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação. Campinas/SP: Instituto para o desenvolvimento de energias alternativas na América Latina; 2009. p. 1-53.
10. Portal Solar. Tudo sobre a eficiência do painel solar. Portal Solar. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html>. Acesso em: 22 fev 2023.
11. Tavares JSP. A contribuição da comunicação institucional na Construção e manutenção da imagem organizacional: Caso prático: FICASE [dissertação]. 2011.



Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de dezembro de 2025

Doutrina do fogo: a institucionalização do combate a incêndios pela técnica e disciplina (1797–1856)

Autores:

Thiago de Barros Ramos

Mestre em Educação Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituição: CBMERJ

E-mail: barros.cbmerj@gmail.com

Aldir Pereira Junior

Graduado em história pela Universidade Gama Filho

Instituição: CBMERJ

E-mail: aldirpereirajunior77@gmail.com



SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
REVISTA CIENTÍFICA SOLDADO DO FOGO

**DOUTRINA DO FOGO: A INSTITUCIONALIZAÇÃO DO COMBATE A
INCÊNDIOS PELA TÉCNICA E DISCIPLINA (1797–1856)**

Thiago de Barros Ramos^{1*} Aldir Pereira Junior²

¹Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: barros.cbmerj@gmail.com.

ORCID: 0000-0002-3850-4445 Autor correspondente*

²Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: aldirpereirajunior77@gmail.com.

ORCID: 0009-0005-5251-8009

RESUMO: Este artigo examina as origens históricas da institucionalização do Corpo de Bombeiros na Corte imperial brasileira, destacando o papel estratégico da técnica, do ensino e da disciplina no desenvolvimento do serviço de extinção de incêndios entre 1797 e 1856. A análise documental e historiográfica revela que o Decreto Imperial de 1856 não inaugurou, mas consolidou um processo formativo anterior, marcado por experiências práticas conduzidas por distintos órgãos, com destaque para o Arsenal de Guerra. Nesse cenário, ganha relevo a atuação de Bernardo Urbano de Bidegorry, mestre de ginástica e de técnicas de combate ao fogo, cuja contribuição foi decisiva na formulação de uma doutrina que articulava preparo físico, técnica operacional e hierarquia. Ao resgatar essa trajetória, o artigo reposiciona o marco cronológico do surgimento da corporação, reafirma sua natureza como instituição de conhecimento aplicado e oferece uma nova base para sua memória institucional.

Palavras-chave: Corpo de Bombeiros; História do Brasil; Incêndios; Doutrina militar.

ABSTRACT: This article examines the historical origins of the institutionalization of the Fire Department in the imperial Brazilian Court, highlighting the strategic role of technique, instruction, and discipline in the development of the firefighting service between 1797 and 1856. Documentary and historiographical analysis reveals that the Imperial Decree of 1856 did not inaugurate, but rather consolidated a previous formative process, marked by practical experiences conducted by various institutions, especially the Arsenal de Guerra. Within this context, the work of Bernardo Urbano de Bidegorry — a gymnastics master and expert in firefighting techniques — stands out, whose contribution was decisive in formulating a doctrine that combined physical training, operational technique, and hierarchy. By recovering this trajectory, the article repositions the historical timeline of the corporation's emergence, reaffirms its nature as an institution grounded in applied knowledge, and provides a new foundation for its institutional memory.

Keywords: Fire Department; Brazilian History; Fires; Military Doctrine





1. INTRODUÇÃO

O serviço público organizado de extinção de incêndios no Brasil não sobreveio em 1856 sem antecedentes. Pelo contrário, foi fruto de um processo histórico de tragédias durante o período colonial e imperial que moldaram a percepção pública sobre segurança e o serviço, não bastando os esforços coletivos, mas alguma preparação técnica, equipamentos e doutrina para o combate ao fogo¹⁻⁴. A criação oficial do Corpo de Bombeiros, por meio do Decreto n.º 1.775 de 2 de julho de 1856 foi a consolidação em norma de uma necessidade já indicada pela experiência: sem um efetivo especializado, isto é, de conhecimento aplicado e técnica ensinada, os arranjos contra os incêndios permaneceriam ineficazes^{1'4}.

Este artigo aborda essa trajetória, analisando como o combate ao fogo evoluiu de coletividades improvisadas para uma corporação estruturada, que colocou em prática uma solução ansiada: uma doutrina para extinção de incêndios.

O percurso inclui o contexto dos incêndios urbanos e das medidas empíricas no final do século XVIII e primeira metade do XIX, o papel do Arsenal de Guerra como laboratório de instrução na década de 1840-1850, a atuação pioneira de Bernardo Urbano de Bidegorry - primeiro Instrutor-Geral do Corpo de Bombeiros, um agente histórico pouco explorado –, os debates públicos e projetos concorrentes que antecederam 1856, até a institucionalização do Corpo de Bombeiros Provisório da Corte e a difusão de um modelo militarizado e hierarquizado de serviço especializado em incêndios para todo o país.

Em perspectiva, buscou-se revisar o marco cronológico da história dos bombeiros no Brasil, valorizar a contribuição de Bidegorry e abordar a corporação como instituição de conhecimento aplicado desde sua gênese, oferecendo bases para a memória institucional contemporânea ao evidenciar que o maior Corpo de Bombeiros do país nasceu da necessidade de conhecimento técnico no ofício de extinguir incêndios.

2. INCÊNDIOS, URBANIZAÇÃO E ARRANJOS IMPROVISADOS DE COMBATE (FINS DO XVIII – MEADOS DO XIX)

Ao final do século XVIII e durante a primeira metade do XIX, a cidade do Rio de Janeiro, então capital colonial e depois imperial, já enfrentava incêndios frequentes, reflexo do crescimento urbano e da precariedade das construções e serviços⁵. As edificações eram majoritariamente de materiais inflamáveis, com muita madeira em estruturas e telhados, além de habitações pobres cobertas de palha seca (sapê)^{1'5}. Iluminação e cozinhas dependiam de fogo aberto, como lamparinas, velas, fogões a lenha, enquanto a oferta de água era escassa e limitada





aos chafarizes públicos⁴.

Nessas condições, não surpreende que pequenos focos pudessem se alastrar rapidamente. Faltavam meios organizados de combate: as bombas d'água disponíveis eram manuais, acionadas e transportadas por esforço braçal, sem equipes permanentes para operá-las¹⁷⁴. Diante de um incêndio descontrolado, a resposta consistia em arregimentar ad hoc toda a população disponível, frequentemente marinheiros de navios ancorados (habitados a lidar com bombas d'água a bordo e subir em mastros) e soldados dos quartéis próximos¹⁷⁵. Essa mobilização improvisada era convocada pelo toque de sinos em igrejas, o “toque a rebate”, sinal sonoro convencionado tanto para incêndios quanto para ataques inimigos, obrigando os militares de prontidão a acudir imediatamente. Tais expedientes emergenciais, porém, estavam longe do ideal¹⁷⁶.

Reinava a confusão e a desordem. Segundo memórias da época, os grandes incêndios se tornaram verdadeiros “pandemônios” nos quais todas as autoridades tentavam dar ordens, mas ninguém obedecia⁵. A multidão de curiosos e voluntários sem preparo pouco ajudava e muitas vezes atrapalhava, havendo ainda casos de oportunistas que saqueavam bens das vítimas. À noite, o pânico se exacerbava pela escuridão das ruas mal iluminadas, levando inclusive a atropelamentos de pessoas fugindo ou correndo para ajudar, como registrou o vice-rei Luís de Vasconcelos em 1788⁶. Numa tentativa de mitigar esse problema, ordenou-se que, ao soar o alarme de fogo noturno, cada morador colocasse uma luz à janela de sua casa, facilitando o deslocamento das equipes de socorro pelas vias⁵.

Nesse contexto de respostas improvisadas, algumas instituições públicas assumiram papel precursor. Em 1763 foi criado no Rio de Janeiro o Arsenal Real da Marinha, cuja função principal era construir e reparar navios. Entretanto, trabalhadores experientes em conter incêndios a bordo passaram a ser mobilizados também para incêndios urbanos⁵.

Reconhecendo essa aptidão, a Coroa portuguesa designou formalmente o Arsenal de Marinha como órgão responsável pelo combate ao fogo na cidade, através do Título XII do Alvará Régio de 12 de agosto de 1797³⁻⁵⁷⁸. O Alvará determinou que o Intendente do Arsenal mantivesse bombas d'água e instrumentos “sempre promptas” para acudir “não só aos incêndios da Cidade, mas também aos do mar”⁴⁷⁸. Tratava-se, na prática, de oficializar um serviço que já vinha sendo prestado, como ocorreu no incêndio do Recolhimento de Nossa Senhora do Parto em 1789; utilizou-se pela primeira vez uma bomba de água manual no combate às chamas, equipamento esse, disponibilizado pelo Arsenal¹⁷⁵. A importância dessa novidade técnica é notável, em uma época que o usual ainda eram baldes de couro passados de mão em mão para lançar água sobre o fogo.

No início do período imperial, outras instâncias também contribuíram, embora de modo





não coordenado. A partir de 1808, um regulamento atribuiu ao Arsenal de Marinha, denominado a partir de então, Arsenal da Corte, a liderança no combate aos incêndios, cabendo a um Inspetor do Arsenal “dirigir pessoalmente a extinção dos incêndios na cidade, levando as bombas, marujos, escravos de sua repartição e água”^{7,8}.

Secundariamente, funcionários da Repartição de Obras Públicas e até detentos da Casa de Correção podiam ser usados como mão-de-obra auxiliar no enfrentamento ao fogo para atuar, munidos de baldes, cordas e escadas⁵. A polícia da Corte, por sua vez, comparecia para tentar impor ordem durante os sinistros, mas carecia de preparo técnico para oferecer grande contribuição⁹. Assim, até meados do século XIX, o cenário era de esforços sem padronização: militares, repartições públicas e população civil agiam conjuntamente de forma mais voluntariosa, porém pouco eficaz, revelando a ausência de uma força treinada especificamente para o serviço de extinção de incêndios⁴.

3. O ARSENAL DE GUERRA COMO LABORATÓRIO DE ENSINO E INSTRUÇÃO (1846–1855)

Nas décadas centrais do século XIX, ficou evidente que a resposta reativa e desorganizada aos incêndios era insuficiente diante da crescente complexidade urbana do Rio de Janeiro. A necessidade de profissionais conhecedores das técnicas de combate ao fogo tornou-se cada vez mais latente. É nesse contexto que o Arsenal de Guerra da Corte, estabelecimento militar do Exército, despontou como um verdadeiro “laboratório” de treinamento especializado. O Arsenal de Guerra era então uma das instituições mais importantes da cidade, empregando mais de 1.000 operários e abrigando inclusive uma escola técnico-profissional para menores carentes, os Aprendizes Artífices^{1,3}. Aproveitando esse quadro, a administração militar passou a experimentar a instrução teórico-prática aplicada ao serviço de incêndios dentro do próprio Arsenal⁴. Um marco inicial foi a contratação, em 1846, de Bernardo Urbano de Bidegorry – um francês ex-oficial de cavalaria e mestre de educação física – para atuar como professor de ginástica dos aprendizes e soldados do Arsenal de Guerra^{4,10}.

Bidegorry chegara ao Brasil em meados da década de 1840 e trazia na bagagem a experiência das escolas de ginástica militares europeias, em especial as técnicas francesas de combate a incêndios e salvamento^{3,4,10}. Não por acaso, ele havia sido condecorado na França com três medalhas de ouro e prata por atos de salvamento de vidas, credenciais que exibiu ao se estabelecer no Rio^{3,10,11}. Nomeado diretor do recém-criado “Gymnasio Normal Militar” no Arsenal, passou a ministrar aulas regulares de exercícios físicos e esgrima, atendendo não apenas os alunos internos, mas também particulares, incluindo jovens da elite e até mulheres, algo pioneiro para a época¹⁰.





No âmbito do Arsenal, Bidegorry aplicou seus conhecimentos para treinar uma esquadra de soldados para combate ao fogo. Fontes da época registram que ele foi encarregado de adestrar, por meio de exercícios ginásticos e instrução técnica, destacamentos ágeis de militares para atuarem nos incêndios urbanos¹². Sob sua orientação, já por volta de 1847-48 essas esquadras atendiam as ocorrências de fogo na cidade^{13,24}.

Bidegorry acumulou durante anos a função de instrutor de bombeiros do Arsenal, expandindo suas atribuições a ponto de assumir ele próprio a direção dos trabalhos de extinção de incêndios realizados pela equipe do Arsenal. Essa equipe especializada passou a ser conhecida informalmente como “Companhia de Bombeiros do Arsenal”, ainda que não tivesse existência legal autônoma¹.

Em meados da década de 1850, já contava com cerca de 30 praças dedicadas: entre eles um segundo-sargento, dois cabos, um anspeçada (graduação intermediária entre soldado e cabo) e 25 soldados, além de um tambor¹. Tratava-se de um contingente considerável para a época, dotado inclusive de alguns privilégios, considerando que em 1855, o diretor do Arsenal obteve autorização do Ministro da Guerra, marechal Caxias, para que aqueles 30 homens fossem mantidos sempre de prontidão no Arsenal, dispensados de outros destacamentos e guardas, a fim de estarem disponíveis para acudir imediatamente aos toques de incêndio¹.

Na prática, consolidava-se uma tropa fixa de bombeiros militares dentro do Arsenal de Guerra, que serviu também como campo para inovações técnicas no serviço de incêndios. Bidegorry empenhou-se em tentar modernizar equipamentos e procedimentos¹³. Ele advogou, por exemplo, pela adoção de uniformes especiais para os bombeiros (japonas curtas e calças folgadas), que lhes dessem maior mobilidade e permitissem carregar cordas, pregos e martelos em bolsos amplos durante os salvamentos. Justificava que os uniformes militares comuns ficavam arruinados no serviço e atrapalhavam os movimentos em telhados e locais apertados¹.

Embora o ministro da Guerra tenha negado a mudança, argumentando que já se distribuíam camisas de algodão grosso mais adequadas ao clima, a iniciativa de Bidegorry evidenciava uma preocupação genuína em adaptar a tropa às exigências físicas e técnicas do combate a incêndios¹. Igualmente, ele participou na seleção de equipamentos modernos, em que os registros indicam que o professor de ginástica se tornará um verdadeiro especialista em incêndios, a ponto de emitir pareceres sobre os modelos de bombas d'água que o Exército deveria comprar⁴.

Essa integração entre preparo físico, conhecimento técnico e melhoria material sintetiza o caráter científico e profissionalizante que o serviço de incêndios começava a adquirir dentro do Arsenal



4. BERNARDO URBANO DE BIDEGORRY: UM MESTRE DO FOGO

Para além de suas funções formais como instrutor, Bernardo U. de Bidegorry revelou-se um personagem central na gênese do corpo de bombeiros brasileiro, atuando tanto nos incêndios quanto nos bastidores institucionais. Nas ocorrências de fogo significativas entre 1847 e 1856, comparecia e emprestava seu conhecimento técnico para coordenar as ações de combate^{3,4}. Tal protagonismo prático fez com que seu nome ganhasse respeito, embora também o expusesse a riscos.

Em carta, Bidegorry relata ter sofrido alguns “estragos” e ferimentos graves em pelo menos duas ocasiões, atribuindo esses infortúnios à “ignorância e inexperiência” das pessoas que o cercavam durante os incidentes^{3,4}. Ou seja, até mesmo na linha de fogo ele advogava, com o corpo e a voz, a importância de treinamento e preparo adequado para evitar tragédias maiores. Justificadamente, o instrutor atuou incansavelmente para convencer as autoridades a criarem uma corporação de bombeiros permanente e especializada^{1,3,4,10}.

Em junho de 1850, após três anos servindo no Arsenal, ele encaminhou um plano detalhado ao Ministro da Guerra propondo a organização de uma “companhia de bombeiros à maneira de Paris”, sob seu comando^{1,10}. Inspirado no modelo francês, onde desde 1810 existia um Corpo de Bombeiros Militar estruturado, Bidegorry sugeria que na Corte Brasileira, a companhia fosse exercitada em ginástica, no manuseio das bombas e dos sacos de salvamento, e que os oficiais recebessem ensino teórico específico sobre combate a incêndios. Ele se dispunha a dirigir todos os socorros no terreno, liderando o grupo em qualquer hora do dia ou da noite, bastando ser avisado³. Em suma, propunha a criação imediata de um embrião de um corpo de bombeiros profissional, do qual seria o instrutor e comandante, uma ideia avançada, que antecipava em vários anos a solução governamental.

Ele justificou sua proposta elencando os benefícios que nações europeias colhiam ao investir na preparação física de militares e na formação de unidades especializadas de bombeiros. Segundo ele, “imensas vantagens” tinham sido alcançadas pela criação de ginásios para instrução de soldados, marinheiros e bombeiros, bem como pela instituição de companhias de incêndio dedicadas ao pronto socorro das cidades³. Na sua opinião, o Brasil não deveria ficar atrás desse movimento civilizatório: dotar a capital de um serviço moderno de combate ao fogo seria um benefício inestimável para a pátria, algo pelo qual esta haveria de se reconhecer devedora. Em troca de liderar tal iniciativa, Bidegorry solicitava uma remuneração condizente, um aumento salarial e gratificação, nada exorbitante, em sua opinião, frente ao ganho coletivo envolvido^{3,4}.

A trajetória deste personagem como visionário da ciência do fogo inclui também a elaboração de documentos normativos. Ele chegou a redigir um regulamento completo para o





serviço de incêndios, antecipando diretrizes para a corporação que almejava comandar. Esse “regulamento de Bidegorry” não foi oficialmente adotado, mas circulou entre autoridades e entrou no debate sobre qual seria o formato ideal do futuro Corpo de Bombeiros da Corte¹³. Além disso, ele publicou artigos na imprensa oferecendo seus serviços profissionais e divulgando suas credenciais. No Almanak Laemmert, anunciava-se como mestre de ginástica “condecorado com três medalhas francesas” e apto a oferecer treinamento físico e técnico, além de utilizar outros meios disponíveis (memorandos oficiais e mídia impressa) para gerar pressão pela modernização do serviço de incêndios, visto as graves ocorrências do período^{3,10,11}.

Embora inicialmente suas propostas encontrassem barreiras (sobretudo orçamentárias e burocráticas), Bidegorry não se deixou abater. Em outubro de 1850, ainda sem uma resposta positiva, ele reiterou seu pleito e chegou a conseguir algum apoio dentro da própria estrutura pública: o secretário do Arsenal de Guerra apoiou a ideia, defendendo a importação de uma bomba de incêndio de modelo parisiense para viabilizar a companhia proposta^{3,4}. Já o Inspetor-Geral de Obras Públicas da Corte revelou que também fora incumbido de esboçar um regulamento, inspirado em sistemas da Inglaterra e dos Estados Unidos, adaptados às circunstâncias locais. Porém, o projeto permaneceu no papel em razão da falta de verba para sua implementação imediata. Em parecer interno, o Inspetor de Obras Públicas chegou a afirmar que o governo “não precisava de regulamento porque já o tinha”, dando a entender que o obstáculo real era financeiro: não se queria despender mais recursos naquele momento com um novo serviço público^{3,4}.

Nesse contexto, a pretensão de Bidegorry foi julgada “inadmissível” pelas autoridades fazendárias, considerando que até então diretores e inspetores vinham desempenhando as tarefas de combate ao fogo sem nenhuma remuneração extra⁴. Ou seja, na ocasião prevaleceu temporariamente a visão econômica e conservadora, que via na formalização de um corpo de bombeiros um luxo dispendioso.

Ainda assim, a semente plantada por Bidegorry germinou. Em 1852, o então Inspetor-Geral de Obras Públicas, Antônio Joaquim de Souza, retomou a questão e encaminhou ao governo outro projeto de Companhia de Bombeiros, explicitamente elaborado a partir da proposta original de Bidegorry em 1850³. Em seu relatório, Souza fez coro aos argumentos de necessidade urgente: destacou o potencial devastador dos incêndios e ponderou que, em uma cidade grande, populosa e comercial como o Rio de Janeiro, era indispensável o emprego de todos os esforços e meios para combater tão “terrível flagelo”⁴. Ele defendeu a criação imediata de uma companhia que pudesse acudir prontamente aos sinistros e concorrer com regularidade e eficácia para sua extinção. Enumerou problemas a serem resolvidos, como estabelecer sistemas de alarme e socorro eficientes em diferentes pontos da cidade e, principalmente, promover a



instrução especializada do pessoal, formando oficiais capazes de manter ordem, disciplina e uniformidade de ação, nos moldes de uma organização militar. Notava, inclusive, a importância de definir locais de aquartelamento para essa força.

Em suma, o projeto de 1852 reforçou tecnicamente aquilo que Bidegorry já advogava: a profissionalização e militarização do serviço de incêndios como única saída para pôr fim ao amadorismo desordenado vigente.

5. DEBATES PÚBLICOS E PROJETOS CONCORRENTES (1850–1856)

A primeira metade da década de 1850 registrou uma intensificação dos debates públicos em torno da criação de um corpo de bombeiros na corte. À medida que incêndios marcantes ocorriam e suas notícias circulavam, formou-se uma pressão da opinião pública e de setores ilustrados pela modernização do serviço de incêndios. Os jornais da capital passaram a acompanhar de perto o assunto, ora clamando por providências, ora criticando as medidas tímidas das autoridades^{1,3,4}.

Um exemplo significativo ocorreu no início de 1856, pouco antes da criação do da primeira corporação. Em 3 de janeiro daquele ano, o *Jornal do Commercio* publicou um retrospecto político de 1855, elencando os principais acontecimentos do período e incluindo, entre os destaques, a questão dos incêndios na Corte. Segundo o periódico, 1855 fora um “ano em que não foram raros os incêndios”, evidenciando que o problema alcançara dimensão suficiente para figurar ao lado de temas como epidemias, economia e protestos políticos³. A menção demonstrava que os incêndios passaram a ser percebidos como ameaça pública de primeira ordem, atingindo de forma “democrática” ricos e pobres, bairros nobres e populares. O próprio artigo lamentava que não se aproveitassem as lições desses desastres para “regenerar a cidade” em moldes mais modernos e higiênicos, dentro de um plano condizente com uma grande capital, denotando uma cobrança por reformas urbanas e administrativas que incluía o combate ao fogo.

Nos bastidores legislativos e administrativos, projetos concorrentes para a organização de um corpo de bombeiros circulavam entre 1850 e 1856. Além da proposta de Bidegorry (1850) e do projeto de Antônio de Souza (1852) já citados, outros oficiais e conselheiros apresentaram pareceres sobre o tema. Havia consenso quanto à necessidade de se criar uma unidade exclusiva para incêndios, divergindo, no entanto, quanto ao tamanho, estrutura de comando e vinculação institucional desta unidade. Algumas sugestões defendiam uma companhia autônoma, porém sob supervisão militar. Outras cogitavam subordiná-la à polícia local. Em 1854-55 discutiu-se também se o corpo deveria ser permanente ou ativado apenas em emergências^{1,3,4}.

Enquanto isso, as cenas dramáticas dos incêndios, como o do Teatro São João em 1851,





que destruiu o mais tradicional teatro da cidade, ou o do pavilhão de exposições do Campo da Aclamação em 1855, reforçavam o clamor popular por uma solução definitiva. A cada grande sinistro, jornais e lideranças comunitárias cobravam do governo imperial a criação imediata de um corpo organizado, treinado e dotado de equipamentos adequados para proteger a capital²4.

A resposta oficial veio enfim em 1856. Contudo, desde o início, o formato escolhido pelas autoridades foi alvo de críticas públicas. O Decreto Imperial n.º 1.775, de 2 de julho de 1856, instituiu o Corpo Provisório de Bombeiros da Corte e aprovou seu regulamento básico. Dias depois, o Diário do Rio de Janeiro publicou uma resenha ácida sobre a medida, apontando que o regulamento “finalmente veio à luz”, mas seria completamente ineficaz. Segundo o editorial, a Câmara havia “legislado para o futuro, não para o presente”, iludindo o espírito público ao fazer parecer que se organizara um serviço nos moldes das grandes cidades da Europa, “quando de facto não se fez mais do que dar algumas disposições para melhorar o que temos”³4. Ou seja, insinuava-se que o Corpo de Bombeiros criado no papel não passaria, na prática, de um rearranjo dos recursos existentes, sem o investimento necessário para torná-lo realmente eficiente.

Em meio a numerosas críticas, o jornal propunha “uma solução mais prática”: a imediata instituição de um pequeno corpo de 50 praças, exclusivamente dedicado aos incêndios, que pudesse acudir prontamente ao toque de fogo e servir de núcleo de direção para os demais ajudantes eventuais. Um efetivo modesto, porém, profissional e permanente, não seria “um luxo supérfluo”, julgava o articulista, mas sim uma medida adequada às circunstâncias³. Essas reações indicam que, mesmo após o decreto, o debate sobre competências, diretrizes e procedimentos do novo Corpo de Bombeiros ainda não estava encerrado. Havia divergências quanto ao nível de investimento e ao grau de autonomia da corporação.

Setores da sociedade civil, incluindo comerciantes preocupados com seus patrimônios e companhias de seguros nascentes, pressionavam por um serviço realmente eficaz e bem equipado. Já no governo, prevalecia certa cautela fiscal e burocrática, na tentativa de atender à demanda pública sem onerar em demasiado o Erário ou ferir suscetibilidades hierárquicas (afinal, Exército, Marinha, Obras Públicas e Polícia já desempenhavam partes do serviço e poderiam resistir a ceder atribuições).

Nesse jogo de forças, o nome de Bidegorry ressurge, justamente por representar a experiência prática e a técnica aplicada no combate ao fogo, ele se tornara um candidato natural a integrar a nova corporação. Como veremos a seguir, sua incorporação seria decisiva para imprimir à instituição nascente o caráter profissional que a distinguiu.

6. 1856: A GÊNESE DA DOCTRINA DE COMBATE A INCÊNDIOS NO BRASIL





A criação do Corpo de Bombeiros Provisório da Corte em 1856 marcou o início da sistematização do serviço de incêndios no Brasil. O decreto imperial determinou que o combate ao fogo passaria a ser executado por bombeiros sob o comando de um diretor, assistidos pelas autoridades policiais e auxiliados por operários recrutados para tal fim^{4,13}. Para dar vida a esse dispositivo legal, foi nomeado como primeiro comandante o major de Engenharia João Baptista de Castro Moraes Antas^{1,4}.

A escolha de Moraes Antas não foi casual. Oficial do Exército ligado à Comissão de Melhoramentos do Material Bélico, ele reunia conhecimento técnico e experiência administrativa, qualidades necessárias para estruturar do zero a nova corporação¹. Sua missão era organizar o órgão recém-criado, definindo sua composição, quartel, rotina de serviços e, principalmente, capacitando seus integrantes para a peculiar tarefa.

Desde o início, ficou claro que atender às necessidades técnicas e físicas do efetivo seria um desafio central. O decreto de criação estipulava critérios para admissão dos bombeiros, privilegiando homens dotados de vigor e boa conduta. De fato, o texto referia que os recrutas deveriam ser “operários, ágeis, robustos e moralizados”^{4,13}. Esse perfil exigido demonstra a consciência de que o ofício de bombeiro demandava tanto força e agilidade corporal quanto disciplina e retidão moral.

Apenas três meses após a fundação, o efetivo inicial foi reunido. Para compô-lo, Moraes Antas aproveitou recursos humanos já disponíveis, solicitando transferência de algumas praças experientes do Arsenal de Guerra, obtendo a cessão de escravos libertos especialmente para servirem como bombeiros, e contando ainda com egressos da Casa de Correção e outros operários urbanos hábeis⁴.

Nascia assim uma tropa heterogênea, porém selecionada, unificada sob uma mesma administração e com possibilidade real de avanço técnico-profissional. Consciente de que apenas recrutar homens não bastaria, o comando tratou de estabelecer uma rotina de instrução, enquanto buscava profissional para conduzir os treinamentos. Sem instalações para isso no início, o Corpo de Bombeiros passou a utilizar as dependências do ginásio do Arsenal de Guerra^{1,4}. Ali, sob orientação militar, duas vezes por semana os bombeiros recebiam instruções físico-técnico-profissionais, o que representou a institucionalização do ensino no âmago da corporação, algo avançado, já que o aprendizado ocorria apenas empiricamente durante os incêndios⁴.

Os recrutas foram submetidos a um regime de preparação física (ginástica, corrida, escalada em escadas e telhados), exercício de manobra com bombas hidráulicas, prática de salvamentos com cordas e colchões, além de noções teóricas sobre o comportamento do fogo, construção civil e métodos de prevenção. Para liderar esse esforço pedagógico e, reconhecendo



sua expertise única, o governo imperial contratou em 22 de outubro de 1856, como primeiro Instrutor-Geral de Bombeiros, o mestre em ginástica Bernardo Urbano de Bidegorry, que passou, assim, a integrar oficialmente o Corpo de Bombeiros Provisório da Corte, encarregado da preparação dos homens e do desenvolvimento de uma doutrina operacional^{3,4}.

Recebendo um soldo anual de 2:500\$000 (dois contos e quinhentos mil réis), valor significativo, que atestava a importância atribuída ao papel de instrutor, ele deveria não só ministrar as lições regulares de educação física e técnica, mas também acompanhar a tropa em todos os incêndios que ocorressem, atuando como especialista em serviço^{3,4}.

Na prática, Bidegorry tornou-se o treinador e mentor dos primeiros profissionais bombeiros brasileiros, inculcando-lhes padrões de disciplina, condicionamento e bravura alinhados ao modelo dos Sapeurs Pompiers, de Paris, que conhecera. O currículo inicial dos bombeiros combinava exercícios de ginástica militar, para desenvolver força, resistência e destreza, com instruções específicas de combate ao fogo.

Bidegorry introduziu métodos didáticos que aprendeu na Europa, incluindo a repetição exaustiva de movimentos para torná-los reflexos, e a simulação de incêndios controlados para treinamento⁴. Essa sistematização pedagógica era algo novo no cenário brasileiro de então, e consolidou a ideia de que o serviço de incêndios devia se apoiar em conhecimento especializado e não apenas em coragem e boa vontade.

Os frutos desse enfoque logo se tornaram visíveis. Já nos primeiros anos de atuação do Corpo de Bombeiros da Corte, os registros apontam para uma melhora percebida na eficiência do combate aos incêndios. Em vez do caos anterior, as operações passaram a mostrar maior coordenação, em que cada bombeiro sabia o seu posto e tarefa, a tropa apresentava desenvoltura física para agir rapidamente e a presença de um comando unificado evitava conflitos de autoridade^{1,4}. Em um testemunho da época, a revista *Semana Ilustrada* em 1863 descreveu o bombeiro como alguém que “atira-se às chamas, escala muralhas, retalha [madeiras] a machado e passa a noite em claro em cima da morte”, louvando esses profissionais que “prestam serviços quando perigam as propriedades”¹. A boa reputação dos bombeiros, que persiste até hoje, começou a se forjar nesse período, resultado direto da combinação de valentia e técnica apurada inculcada pelo treinamento intensivo.

7. DESDOBRAMENTOS E DIFUSÃO DO MODELO

A bem-sucedida experiência do Corpo de Bombeiros Provisório da Corte serviu de modelo para o restante do país nas décadas seguintes. O Rio de Janeiro, então capital do Império, funcionou como vitrine, demonstrando que um corpo militarizado, hierarquicamente estruturado e instruído em bases científico-técnicas era capaz de enfrentar os incêndios urbanos de modo





mais eficiente do que os antigos arranjos improvisados. Assim, outras províncias passaram a criar os seus corpos de bombeiros inspirados diretamente no paradigma da Corte^{174,6}.

Inicialmente, essas iniciativas ocorreram nas principais cidades: em São Paulo, um Corpo de Bombeiros foi fundado em 1880 após um incêndio devastador na faculdade de direito, contando também com oficiais do Exército e orientação similar à carioca. Outras capitais como Salvador, Recife e Belém formaram, nas últimas décadas do século XIX, suas brigadas de incêndio, em vários casos incorporadas às respectivas forças policiais. Gradativamente, no alvorecer do século XX, o modelo militar de bombeiro disciplinado, fardado, treinado fisicamente e preparado tecnicamente, difundiu-se por todo o território brasileiro⁴⁷⁶. O Corpo de Bombeiros, embrião da corporação fluminense atual, tornou-se assim o tronco a partir do qual se ramificaram os demais Corpos de Bombeiros Militares do Brasil.

Um aspecto notável é a continuidade do enfoque físico-técnico demandado pelas ocorrências da época e inaugurado por Bidegorry, primeiro instrutor-geral. Desde sua gênese, os bombeiros brasileiros cultivaram a preocupação com o preparo corporal, já que, naquela época, o êxito no combate ao fogo dependia fundamentalmente do esforço humano. Neste sentido, torna-se clara a especial atenção dada à forma física dos bombeiros, vista como critério primordial de seleção^{174,13}.

Mesmo com o passar dos anos, quando equipamentos mais eficientes, hidrantes urbanos, caminhões motobomba e equipamentos de proteção individual foram sendo incorporados, as culturas institucionais mantiveram o valor do condicionamento físico. Ainda hoje, embora haja um papel relevante da tecnologia no controle de incêndios, a capacidade atlética permanece essencial no ofício de bombeiro, no Brasil e no mundo. Essa linha de continuidade remonta diretamente à pedagogia introduzida em 1856, que aliava o desenvolvimento da força e agilidade dos homens ao uso de técnicas modernas.

Após 1856, o vínculo da nobre missão com os valores militares também perdurou e definiu a identidade dos bombeiros nacionais. Os oficiais que comandaram o Corpo de Bombeiros da Corte nas primeiras décadas eram em sua maioria oriundos do Exército imperial. A corporação manteve-se com a estrutura hierárquica e disciplinar, o que favoreceu a padronização de procedimentos e a expansão organizada do serviço de incêndios para outros estados. O “modelo de Paris”, que inspirara Bidegorry, acabou por se consolidar em solo brasileiro, com corpos de bombeiros enquadrados como tropas auxiliares, com patentes, uniformes, quartéis e escolas de instrução próprias, disseminando uma doutrina profissional que se multiplicou de norte a sul do país.

8. CONCLUSÃO





O nascimento do Corpo de Bombeiros no Brasil, em meados do século XIX, deu-se sob o signo da aplicação do conhecimento técnico-científico a um problema de segurança urbana. As tentativas anteriores de combater incêndios apenas com arranjos improvisados, valendo-se de qualquer mão disponível e recursos escassos, mostraram-se insuficientes frente aos riscos de uma cidade em rápido crescimento. Longe de ser um ato repentino, a criação do Corpo de Bombeiros Provisório da Corte em 1856 coroou um processo incremental de aprendizagem e organização.

Tornou-se evidente que dominar a “ciência do fogo” era uma demanda premente: sem métodos, equipamentos e homens treinados, os incêndios continuariam a causar pânico e destruição desproporcionais. A solução encontrada pelo Estado imperial, portanto, foi criar um corpo especializado, ancorado em uma doutrina para o desenvolvimento do serviço desde a sua gênese.

No centro dessa transformação esteve um personagem histórico singular: Bernardo Urbano de Bidegorry. Sua trajetória evidencia como um único agente pode atuar como catalisador de mudanças institucionais. Trazendo ideias avançadas para o cenário brasileiro, cultivava a valorização da educação física, o uso de técnicas francesas de salvamento e a visão de um corpo de bombeiros militarizado e autônomo. Pioneiro, as colocou em prática tanto quanto lhe foi possível, primeiro no Arsenal de Guerra e depois na corporação recém-criada, como primeiro instrutor-geral de bombeiros do país e, de fato, o primeiro doutrinador desse ofício em solo brasileiro.

O desafio de treinar, disciplinar e profissionalizar os combatentes do fogo lançou bases para uma cultura organizacional que perdura há mais de um século e meio. Aos pioneiros, Bidegorry ajudou a incutir não apenas a técnica, mas um ethos: o bombeiro deveria ser forte, ágil, corajoso e ao mesmo tempo conhecedor, disciplinado e “moralizado”.

A doutrina e a mística do bombeiro militar tornaram-se um legado imaterial que fortaleceu a instituição nascente e contribuiu para que ela ganhasse rapidamente a confiança da sociedade.

Hoje, os Corpos de Bombeiros Militares gozam de enorme credibilidade pública no Brasil, frequentemente apontados como instituições em que a população mais confia. Essa reputação positiva tem raízes históricas que remontam à sua criação. Lembrar que o maior e mais antigo Corpo de Bombeiros do país surgiu da necessidade de conhecimento especializado e de um modelo militar estruturado ajuda a compreender a identidade e os valores cultivados até os dias atuais.

Em síntese, a história aqui revisitada mostra que do caos de baldes passados em fileira evoluímos para a ciência do fogo e que, no âmago dessa evolução, esteve a percepção visionária de que somente uma doutrina de combate a incêndio poderia converter homens comuns em



“soldados do fogo” aptos a proteger a vida e o patrimônio coletivos.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Todos são militares do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

1. Castro AHF de. Artífices de fogo. Rev Cult. 2006;6(11).
2. Souza AF. Teatro João Caetano conta sua história. Rev Arquivo Geral da Cidade do Rio de Janeiro. 2009;(3):181–197.
3. Silva JN. Esboços para um Corpo de Bombeiros na Corte: o regulamento de Bernardo Urbano de Bidegorry e os debates sobre extinção de incêndio na imprensa [Internet]. In: XV Encontro Regional de História da ANPUH-Rio; 2012; São Gonçalo. São Gonçalo: ANPUH; 2012. Disponível em:
http://www.encontro2012.rj.anpuh.org/resources/anais/15/1338517543_ARQUIVO_EsbocosparaumCorpodeBombeirosnaCorte_JaquelineNevesdaSilva_Anpuh2012REVISADO.pdf
4. Souza VL. “Soldados do fogo”: uma história social do Corpo de Bombeiros do Rio de Janeiro, nas décadas de 1880–1910 [tese]. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; 2021.
5. Silva MA. 225º aniversário do primeiro órgão público responsável pela extinção de incêndio na cidade do Rio de Janeiro – instituição precursora dos bombeiros militares no Brasil [Internet]. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil; 2022. Disponível em:
<https://www.marinha.mil.br/sites/default/files/artigo.pdf>
6. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. História da corporação CBMGO. Goiânia: Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás; 2016.
7. Greenhalgh J. O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro na História (1763-1822). Rio de Janeiro: Imprensa Naval; 1951. p.176-184.
8. Xavier ÂB, Nogueira da Silva C, organizadoras. O governo dos outros: poder e diferença no império português. Lisboa: Imprensa de Ciências Sociais; 2016.
9. Fazenda J. Antigualhas e memórias do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Topbooks; 2011. p.215-217.





10. Peres FF, Melo VA de. A introdução da ginástica nos clubes do Rio De Janeiro do século XIX. Movimento (ESEFID/UFRGS) [Internet]. 2014 Feb 19;20(2):471. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22456/1982-8918.41602>.
11. Almanak Administrativo, Mercantil e Industrial do Rio de Janeiro (RJ) - 1844 a 1885 [Internet]. Rio de Janeiro: Tipografia Universal de Laemmert. 1850. Edição 0007 (1): 304.
12. Correio Mercantil, e Instructivo, Politico, Universal (RJ) - 1848 a 1868 [Internet]. Rio de Janeiro: Hemeroteca Digital Brasileira, Biblioteca Nacional. 1849. Edição 001362 (1): 1.
13. Almanak Administrativo, Mercantil e Industrial do Rio de Janeiro (RJ) - 1844 a 1885 [Internet]. Rio de Janeiro: Tipografia Universal de Laemmert. 1857. Edição 00014 (2): 95-101.



Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de dezembro de 2025

A SEDEC orientada por dados: um estudo de caso sobre a utilização de inteligência artificial empregada nos processos administrativos

Autores:

Samir Batista Fernandes

Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Instituição: CBMERJ

E-mail: samir@cbmerj.rj.gov.br

Guilherme Pereira Godoi

Bacharel em Direito pela Universidade São Francisco

Instituição: CBMERJ

E-mail: guipgodoi@hotmail.com

Maurinei Nunes Mendonça

Graduado no Curso de Formação de Oficiais da ABMDPII e especialista pelo Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais do CBMERJ

Instituição: CBMERJ

E-mail: maurinei193@gmail.com

Bruno Polycarpo Palmerim Dias

Doutor pelo Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ

Instituição: CBMERJ

E-mail: polycarpo@cbmerj.rj.gov.br



SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
REVISTA CIENTÍFICA SOLDADO DO FOGO

**A SEDEC ORIENTADA POR DADOS: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A
UTILIZAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EMPREGADA NOS
PROCESSOS ADMINISTRATIVOS**

Samir Batista Fernandes^{1*}, Guilherme Pereira Godoi²,
Maurinei Nunes Mendonça³, Bruno Polycarpo Palmerim Dias⁴

¹Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: samir@cbmerj.rj.gov.br
ORCID: [0000-0001-9976-5318](https://orcid.org/0000-0001-9976-5318). *Autor correspondente.

²Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: guipgodoi@hotmail.com .
ORCID: 0009-0008-0371-6369

³Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: maurinei193@gmail.com.
ORCID: 0009-0000-4054-3753

⁴Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). E-mail: polycarpo@cbmerj.rj.gov.br.
ORCID: 0000-0002-8767-8871

RESUMO: O presente estudo investigou como a implementação de uma gestão orientada por dados, apoiada por inteligência artificial, pode otimizar os fluxos de trabalho na Superintendência Operacional, preservando sua identidade cultural. A pesquisa buscou responder em que medida uma abordagem de gestão orientada por dados, apoiada por IA, oferece oportunidades ou riscos nos fluxos de trabalho na Secretaria Estadual de Defesa Civil. Foi realizado um estudo de caso, utilizando entrevistas, documentos, participação direta e relatório técnico. Os resultados indicam que a adoção de Inteligência artificial pode automatizar tarefas repetitivas, reduzir o tempo na execução de tarefas administrativas e proporcionar respostas mais rápidas e precisa às demandas. No entanto, foram identificados desafios como a necessidade de ajuste dos dados de forma contínua e a adequação dos sistemas legados. A pesquisa conclui que os benefícios da implementação da IA superam os riscos, desde que cumprida as etapas descritas no planejamento.

Palavras-chave: Chatbots; Automação; Gestão pública; Teoria da mudança; SEDEC.

ABSTRACT: The present study investigated how the implementation of data-driven management, supported by artificial intelligence, can optimize workflows in the Operational Superintendence, preserving its cultural identity. The research sought to answer the extent to which a data-driven management approach, supported by AI, offers opportunities or risks in workflows at the State Secretariat of Civil Defense. A case study was carried out, using interviews, documents, direct participation and a technical report. The results indicate that the adoption of Artificial Intelligence can automate repetitive tasks, reduce the time spent performing administrative tasks and provide faster and more accurate responses to demands. However, challenges were identified such as the need to continuously adjust data and adapt legacy systems. The research concludes that the benefits of implementing AI outweigh the risks, as long as the steps described in the planning are followed.

Keywords: Chatbots; Automation; Public management; Theory of change; SEDEC.





1. INTRODUÇÃO

O aumento da frequência e intensidade dos desastres naturais vem provocando a busca de soluções inovadoras que possam aumentar a capacidade operacional das agências de resposta, como por exemplo, a Defesa Civil¹.

Esses desastres desafiam as capacidades das equipes de resposta e expõem as limitações dos sistemas tradicionais de gerenciamento dos desastres²⁻⁴. A complexidade dos desastres exige uma abordagem proativa e tecnologicamente avançada para a redução dos riscos de desastres⁵.

Portanto, a implementação de soluções tecnológicas, especialmente aquelas baseadas em inteligência artificial (IA), surgem como uma alternativa para aumentar a resiliência das comunidades e da capacidade das instituições responsáveis pela gestão dos riscos⁶.

Considerando a ampla gama de aplicações do emprego de inteligência artificial, utilizou-se nesta pesquisa uma aplicação restrita de suas possibilidades. Focou-se no emprego de perguntas e respostas na Superintendência Operacional (SUOP), com o objetivo de descrever uma metodologia que integre tecnologias de inteligência artificial em perguntas e respostas para apoiar a transição da Secretaria Estadual de Defesa Civil (SEDEC) na utilização de tecnologias emergentes, preservando a identidade cultural da organização e ao mesmo tempo produzindo impacto desejado com a mudança.

2. METODOLOGIA

Este trabalho adotou uma abordagem qualitativa, do tipo pesquisa-ação para explorar e descrever um conjunto de ferramentas empregadas na SUOP, à luz de um conjunto de ferramentas, materiais e métodos que serão descritos a seguir. A ferramenta de Narcizo⁷ Toolkit Conex.IA, desenvolvido pela rede Conexão Inovação Pública, foi a principal ferramenta utilizada. Sendo esta projetada especificamente para auxiliar organizações públicas a criar projetos de IA. Utilizou-se também fichas de Canvas para mapear os processos empregados que estão disponíveis em Fernandes, Godoi e Mendonça⁸.

Para o tratamento e organização dos dados, empregou-se o software Microsoft Excel, utilizado na sistematização das planilhas e na análise de conteúdo, bem como a biblioteca Bibliometrix, para a realização das análises quantitativas⁸. O ambiente Visual Studio Code foi utilizado para o desenvolvimento de código na linguagem Flutter, com o propósito de construir um aplicativo móvel destinado à integração do chatbot e o banco de dados utilizado foi o Firebase.



Foram ainda empregados três modelos distintos de sistemas conversacionais, OpenAI ChatGPT, Gemini (versões paga e gratuita), além de uma base de dados própria, utilizada para controle e parametrização do chatbot. O conjunto dessas ferramentas visou estruturar o desenvolvimento e a implementação de uma solução de IA voltada às demandas da Superintendência de Operações (SUOP).

Utilizou-se a SUOP como estudo de caso, buscando-se, a partir dos resultados, generalizações. Para assegurar a validade dos achados usou-se quatro fontes de evidências⁹. Os resultados das entrevistas e os documentos do referencial teórico, ambos disponíveis em Fernandes, Godoi e Maurinei⁸ e a participação direta dos pesquisadores e os registros de arquivos da base de dados. A amostra de entrevistados se deu por conveniência, escolhendo-se todo efetivo técnico do campo jurídico que atuava no setor a época da pesquisa, conforme descrito em Fernandes, Godoi e Maurinei⁸.

Para tratar os dados, utilizou-se a sistematização de Bardin¹⁰ para analisar o conteúdo e após, Yin (9) para a triangulação das fontes de evidências:

- Resultados das entrevistas com militares que possuem graduação em direito da SUOP;
- Documentos selecionados no referencial teórico⁸;
- Relatórios do Tribunal de Contas da União que versam sobre a implementação de IA na administração pública; e
- Participação direta dos pesquisadores com as interações e iterações na construção do sistema.

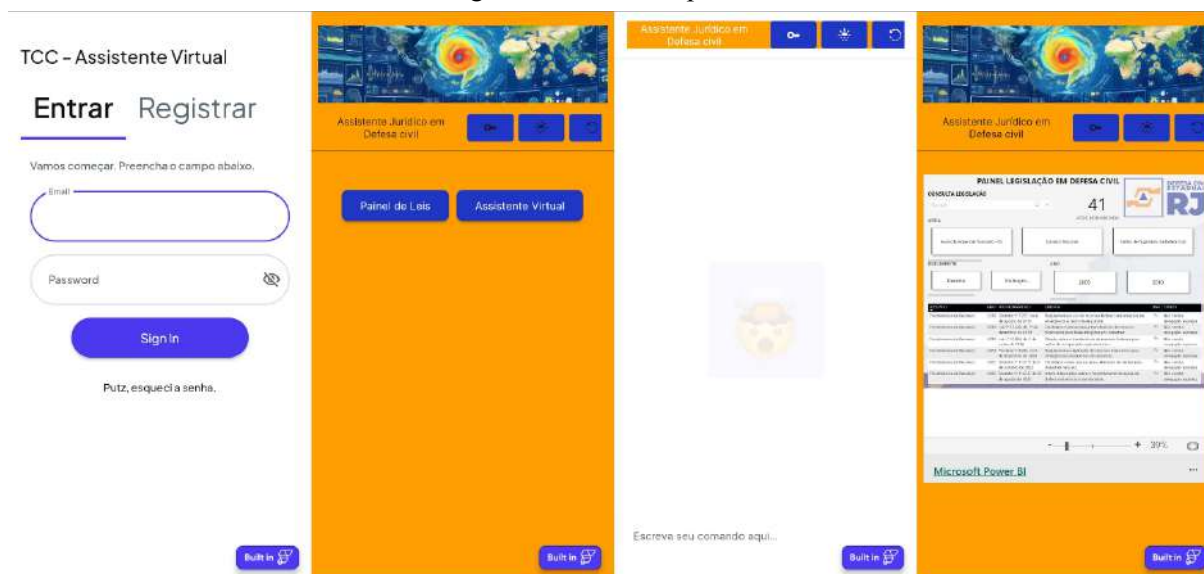
3. RESULTADOS

Na implementação da inteligência artificial (IA) na SUOP, os pesquisadores aplicaram o Canvas de Análise de Problema Público para mapear desafios administrativos. O método permitiu identificar situações como a falta de padronização nas atividades de alta especialização e os impactos da alta rotatividade de pessoal especializado na continuidade dos processos⁷.

A partir dessa análise, o Canvas de Fontes de Dados e Recursos foi utilizado para definir os insumos necessários para o desenvolvimento da solução de IA, incluindo a equipe, infraestrutura e os dados necessários. Em seguida, foram realizadas oficinas de Design Sprint para a ideação e prototipagem de soluções de IA voltadas para os desafios específicos da SUOP⁷.

Como resultado dessas oficinas, foi desenvolvido um protótipo de chatbot voltado para a automação de processos administrativos repetitivos⁷. Na Figura 1 tem-se o protótipo da solução desenvolvida, da esquerda para direita a primeira tela foi de acesso a plataforma com login e senha. O ambiente é controlado por autenticação.

Figura 1 - Telas do aplicativo criado



Fonte: Os autores (2024)

Na segunda tela, da Figura 1, apresentou-se uma página de transição que oferece a possibilidade do usuário navegar para o painel de leis ou para o chat. A terceira página tem-se um painel interativo contendo leis federais e estaduais para consulta do usuário.

Selecionou-se toda legislação voltada para a área de proteção e defesa civil com filtros como tema, tipo de legislação e ano de publicação. Por último, a tela de chat possui uma estrutura de campo de perguntas do usuário e de resposta da IA. As respostas e os feedback das perguntas são inseridas no banco de dados.

No Quadro 1 identificou-se os equivalentes da teoria da mudança para cada ficha (Canvas) correspondente e qual tipo de situação-problema estava destinado a resolver. Em Fernandes, Godoi e Maurinei⁸, encontram-se as fichas completas, as etapas e os resultados esperados em cada etapa, tudo de acordo com Narcizo⁷.

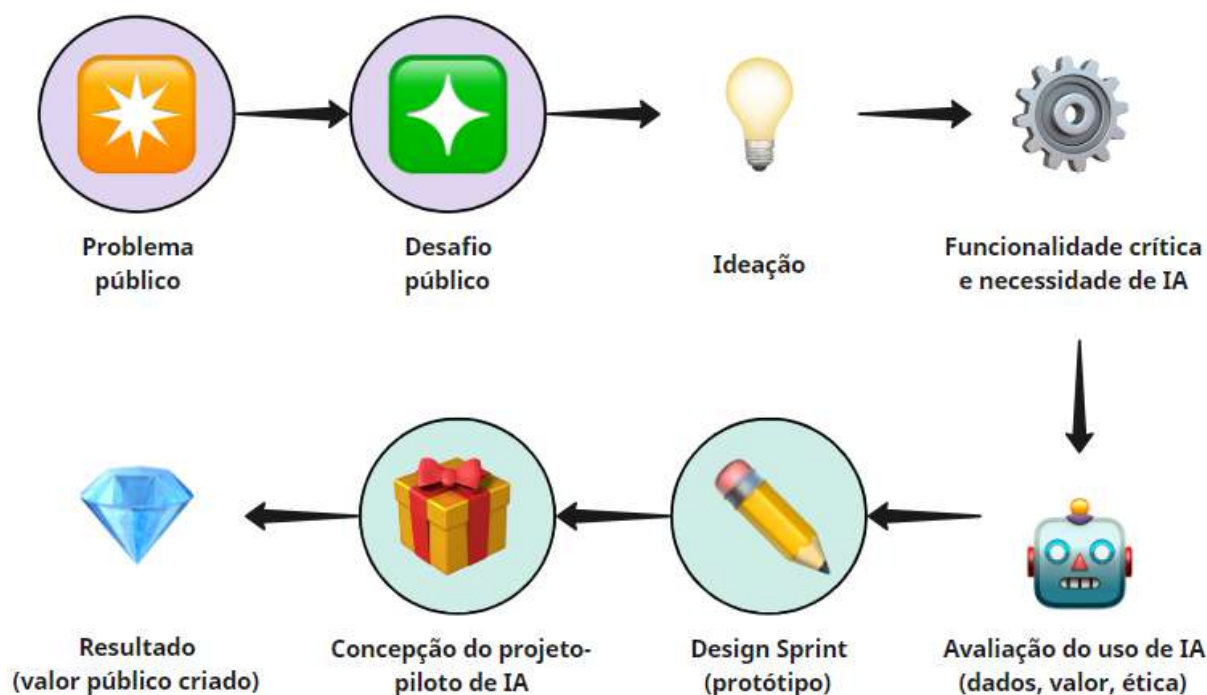
Quadro 1 - Canvas adaptado da teoria da mudança para resolver a situação-problema

Teoria da Mudança (Canvas)	Situação-Problema
1) Canvas de Análise de Problema Público e Construção de Desafio Público	Identificação dos desafios administrativos que a Superintendência enfrenta
2) Canvas de Fontes de Dados e Recursos	Definição de dados, equipe e infraestrutura necessários para desenvolver a solução de IA
3) Canvas de Ideação para Desafios Públicos	Planejamento e execução de oficinas de Design Sprint para idear e prototipar soluções
4) Canvas de Análise de Funcionalidade Crítica e Necessidade de IA	Desenvolvimento do protótipo do <i>chatbot</i> e relatórios de avaliação
5) Canvas de Avaliação do Uso de IA	Melhoria nos processos administrativos e aumento da satisfação dos usuários com a nova tecnologia
6) Canvas de Desafio Público e OKRs	Transformação sustentável dos processos administrativos com a implementação de IA

Fonte: Os autores (2024)

Os passos da intervenção dos pesquisadores desde a ideação do problema até o resultado estão descritos na Figura 2.

Figura 2 - Do problema público à concepção de uma solução que usa I.A



Fonte: Adaptado de Narcizo (2024)

No Quadro 2 apresentou-se a representação da teoria da mudança aplicada na SUOP e as perspectivas de resultados no longo prazo descritos em Fernandes, Godoi e Mendonça⁸.

Quadro 2 - A Teoria da mudança aplicada a utilização de IA na SUOP

Teoria da mudança	Resultado (Qualidade)	Resultado (Quantidade)	Prazo
1) Situação-problema	Objetividade na identificação dos principais desafios enfrentados	3 desafios administrativos	Dez/2024
2) Insumos	Identificação dos recursos críticos necessários para a implementação de IA	Alocação de 4 equipes de dados e análise de infraestrutura	Dez/2024
3) Atividade	Oficinas realizadas com resultados tangíveis e protótipos de soluções propostos	Execução de 3 oficinas e desenvolvimento de 3 protótipos	Dez/2024
4) Produtos	Protótipo funcional e relatórios detalhados sobre a eficácia da solução	1 protótipo finalizado e 3 relatórios de avaliação gerados	Dez/2025
5) Resultados	<i>Feedback</i> positivo sobre a melhoria de processos e usabilidade	Melhorar em 80% a eficácia das respostas e 90% de satisfação dos usuários	Dez/2025
6) Impactos	Transformação nos fluxos de trabalho e maior eficiência nos serviços públicos	Redução de 25% no tempo de processamento de tarefas administrativas relacionadas a respostas jurídica	Dez/2027

Fonte: Os autores (2024)

4. DISCUSSÃO

Narcizo⁷ sustentou que a incorporação de tecnologias de IA representam um vetor de transformação organizacional, portanto o esperado foi que ao unir as recomendações de implementação do TCU, mais o discorrido no referencial teórico e a opinião dos especialistas, ambas, em Fernandes, Godoi e Mendonça⁸, seja exitosa a mudança nos fluxos de trabalho da SUOP.

Embora o trabalho dos autores⁸ tenha sido empregado até a fase de prova de conceito, durante a prototipagem, os autores⁸ e entrevistados identificaram que a utilização de chatbots para assistência jurídica, por exemplo, permitiram respostas mais rápidas em processos administrativos, liberando os profissionais para se concentrarem em atividades mais estratégicas. Esta assertiva é corroborada, por exemplo, com a afirmação do participante 1 que disse: “...o chatbot poderia automatizar parte das tarefas e permitir que eu apenas ajustasse detalhes” (participante 1)⁷.

O guia de IA do TCU reforçou que a IA pode ser usada de forma ética e eficaz para garantir a segurança dos dados e a melhoria contínua dos processos institucionais¹¹. Esta perspectiva foi reforçada pelo participante 3, que disse: “o chatbot otimiza o tempo ao reunir informações que, de outra forma, teriam que ser buscadas em várias fontes” (participante 3). Esse aspecto refletiu a aplicabilidade da IA em contextos de grande demanda por eficiência e rapidez na tomada de decisões, destacando o impacto positivo da automação nos serviços

públicos. No que diz respeito à implementação de IA para serviços públicos, Narcizo⁷ reforçou que, quando bem utilizada, a IA pode contribuir para a padronização de processos e a redução de erros, como foi observado na análise das funcionalidades críticas e na concepção do projeto-piloto de IA⁸.

A percepção de que o chatbot pode ser uma ferramenta de suporte foi descrito nas respostas dos participantes, que reconheceram a vantagem de um sistema que “aprende continuamente e se aprimora com o uso” (Participante 2).

No estudo de Feng, Botha e Pit¹² destacou-se como essas tecnologias podem ser aplicadas para criar fluxos de trabalho mais eficientes, reduzindo custos e liberando recursos humanos para atividades mais estratégicas.

Esse ganho de eficiência também foi observado no contexto do Exército Brasileiro, conforme apresentado por Gonçalves¹³, onde o uso de IA na gestão de projetos melhorou a governança e permitiu maior eficácia na alocação de recursos, como a transição de redução em 10% do efetivo administrativo ao longo de 10 anos após empregar automação de tarefas. Ambos os estudos indicam que a automação pode otimizar não apenas processos administrativos, mas também melhorar a qualidade da tomada de decisões, ao fornecer informações mais precisas e em tempo hábil.

No âmbito da transformação digital, as tecnologias emergentes como a IA são vistas como ferramentas cruciais para enfrentar os desafios contemporâneos da gestão pública e privada. A literatura sobre a regulamentação de dispositivos constitucionais, Sales¹⁴ destacou que a automação está remodelando as relações de emprego e a natureza das atividades laborais, tornando imperativa uma revisão das regulamentações atuais.

No entanto, a automação não é apenas uma força disruptiva, ao contrário, ela pode contribuir para o fortalecimento da governança, como indicado pela pesquisa sobre a IA no Exército Brasileiro por Gonçalves¹³. A possibilidade de monitorar e avaliar atividades com maior precisão pode ser um fator decisivo para melhorar a eficiência em projetos estratégicos.

No setor educacional, o uso da I.A é amplamente discutido. Estudos como o de Pimentel e Carvalho¹⁵ e Matias, Moresi e Kohls-Santos¹⁶ demonstraram que a integração de tecnologias digitais, como a I.A, pode transformar a experiência de aprendizagem, tornando-a mais personalizada e reflexiva.

Essas tecnologias possibilitam que os alunos aprendam em seu próprio ritmo e tempo, ademais a integração da I.A na educação também oferece um acompanhamento contínuo do progresso dos alunos, utilizando algoritmos e dados para fornecer insights que facilitam intervenções pedagógicas mais precisas¹⁶.

No entanto, essa transformação traz consigo uma dependência crescente das tecnologias



digitais e que pode levar a uma diminuição da interação humana. Outra preocupação reside no processo de treinamento dos dados. Quando mal-conduzido, ele pode introduzir vieses que comprometem a qualidade das respostas oferecidas, limitando a eficácia da IA. Esses vieses podem se refletir na dificuldade de adaptação da inteligência artificial a novos usuários, prejudicando a capacidade dos sistemas de fornecer uma experiência de ensino verdadeiramente personalizada¹⁶.

Outro aspecto que merece atenção é a cultura da câmara de eco em chatbots, nos quais os usuários são expostos a informações que confirmam suas próprias crenças, enquanto opiniões divergentes são marginalizadas ou ignoradas nas interações entre o usuário e a interface do chatbot. Estas interações ocorrem quando o usuário avalia e reforça uma resposta e a máquina, no futuro, tende a retornar resultados que são desejados pelos usuários, ou seja a confirmação de viés, diferentemente do que poderia ocorrer numa interação entre seres humanos¹⁷⁻¹⁸.

Ao inserir pensamentos na forma de escrita no chat, poder-se-ia potencializar a câmara de eco e eventualmente extravasar para outros grupos sociais, ou seja, outros usuários. A preocupação dessa possibilidade reside no fato de que a escrita do chat possa reproduzir pensamentos que sejam potencialmente ofensivos, equivocados ou indesejados¹⁷⁻¹⁹.

Além disso, as interações entre máquina e homem pode afetar a forma como o ser humano pensa e interferir culturalmente numa instituição no longo prazo²⁰. Uma forma dessa abordagem acontecer seria por meio do relativismo linguístico nas interações entre o chat e o usuário²⁰⁻²¹. O relativismo linguístico tem o potencial de mudar a forma como as pessoas pensam por meio sutil da ressignificação de palavras ao longo do tempo²⁰. Ao sugerir palavras com significados diferentes dos que são utilizados na instituição SEDEC, com o tempo, a cultura pode ser modificada.

As considerações acerca do ensino afetam o planejamento estratégico da implementação de IA na SEDEC uma vez que é necessário reflexão acerca dessas mudanças sutis além da necessidade da capacitação de usuários e professores para a utilização dessas ferramentas.

Na automação de processos, a pesquisa de Gunasekara et al.¹⁹, explorou o uso de chatbots destacando que a IA pode ser estendida para melhorar a recuperação de informações e auxiliar na gestão de tarefas administrativas. O impacto da automação no ambiente administrativo como o jurídico ou o educacional, por exemplo, foi visto como positivo, pois facilita o acesso a dados, melhora o gerenciamento de recursos e libera profissionais para se concentrar em atividades mais complexas e criativas.

A automação também tem papel central na segurança pública com o uso de IA para a investigação criminal²³. O uso da IA para automatizar a análise de imagens, classificar e identificar padrões aumenta a precisão das investigações, permitindo que as forças de segurança

pública atuem de maneira mais precisa.

Os chatbots, especificamente, também apresentam uma série de vantagens. A pesquisa de Van Noordt e Misuraca²⁴ examinaram sua contribuição para a prestação de serviços públicos ao destacar que essa tecnologia pode liberar funcionários de tarefas repetitivas, permitindo que se concentrem em atividades mais complexas e estratégicas.

Essa abordagem aumenta a capacidade de resposta dos serviços públicos e melhora a experiência do usuário. Além disso, a performance dos assistentes virtuais, segundo apontado por Baptista²⁵ não apenas reduz a necessidade de recursos humanos, mas também oferece interfaces mais configuráveis e eficazes, que atendem às necessidades flexíveis dos usuários.

Por outro lado, a literatura sugere a importância de considerar os desafios éticos e as implicações jurídicas associadas ao uso crescente de IA. Estudos como o de Ribeiro e Matos²⁶ oferecem uma base para discussões sobre a necessidade de regulamentar a IA forte, propondo reflexões sobre os impactos jurídicos e éticos dessa tecnologia.

A governança ética foi apontada como um elemento central para garantir que a IA seja usada de forma justa e responsável, beneficiando a sociedade como um todo²⁶. Essas preocupações também aparecem no contexto da regulamentação internacional da IA proposto por Gandra²⁷, onde o avanço dessa tecnologia pode gerar novas dinâmicas de poder e relações geopolíticas, exigindo uma regulamentação adicional para mitigar os riscos de autoritarismo digital e desigualdades.

Assim, percebeu-se que há uma perspectiva positiva sobre o emprego da IA, no caso desta pesquisa por meio de chatbots. Quando estes são aplicados de forma estratégica, promovem, potencialmente, uma série de benefícios tangíveis, como aumento de eficiência, previsibilidade dos resultados, melhoria da governança e maior eficácia na prestação de serviços públicos.

Esses achados são relevantes para a SUOP, que pode aproveitar essas tecnologias para otimizar seus processos e oferecer melhores serviços à população, ao mesmo tempo em que enfrentam os desafios éticos, de regulamentação necessários para uma implementação responsável e justa, e sobretudo mantendo uma gestão sobre a identidade cultural institucional que serão discutidas na próxima seção.

Ao se analisar as quatro fontes de evidências sobre os riscos relacionados ao emprego de chatbots no setor público, identificou-se que um dos principais riscos identificados é a produção de informações imprecisas ou tendenciosas pelos sistemas de IA, o que pode comprometer a confiabilidade e a qualidade do atendimento ao público.

Conforme destacado no Guia de uso de IA generativa no TCU¹¹, um dos fenômenos associados ao uso de IA é a alucinação, onde a tecnologia pode gerar respostas falsas, mas

apresentadas com confiança, que podem ser aceitas sem a devida verificação, potencialmente prejudicando o serviço público e expondo dados sensíveis.

Além disso, a falta de regulamentação específica sobre o uso dessas tecnologias no contexto público é um desafio. Narcizo⁷, por exemplo, destacou a importância de garantir que os projetos de IA atendam às normas de conformidade legal, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). A ausência de uma normativa específica pode expor as organizações a riscos jurídicos e éticos, além de comprometer a privacidade e a segurança dos dados dos cidadãos.

Durante as entrevistas, os participantes também expressaram preocupações com a dependência tecnológica e a possível substituição de mão de obra humana. O Participante 2 comentou que "a IA pode acabar fazendo com que certas funções percam sua relevância", refletindo um receio de que a automação possa exacerbar a vulnerabilidade de determinados cargos e reduzir a autonomia dos profissionais no processo decisório.

A preocupação é relevante por dois motivos: o primeiro é que se por um lado a máquina auxilia o ser humano e não o substitui, ao utilizar a máquina e realizar com maior eficiência uma tarefa, existe a possibilidade de realocação mais racional do efetivo humano e em alguns casos redução da mão de obra efetivamente, como aconteceu, no estudo de Gandra²⁸ na FAB. A segunda preocupação é que sistemas de IA possam interferir na tomada de decisões humanas, reduzindo o controle e o gerenciamento dos usuários sobre seus próprios processos decisórios²⁹.

A escalabilidade e o treinamento manual de perguntas e respostas também representam desafios, especialmente quando o chatbot é aplicado em um contexto mais amplo, como sugerido pelo Participante 3, que mencionou que a IA, apesar de útil, ainda "precisa de ajustes frequentes e personalização para se adaptar a situações específicas"⁷. Esses problemas de escalabilidade podem dificultar a implementação de chatbots em ambientes com demandas variadas e complexas, exigindo uma supervisão constante para evitar erros e omissões.

Além disso, a integração com sistemas (software e hardware) legados no setor público ainda é uma barreira considerável. O trabalho de Narcizo⁷ enfatizou a importância de alinhar essas tecnologias com os sistemas existentes para garantir uma implementação bem-sucedida e evitar sobreposições tecnológicas que podem resultar em gastos adicionais ou duplicação de esforços.

A resistência cultural ao uso de tecnologias de IA, conforme apontado no relatório e nas entrevistas, foi um fator que não deve ser ignorado. Os profissionais podem se sentir desconfortáveis ou relutantes em adotar novas ferramentas tecnológicas, o que pode retardar o progresso de iniciativas baseadas em IA.

A utilização de chatbots em processos administrativos e na prestação de serviços públicos apresenta um risco significativo relacionado à produção de respostas erradas ou imprecisas.

Conforme apontado na literatura, a IA, ao fornecer informações incorretas, pode gerar sérias consequências, especialmente quando aplicada em setores críticos, como a defesa civil ou o CBMERJ. A produção de informações tendenciosas ou inconsistentes, segundo Feng, Botha e Pitt¹² foi um dos problemas mais recorrentes na utilização de chatbots e isso pode comprometer a confiança dos usuários e a eficácia do atendimento.

O fenômeno de alucinação dos chatbots, descrito no guia de IA do TCU¹¹, ilustra como um chatbot pode gerar respostas errôneas com grande confiança, levando os usuários a aceitarem informações incorretas sem questionamento.

Outro risco é a inadequação do uso de chatbots por profissionais que não possuem o conhecimento técnico necessário para interpretar ou corrigir as respostas fornecidas. A falta de conhecimento prévio pode levar a uma dependência excessiva de tecnologias que, em muitos casos, exigem supervisão humana para garantir a acurácia das informações. O Participante 3 expressou essa preocupação ao mencionar que "sem o conhecimento técnico, fica difícil saber quando o chatbot está realmente errado ou apenas incompleto", refletindo a necessidade de treinamento especializado para aqueles que interagem com essas ferramentas no contexto profissional⁷.

A dependência de profissionais com baixo nível de compreensão sobre o funcionamento da IA aumenta o risco de que instruções prejudiciais ou equivocadas sejam seguidas sem a devida verificação. Isso é problemático em contextos em que respostas precisas são esperadas, como no atendimento ao público ou em situações de emergências durante os desastres. A integração inadequada de chatbots com sistemas legados, como apresentado por Eugênio³⁰ pode ainda amplificar esses riscos, tornando a tecnologia mais difícil de utilizar e gerando frustração entre os funcionários que precisam se adaptar a novas ferramentas sem o devido suporte.

Além disso, o problema da escalabilidade dos chatbots e a necessidade de treinamento da base de dados para adaptar perguntas e respostas melhoradas também foram identificados como desafios⁷. Isso significa que, em contextos onde há uma grande variação de demandas, os chatbots podem se tornar ineficazes sem constantes atualizações e ajustes.

A falta de treinamento da base de dados limita a capacidade do chatbot de fornecer respostas contextualmente precisas, o que pode resultar em uma experiência de usuário inconsistente e insatisfatória. Isso foi mencionado por um participante que destacou que "a cada nova função adicionada ao chatbot, percebemos que há uma curva de aprendizado que nem sempre é intuitiva para quem utiliza"⁷.

Por fim, Sales¹⁴ apontou a necessidade de regulamentação claras como tanto para proteger os trabalhadores que interagem com essas tecnologias quanto para garantir que os sistemas de IA sejam utilizados de maneira ética e transparente.

O Participante 2 mencionou que "a IA pode acabar automatizando funções importantes sem a devida supervisão e isso preocupa a equipe", enfatizando o risco de uma dependência excessiva de sistemas automatizados sem a devida revisão humana⁷. Sem o controle humano, a IA pode perpetuar erros sistêmicos e introduzir vieses que impactam negativamente os usuários e os profissionais.

Em suma, os riscos relacionados à utilização de chatbots no setor público incluem não apenas a produção de respostas incorretas, mas também a dependência de profissionais sem o treinamento adequado, a escalabilidade limitada, a correção de perguntas e respostas e a falta de regulamentação robusta.

Esses riscos destacam a necessidade de um monitoramento contínuo e de melhorias nos sistemas de IA para garantir que eles atendam aos padrões de qualidade e segurança exigidos. O diálogo entre oportunidades e riscos possibilitou compreender o emprego do chatbot e consolidar uma perspectiva acerca de sua utilização no contexto da SUOP.

Quanto às perspectivas, a implementação de chatbots com IA no setor público oferece uma série de benefícios e desafios. A análise realizada nesta seção respondeu à pergunta de pesquisa, avaliando como uma abordagem de gestão orientada por dados, apoiada por IA, impacta os fluxos de trabalho na SEDEC. A seguir, são apresentados os principais riscos e oportunidades identificados, além de uma reflexão sobre como a teoria da mudança pode contribuir positivamente para a preservação da identidade cultural da SEDEC e para o cumprimento do objetivo geral da pesquisa.

Oportunidades:

- Automação de tarefas administrativas rotineiras.
- Diminuição do tempo nos processos administrativos.
- Melhoria na tomada de decisão.
- Padronização de processos.
- Melhoria do atendimento ao cidadão.
- Agilidade no tratamento de demandas jurídicas.
- Aprimoramento contínuo dos sistemas.
- Redução de custos operacionais.
- Realocação de mão de obra.
- Retenção de conhecimento

Riscos

- Informações imprecisas ou tendenciosas.
- Dependência tecnológica.
- Substituição de mão de obra.

- Dificuldades de integração com sistemas legados.
- Falta de regulamentação específica.
- Necessidade de treinamento constante.
- Resistência à mudança cultural.
- Viés de confirmação.
- Câmara de eco.

Apesar dos riscos, os benefícios superam as ameaças e as oportunidades que a IA oferece são mais vantajosas para a modernização da SUOP. Desde que os sistemas sejam implementados com a devida cautela, acompanhados de treinamento contínuo dos profissionais e supervisão, os resultados esperados incluem maior eficiência, precisão, previsibilidade e rapidez na prestação de serviços públicos. A padronização dos processos administrativos também assegura que as operações sejam realizadas com maior previsibilidade e retenção de conhecimento.

Embora a implementação de IA traga modernização e eficiência, a preservação da identidade cultural da SEDEC é um aspecto que deve ser mantido ou em última análise ser modelado de forma consciente, intencional e programada. A SEDEC, como instituição pública, possui um conjunto de valores e práticas que a definem, e a introdução de novas tecnologias não deve comprometer esses pilares. A teoria da mudança, aplicada no contexto da adoção de IA, propõe que as inovações tecnológicas devem ser introduzidas de forma gradual e integrada aos processos culturais existentes. Isso significa que a adoção de IA deve respeitar e complementar as práticas atuais da SEDEC, preservando o que há de único e valioso na sua cultura organizacional e modificando o que for desejável.

Além disso, a teoria da mudança sugere que a IA deve ser vista como uma ferramenta de empoderamento, tanto para os profissionais quanto para a população atendida pela SEDEC. Ao automatizar tarefas repetitivas e melhorar a capacidade de resposta, a IA permite que os profissionais da SEDEC se concentrem em tarefas de maior valor agregado, como a gestão de crises e o atendimento estratégico às necessidades da população. Para a população, a adoção de IA promete melhorias no atendimento, com respostas mais rápidas e precisas, e uma prestação de serviços mais eficiente, além de reter conhecimento de profissionais altamente qualificados.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo alcançou o objetivo geral de descrever uma metodologia que integra tecnologias de inteligência artificial, especificamente sistemas de perguntas e respostas, para apoiar a transição da SEDEC rumo a uma gestão orientada por dados, preservando simultaneamente a identidade cultural institucional. A análise dos resultados empíricos,

articulada ao referencial teórico e às recomendações normativas, sustentou que a incorporação planejada de IA nos fluxos administrativos da SUOP constituiu uma estratégia tecnicamente viável e institucionalmente coerente com os desafios contemporâneos da Defesa Civil.

Os benefícios da IA superaram os riscos quando implementada de forma gradual, supervisionada e apoiada por capacitação contínua foi sustentada pela convergência das quatro fontes de evidência analisadas. Os achados demonstraram ganhos objetivos de eficiência, como redução do tempo de resposta, padronização de processos e liberação de profissionais para atividades estratégicas e reforçaram que a automação tende a aumentar a previsibilidade, a retenção de conhecimento e a robustez organizacional.

Esta visão foi corroborada pelos entrevistados, pelo uso piloto do chatbot e pelo alinhamento com diretrizes externas, como o Guia de IA do TCU. Assim, a integração da IA, ancorada pela teoria da mudança, mostrou-se capaz de preservar práticas identitárias da SEDEC, orientando a inovação tecnológica sem ruptura cultural.

Apesar desses avanços, persistem limitações estruturais e desafios que demandam investigações subsequentes. As principais fragilidades observadas incluem a necessidade de treinamento contínuo da base de dados, riscos de alucinação algorítmica, dependência tecnológica, viés de confirmação, câmara de eco, dificuldade de integração com sistemas legados e variações na maturidade digital dos usuários. Também se destacam os desafios éticos e jurídicos relacionados à conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados, à governança da automação e aos potenciais impactos culturais de longo prazo.

Pesquisas futuras devem aprofundar a aplicabilidade da IA em outros setores da SEDEC e do CBMERJ, como análise de dados de campo em tempo real, modelagem preditiva para desastres e automatização de rotinas administrativas. Além de desenvolver metodologias de implementação escalonada que equilibrem inovação, segurança normativa e proteção identitária. Investigações sobre métricas de desempenho cultural, protocolos de mitigação de vieses e mecanismos redundantes de supervisão humana poderão ampliar a confiabilidade e a legitimidade dessas tecnologias no contexto público.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Todos são militares do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS



1. Naser MZ, Kodur V. Cognitive infrastructure – a modern concept for resilient performance under extreme events. *Autom Constr* [Internet]. 2018 [citado 13 ago 2024]. Disponível em: <https://nfastructure-concept-performance-extreme-events-naser/4429a7d3a2065323b523118a7f98a88f/>
2. Fernandes SB. Descoberta de conhecimento em banco de dados aplicados em proteção e defesa civil: uma análise dos registros de socorros contribuindo para a identificação de desastres. *Rev Científica Multidiscip Núcleo Conhecimento*. 2022;06(07):05–20.
3. Fernandes SB, Carvalho WD, Santos M. O emprego de análise por principais componentes na instrumentalização de classificadores de desastres. *Rev FLAMMAE*. 2024.
4. Valentin-Cortes M. The Public Health Consequences of Compounding Disasters and Colonialism in Puerto Rico: A Mixed-Methods Investigation [Internet]. Tese. 2024 [citado 5 jun 2024]. Disponível em: <http://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/193266>
5. Vogel K, Sieg T, Veh G, Fiedler B, Moran T, Peter M, et al. Natural Hazards in a Changing World: Methods for Analyzing Trends and Non-Linear Changes. *Earth's Future*. 2024;12(5):e2023EF003553.
6. Dehghanisanij A, Khakzad N, Salzano E, Amyotte P. Protecting oil storage tanks against floods: Natech risk assessment with imprecise probabilities. *Can J Chem Eng* [Internet]. 2024 [citado 5 jun 2024];n/a(n/a). Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cjce.25349>
7. Narcizo RM. TOOLKIT CONEX.IA. Rio de Janeiro: Rede Conexão Inovação Pública; 2024.
8. Fernandes S, Godoi G, Mendonça M. A SEDEC orientada por dados: um estudo de caso sobre a utilização de inteligência artificial empregada nos processos administrativos. Trabalho de Conclusão de Curso. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas; 2024.
9. Yin RK. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman; 2015.
10. Bardin L. Análise de Conteúdo. 1. ed. São Paulo: Almedina; 2011.
11. Tribunal de Contas da União (TCU). Guia de uso de inteligência artificial generativa no Tribunal de Contas da União. Brasília: TCU; 2024.
12. Feng CM, Botha E, Pitt L. From HAL to GenAI: Optimizing chatbot impacts with CARE. *Bus Horiz*. 2024.
13. Gonçalves MA. A possibilidade da utilização de inteligência artificial na gestão de projetos do Exército Brasileiro. 2020.





14. Sales RHD. A Quarta Revolução Industrial e os Impactos nos Contratos de Emprego: Da Automação e Inteligência Artificial à Uberização [Internet]. São Paulo: LTr Editora; 2024 [citado 30 jul 2024].
15. Pimentel M, Carvalho F. Cibertecnicismo. *Rev Educ Pública*. 2022;31:1–22.
16. Matias KA, Moresi E, Kohls-Santos P. Trends in artificial intelligence and blended learning: an exploratory study. *Póiesis Pedagógica*. 2022;20:21.
17. Cinelli M, Morales GDF, Galeazzi A, Quattrocioocchi W, Starnini M. Echo Chambers on Social Media: A comparative analysis. *ArXiv [Internet]*. 2020 [citado 12 set 2024];abs/2004.09603. Disponível em: <https://echo-chambers-social-media-analysis-cinelli/d3764ff44d8e58ada8f107328bd3a1ce/>
18. Del Vicario M, Vivaldo G, Bessi A, Zollo F, Scala A, Caldarelli G, et al. Echo Chambers: Emotional Contagion and Group Polarization on Facebook. *Sci Rep*. 2016;6:37825.
19. Gunasekara C, Sharafeldin A, Triff M, Kabir Z, Ben Joseph R. Information Retrieval Chatbot on Military Policies and Standards. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods [Internet]*. Rome: SCITEPRESS; 2024 [citado 12 set 2024]. p. 714–22. Disponível em: <https://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0012351200003654>
20. Iwahashi N. Robots That Learn Language: Developmental Approach to Human-Machine Conversations. In: Vogt P, Sugita Y, Tuci E, Nehaniv C, orgs. *Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 4211. Berlin: Springer; 2006. p. 143–67.
21. Thierry G. Neurolinguistic Relativity: How Language Flexes Human Perception and Cognition. *Lang Learn*. 2016;66(3):690–713.
22. Zlatev J, Blomberg J. Language may indeed influence thought. *Front Psychol [Internet]*. 2015 [citado 12 set 2024];6. Disponível em: <https://consensus.app/papers/language-indeed-influence-thought-zlatev/93a967746c725992969878183f71581b/>
23. Rola ECS. Os principais contributos da inteligência artificial para o processamento de imagens digitais a utilizar na segurança pública [Dissertação]. Portugal: Universidades Lusíada; 2022.
24. van Noordt C, Misuraca G. New Wine in Old Bottles: Chatbots in Government. *Lect Notes Comput Sci*. 2019;11686:49–59.
25. Baptista BMC. IPBRICK OS-AI Voice/Chatbot [Internet]. 2022 [citado 30 jul 2024].



Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/140739/2/549042.pdf>

26. Ribeiro RA, Matos ML. Inteligência artificial forte como sujeito de direito e a ética por trás de seu desenvolvimento. In: Open Science Research IX [Internet]. Editora Científica Digital; 2022 [citado 30 jul 2024]. p. 908–26. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/221211308.pdf>
27. Limongi R. The use of artificial intelligence in scientific research with integrity and ethics. *Future Stud Res J Trends Strateg*. 2024;16(1):e845.
28. Gandra N. A inteligência artificial na 4a revolução industrial e os desafios à global governance [Internet]. Tese. Academia da Força Aérea; 2020 [citado 30 jul 2024]. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/39750>
29. Laitinen A, Sahlgren O. AI Systems and Respect for Human Autonomy. *Front Artif Intell*. 2021;4:705164.
30. Tribunal de Contas da União (TCU). Guia de uso de inteligência artificial generativa no Tribunal de Contas da União. 2024.
31. Eugénio A. Soberania Tecnológica: o Exemplo da Ucrânia.