



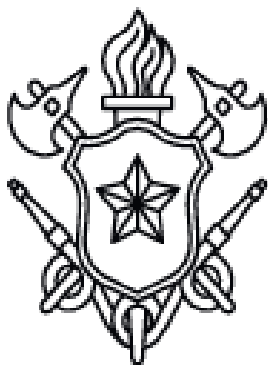
REVISTA CIENTÍFICA SOLDADO DO FOGO

do
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR
do ESTADO DO RIO DE JANEIRO

2026

ANO 2
VOLUME 2





CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Revista Científica Soldado do Fogo

EXPEDIENTE

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 tecnico-científicos produzidos no âmbito da Corporação e de instituições parceiras. Sua publicação é semestral e de livre acesso sob licença *Creative Commons*, que permite a utilização dos textos desde que devidamente referenciados.

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.

Os artigos assinados são de inteira responsabilidade dos autores.
Reproduções para fins comerciais são rigorosamente proibidas.

FICHA CATALOGRÁFICA

Revista Científica Soldado do Fogo / Soldado do Fogo Scientific Journal

Revista Científica Soldado do Fogo / Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro: CBMERJ, 2026.

v. : il.

Semestral.

ISSN [XXXX-XXXX]

Disponível em: www.soldadodofogo.cbmerj.rj.gov.br

1. Prevenção e combate a incêndios. 2. Administração pública. 3. Atendimento em emergência pré-hospitalar. 4. Busca, resgate e salvamento e suas tecnologias. 5. Proteção e defesa civil. 6. Atenção em saúde. 7. Qualidade de vida e assistência social. 8. Ensino

Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro

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

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

Copyright © 2026. Catalogação na fonte: Estado-Maior Geral do CBMERJ

Contato: rcsoldadodofogo@gmail.com

Site: soldadodofogo.cbmerj.rj.gov.br



CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Revista Científica Soldado do Fogo

**Governador do Estado do Rio de Janeiro em exercício
Exmo. Sr. Des. Ricardo Couto de Castro**

**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**

**Editora-Chefe
Maj BM Andreia Pereira Escudeiro (PhD)**

**Conselho Editorial
Ten-Cel BM Paulo Alípio Germano Filho (PhD)
Ten-Cel BM Marcelo Luciano Vieira (PhD)
Maj BM Thiago de Barros Ramos (MSc)
Maj BM Marglory Fraga de Carvalho (PhD)
Maj BM Arthur Jorge de Veras da Silva (MSc)
Cap BM Bruna Reis Monteiro (MSc)**

**Diagramação
Maj BM Arthur Jorge de Veras da Silva
Cap BM Bruna Reis Monteiro**

Sumário

Editorial do Chefe do Estado-Maior Geral e Subcomandante-Geral do CBMERJ.....5

ARTIGOS

Importância da análise estatística dos dados da Diretoria de Pesquisas, Perícias e Testes (DPPT) para a retroalimentação do ciclo operacional de bombeiro.....07

Acessibilidade e atendimento emergencial à pessoa surda: uma revisão de práticas e tecnologias nas corporações de bombeiros militares.....27

Abrigos temporários e saúde pública: desafios e aprendizados nas enchentes do Rio Grande do Sul em 202445

Análise geoestatística das ocorrências de defesa civil associadas a movimentos de massa em Niterói (RJ): estimativa probabilística e mapeamento de suscetibilidade.....62

Câncer de pele em guarda-vidas: exposição ocupacional à radiação ultravioleta e estratégias de fotoproteção - revisão narrativa.....81

Estudo da utilização de sonar subaquático portátil no apoio aos salvamentos marítimos nas praias do Rio de Janeiro.....92



EDITORIAL DO SUBCOMANDANTE-GERAL E CHEFE DO ESTADO-MAIOR GERAL DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Caros leitores, pesquisadores e bombeiros militares,

É com grande satisfação que apresento a 2ª edição da Revista Científica Soldado do Fogo (RCSF), publicação que, desde seu primeiro número, vem demonstrando que o conhecimento técnico-científico é parte indissociável da atividade bombeiro-militar. Mais do que uma vitrine acadêmica, esta revista comprova que o bombeiro militar fluminense pensa, pesquisa e produz ciência a partir da realidade que vivencia diariamente nas ruas, nos quartéis e nas comunidades que tem a missão de servir.

Os artigos reunidos nesta edição reafirmam essa vocação. Neles, vemos oficiais e praças do CBMERJ investigando soluções tecnológicas para os desafios operacionais da Corporação, desenvolvendo estudos voltados à proteção de vidas e ao aprimoramento de equipamentos e protocolos, propondo arranjos institucionais para o cuidado com os profissionais que dedicaram suas carreiras à Instituição, avaliando alternativas para a sustentabilidade e modernização de nossas unidades, e resgatando a memória histórica que fundamenta nossa doutrina.

Todos esses trabalhos têm origem em uma mesma convicção: a excelência operacional do bombeiro militar também se constrói por meio da capacidade de questionar, medir, testar e aprimorar continuamente seus processos. Não basta agir com coragem; é preciso agir com método, evidências e ciência. Essa é a essência da cultura institucional que buscamos fortalecer e consolidar de forma permanente.

Como Chefe do Estado-Maior Geral e Subcomandante-Geral, tenho a responsabilidade de contribuir para o planejamento estratégico da Corporação, e poucas ferramentas são tão valiosas para esse propósito quanto a pesquisa aplicada aqui apresentada.



EDITORIAL DO CHEFE DO ESTADO-MAIOR GERAL E SUBCOMANDANTE-GERAL DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Cada artigo desta edição representa uma fonte de conhecimento capaz de subsidiar decisões mais qualificadas sobre a gestão, a capacitação de nossos profissionais, o emprego de recursos, a proteção de nossos veteranos e a modernização contínua da Instituição.

Reafirmo, portanto, o convite que esta revista dirige a toda a tropa: que cada vez mais bombeiros militares transformem sua experiência prática em conhecimento registrado, analisado e compartilhado. A ciência produzida neste espaço não constitui um exercício acadêmico distante da realidade operacional; ao contrário, é uma extensão direta dela e um instrumento fundamental para seu aperfeiçoamento.

Aos autores desta 2ª edição, expresso meu reconhecimento pelo rigor, dedicação e compromisso com a produção do conhecimento. À equipe editorial, registro meu agradecimento pelo trabalho incansável e pela busca permanente da excelência. E a você, leitor, deixo o convite para que encontre nestas páginas não apenas informação, mas também inspiração para continuar servindo à sociedade com a mesma disciplina, competência e espírito científico que sempre distinguiram os Soldados do Fogo do Estado do Rio de Janeiro.

Cel BM Luciano Pacheco Sarmento

Chefe do Estado-Maior Geral e Subcomandante-Geral do CBMERJ





Imagem gerada por IA, meramente ilustrativa.



Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de julho de 2026

Importância da análise estatística dos dados da Diretoria de Pesquisas, Perícias e Testes (DPPT) para a retroalimentação do ciclo operacional de bombeiro militar

Autores:

Ulisses David Gabardo

Graduação no Curso de Formação de Oficiais da ABMDPII

ORCID: [0009-0009-6663-1079](https://orcid.org/0009-0009-6663-1079)

Diretoria de Pesquisas, Perícias e Testes - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

E-mail: ulissesgabardo.uff@gmail.com

Frederico dos Santos Cardoso

Graduação no Curso de Formação de Oficiais da ABMDPII

ORCID: [0009-0001-4234-0586](https://orcid.org/0009-0001-4234-0586)

Diretoria de Pesquisas, Perícias e Testes - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil



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

IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS DA
DIRETORIA DE PESQUISAS, PERÍCIAS E TESTES (DPPT) PARA A
RETROALIMENTAÇÃO DO CICLO OPERACIONAL DE BOMBEIRO

Ulisses David Gabardo^{1*} e Frederico dos Santos Cardoso¹

¹Diretoria de Pesquisas, Perícias e Testes - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

*Autor correspondente. E-mail: ulissesgabardo.uff@gmail.com

RESUMO: A perícia de incêndio desempenha papel fundamental na compreensão das dinâmicas envolvidas nos eventos incendiários, ao produzir dados técnicos capazes de subsidiar ações de prevenção, resposta operacional e gestão institucional. Quando sistematizadas e analisadas de forma científica, essas informações permitem identificar padrões recorrentes e promover a retroalimentação do ciclo operacional dos Corpos de Bombeiros. Objetivo: Analisar e sistematizar os dados dos incêndios periciados pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) no segundo semestre de 2025, consolidando informações de natureza estrutural, preventiva e operacional. Métodos: Foram analisados 55 incêndios estruturais e cinco incêndios florestais, a partir de formulários padronizados da Diretoria de Pesquisas, Perícias e Testes (DPPT), utilizando estatística descritiva, inferência bayesiana simples e análise qualitativa temática. Resultados: Os resultados evidenciam elevada proporção de não conformidade aos dispositivos preventivos exigidos pelo COSCIP, predominância de causas acidentais e recorrência de fatores operacionais críticos. Conclusão: A sistematização dos dados periciais constitui ferramenta estratégica para o aprimoramento da prevenção, da resposta aos incêndios e da gestão do conhecimento institucional. Palavras-chave: Perícia em incêndio, prevenção, retroalimentação.

ABSTRACT: Fire investigation plays a fundamental role in understanding the dynamics of fire events by producing technical data that support prevention strategies, operational response, and institutional management. When systematically organized and scientifically analyzed, these data allow the identification of recurring patterns and promote feedback within the operational cycle of fire departments. Objective: To analyze and systematize data from fires investigated by the Military Fire Department of the State of Rio de Janeiro (CBMERJ) during the second semester of 2025, consolidating structural, preventive, and operational information. Methods: The analysis comprised 55 structural fires and five wildfires, based on standardized forms developed by the Research, Investigation, and Testing Division (DPPT), using descriptive statistics, simple Bayesian inference, and qualitative thematic analysis. Results: The results indicate a high proportion of non-compliance with preventive devices required by fire safety regulations, predominance of accidental causes, and recurrence of critical operational factors. Conclusion: The study concludes that the systematization of fire investigation data represents a strategic tool for improving fire prevention, emergency response, and institutional knowledge management. Keywords: Fire investigation, prevention, feedback.





1. INTRODUÇÃO

De modo geral, a perícia constitui um campo científico interdisciplinar fundamentado na integração de conhecimentos de diferentes áreas, que busca coletar, analisar e interpretar vestígios, com o objetivo de conferir materialidade e embasamento técnico aos fatos averiguados¹. Nesse contexto, a perícia de incêndio destaca-se como investigação técnica voltada à determinação da origem, da causa e da dinâmica de incêndios e explosões. Esse processo envolve a análise do local sinistrado, dos vestígios, dos materiais envolvidos e dos sistemas de segurança, visando compreender o evento, subsidiar ações preventivas e elaborar laudos periciais para fins legais.

Trata-se de uma área especializada, que exige não apenas sólido conhecimento teórico, mas também experiência empírica sobre os fenômenos envolvidos. No Estado do Rio de Janeiro, a perícia de incêndio administrativa é conduzida pela Diretoria de Pesquisas, Perícias e Testes (DPPT). Sua finalidade legal é estudar os incêndios para compreendê-los e preveni-los, conforme a Lei Federal nº 14.751/2023², que organiza as atribuições dos Corpos de Bombeiros Militares e reconhece a perícia como instrumento de aprendizado institucional.

No estado do Rio de Janeiro, até o final do primeiro semestre de 2025, as perícias de incêndio, embora tecnicamente consistentes, eram realizadas de forma pontual e dispersa, sem gerar valor estatístico consolidado. Essa limitação dificultava a retroalimentação operacional baseada em evidências científicas. Entretanto, a coleta sistemática de dados dos incêndios atendidos apresenta potencial para aprimorar continuamente os processos de gestão e prevenir eventos semelhantes³.

Nesse sentido, Lugon et al. (2018)⁴ destacam que a melhoria contínua da gestão do conhecimento e da gestão pública favorece o aperfeiçoamento das práticas institucionais, reduzindo falhas e perdas financeiras, temporais e humanas. Além da dimensão operacional, estudos internacionais têm destacado a importância da utilização sistemática de dados provenientes de investigações de incêndio como ferramenta de aprendizagem organizacional e prevenção baseada em evidências. Sistemas nacionais de registro e análise de ocorrências, como o *National Fire Incident Reporting System* (NFIRS), nos Estados Unidos, demonstram que a consolidação de bancos de dados estruturados permite identificar padrões recorrentes, monitorar tendências, subsidiar políticas públicas e orientar ações preventivas de forma mais eficiente⁵. De modo semelhante, a *National Fire Protection Association* (NFPA) tem ressaltado que a análise integrada de dados de incêndio constitui componente essencial para compreensão dos fatores de risco e para o aprimoramento contínuo das estratégias de segurança contra incêndio⁶. Como consequência, observa-se maior eficiência e eficácia, com impacto direto na qualidade dos serviços prestados, incluindo a atividade de prevenção e combate a incêndios.

Diante desse cenário e visando à adequação à Lei Federal nº 14.751/2023², foi desenvolvido,





no início de 2025, um novo modelo operacional aprovado pelo Estado-Maior Geral: a coleta sistemática de dados de incêndios atendidos pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). Em caráter experimental, o primeiro período de análise concentrou-se em aspectos estratégicos, como dispositivos preventivos fixos exigidos pelo Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (COSCIP), vítimas em edificações residenciais multifamiliares e incêndios florestais relevantes.

A implementação dessa coleta visa compreender a efetividade das estratégias adotadas e identificar pontos de aprimoramento, tanto na prevenção quanto na resposta a desastres. Contudo, a divulgação dos dados de incêndios atendidos pelo CBMERJ ainda é incipiente e pouco compreendida por pesquisadores e bombeiros militares. Além disso, o sistema de registro e divulgação dessas informações carece de maior robustez legal e padronização conceitual, o que reforça a necessidade de estudos para seu fortalecimento institucional.

Assim, a principal motivação deste estudo reside na escassez de pesquisas científicas sobre incêndios no contexto brasileiro, especialmente no estado do Rio de Janeiro. Busca-se construir uma base consistente de conhecimento que subsidie o aprimoramento das ações dos bombeiros militares, tanto na prevenção quanto na resposta a eventos críticos.

Com base nessas considerações, o objetivo geral consiste em analisar e sistematizar os dados dos incêndios periciados pelo CBMERJ no segundo semestre de 2025, consolidando informações estruturais, preventivas e operacionais. Especificamente, pretende-se identificar as tipologias das edificações afetadas; verificar a presença, ausência ou parcialidade dos dispositivos preventivos exigidos pelo COSCIP; analisar causas e subcausas dos incêndios; examinar a ocorrência de incêndios florestais relevantes; consolidar dados sobre vítimas; identificar lacunas no ciclo operacional do CBMERJ e propor melhorias; além de produzir subsídios para a retroalimentação operacional e normativa.

2. MÉTODOS

2.1 Desenho de estudo e amostra

Trata-se de um estudo observacional, de caráter descritivo-analítico. Utilizou-se abordagem metodológica mista (quantitativa e qualitativa), conduzida a partir de dados periciais de incêndio coletados pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ).

O universo de análise foi composto pela totalidade dos 60 formulários de retroalimentação preenchidos durante o semestre experimental de implementação do instrumento, correspondendo a 60 eventos de incêndio, sendo 55 em edificações e cinco incêndios florestais, ocorridos entre 01 de julho de 2025 e 31 de dezembro de 2025. Os dados foram consolidados e validados pela Divisão de Análise e Estatística (DAE) da Diretoria de Pesquisas, Perícias e Testes (DPPT).





Foram adotados critérios de inclusão baseados em relevância operacional e potencial de geração de conhecimento para retroalimentação institucional: (a) edificações residenciais multifamiliares com vítimas transportadas ou óbito; (b) edificações com exigência de dispositivos preventivos fixos estratégicos; e (c) incêndios florestais com impacto operacional, ambiental ou social relevante. Foram excluídos incêndios que não atendiam a esses critérios.

Nesse sentido, os casos analisados corresponderam à totalidade dos formulários de retroalimentação produzidos durante o semestre experimental de implementação do instrumento pela DPPT. A identificação dos eventos elegíveis foi realizada a partir de sistemas operacionais institucionais, registros das unidades operacionais e acompanhamento da rotina pericial. Embora os sistemas corporativos do CBMERJ registrem milhares de acionamentos relacionados a incêndios ao longo do período, esses registros incluem chamados duplicados, múltiplos despachos para uma mesma ocorrência, eventos cancelados, erros de classificação operacional, princípios de incêndio e ocorrências que não atendiam aos critérios definidos para o estudo. Dessa forma, o universo de registros operacionais não corresponde ao universo de eventos elegíveis para preenchimento do formulário utilizado nesta pesquisa.

2.2 Aspectos Éticos

O estudo utilizou exclusivamente dados secundários provenientes de registros institucionais, sem identificação individual de vítimas ou envolvidos, garantindo anonimato e confidencialidade das informações. Por se tratar de dados administrativos e operacionais, não houve contato direto com participantes humanos.

Como suporte à elaboração do manuscrito, foi utilizada a ferramenta de inteligência artificial ChatGPT (OpenAI). Seu uso restringiu-se à revisão textual de trechos do manuscrito, sugestões de aprimoramento da redação científica e verificação da coerência descritiva das análises estatísticas já realizadas pelos autores. A ferramenta não foi utilizada para geração, coleta, tratamento ou análise dos dados, tampouco para interpretação dos resultados ou elaboração das conclusões do estudo. Todas as informações produzidas com auxílio da ferramenta foram revisadas criticamente pelos autores, que assumem integral responsabilidade pelo conteúdo final do manuscrito.

2.3 Variáveis de estudo

As variáveis foram organizadas conforme seus papéis analíticos:

- Desfecho (dependente): ocorrência de vítimas (presença/ausência, incluindo óbitos).
- Variáveis independentes: tipo de edificação (classificação COSCIP), causas e subcausas dos incêndios, conformidade dos dispositivos preventivos (conforme, parcial,





não conforme).

- Covariáveis: presença e tipo de dispositivos preventivos, objeto e material de ignição inicial, fatores operacionais e circunstanciais.

A classificação das edificações e dispositivos preventivos foi realizada conforme o Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (COSCIP; Decreto Estadual nº 42/20187). As causas e subcausas foram padronizadas com base na árvore de causas da DPPT, fundamentada na NFPA 9218. Cumpre registrar que o estudo se limitou a avaliar as características da unidade (altura, área total construída, ocupação, etc.), não verificando ano de construção ou outras variáveis que poderiam alterar suas exigências de acordo com o COSCIP.

2.4 Análise Estatística

A coleta de dados foi realizada por meio de um formulário estruturado de retroalimentação, desenvolvido com o objetivo de padronizar registros e reduzir variabilidade interpretativa entre peritos. Esse instrumento foi operacionalizado por meio de um software desenvolvido e disponibilizado em repositório no GitHub, permitindo registro remoto, armazenamento estruturado e consolidação automática dos dados.

Os dados foram obtidos a partir de múltiplas fontes: formulário de retroalimentação, Sistema de Gestão de Operações (SISGEO), registros das unidades operacionais e laudos periciais. A análise dos dados seguiu três etapas complementares:

- Estatística descritiva: cálculo de frequências absolutas e relativas, proporções e distribuição das variáveis, com construção de tabelas de contingência e cruzamentos (ex.: causa $\times$ conformidade; vítimas $\times$ tipo de edificação).
- Inferência bayesiana: utilizada para estimar a probabilidade de ocorrência de vítimas por tipo de edificação, considerando o reduzido número de observações em algumas categorias. Foi adotado um modelo Beta-Binomial com distribuição priori não informativa Beta (1,1). As distribuições posteriores foram obtidas por meio da atualização bayesiana da priori, resultando em distribuições Beta(1+y,1+n-y), em que y representa o número de incêndios com vítimas e n o número total de incêndios observados em cada grupo. Foram calculadas as médias posteriores e os intervalos críveis de 95%, correspondentes aos percentis 2,5% e 97,5% das distribuições posteriores. As análises foram realizadas no software R versão 4.4.2.
- Análise qualitativa temática: aplicada aos campos textuais dos formulários (ex.: fatores operacionais, dificuldades no combate, observações dos peritos). Inicialmente, os registros textuais foram submetidos à leitura exploratória para familiarização com o

conteúdo. Em seguida, realizou-se codificação indutiva dos relatos, buscando identificar padrões recorrentes relacionados a fatores operacionais, circunstanciais e comportamentais observados pelos peritos. Os códigos semelhantes foram agrupados em categorias temáticas mais amplas, que posteriormente foram revisadas e consolidadas pela equipe responsável pela análise. Por fim, as categorias identificadas foram quantificadas por frequência de ocorrência nos formulários, permitindo integrar evidências qualitativas e quantitativas na interpretação dos resultados.

Essa abordagem visou preservar a incerteza inerente aos dados, evitar generalizações indevidas e maximizar o valor interpretativo dos resultados para fins de retroalimentação operacional.

3. RESULTADOS

Esta seção apresenta os principais resultados obtidos a partir da análise dos Formulários referentes ao 2º semestre de 2025 (2025.2), organizados de modo a atender, de forma sistemática, aos objetivos propostos neste estudo. Os resultados são expostos com base nos três blocos desenvolvidos na metodologia, contemplando a caracterização geral da amostra, a avaliação da conformidade dos dispositivos preventivos fixos estratégicos e as análises integradas envolvendo tipo de edificação, causas, dinâmica inicial do incêndio e fatores operacionais e circunstanciais. Os resultados aqui apresentados constituem a base empírica para a discussão subsequente, na qual os achados serão interpretados à luz dos aspectos relacionados ao serviço de retroalimentação do ciclo operacional que deve ser prestado pela perícia do CBMERJ.

3.1 Bloco 1 - Caracterização geral da amostra

Este bloco buscou responder aos seguintes questionamentos.

- 1) Qual a distribuição dos incêndios estruturais analisados segundo o tipo de edificação, seu uso e ocupação?
- 2) Qual a frequência de ocorrência das causas e subcausas na amostra estudada?
- 3) Existe alguma concentração de causas/subcausas relacionada a cada tipo de edificação?

Para levantar os dados necessários para responder essas questões, foram analisados os campos referentes ao grupo e à ocupação da edificação de acordo com o COSCIP, o campo informativo sobre a quantidade de pavimentos e os campos relativos à possível causa e subcausa do incêndio. A partir dessas informações, foram realizadas análises descritivas da distribuição dos incêndios segundo o tipo de edificação, o número de pavimentos e as causas identificadas.

Observou-se predominância de incêndios em edificações do grupo A – Residencial, que



representaram 56,4% da amostra ($n = 31$). Em seguida, destacaram-se as edificações do grupo C – Comercial, correspondendo a 14,5% dos casos ($n = 8$). Os grupos Industrial (I) e Depósito (J) apresentaram participação semelhante, com 7,3% dos incêndios cada ($n = 4$), enquanto as edificações do grupo E – Escolar e cultura física corresponderam a 5,5% dos eventos ($n = 3$). Os demais grupos analisados (B, D, F e H) totalizaram 9,1% dos registros ($n = 5$). Esses resultados indicam que o semestre experimental de 2025.2 concentrou-se principalmente em ocupações residenciais, seguidas pelas ocupações comerciais, enquanto os demais grupos apareceram de forma mais dispersa, refletindo a diversidade dos cenários atendidos pelo CBMERJ.

Em relação ao número de pavimentos, a distribuição dos incêndios mostrou-se relativamente homogênea entre as categorias analisadas. Edificações com até dois pavimentos representaram 27,3% da amostra ($n = 15$), percentual idêntico ao observado para edificações com dez ou mais pavimentos ($n = 15$). As edificações com três a quatro pavimentos corresponderam a 25,5% dos casos ($n = 14$), enquanto aquelas com cinco a nove pavimentos representaram 20,0% dos registros ($n = 11$). Essa distribuição evidencia heterogeneidade quanto à verticalização das edificações periciadas, incluindo desde construções de baixa altura até edificações de maior complexidade operacional. A Tabela 1 apresenta a distribuição das causas e subcausas dos incêndios analisados.

Tabela 1 - Distribuição de causas e subcausas

Causa (total)	Subcausa	Quantidade	% causa	% total
Intencional (5)	Incendiarismo	4	80%	7,3%
	Suicídio/Tentativa de suicídio	1	20%	1,8%
	Outras causas intencionais	-	-	-
Acidental (39)	Fenômenos termoeletrônicos	27	69,2%	49,1%
	Térmica	9	23,1%	16,4%
	Mecânica/Atrito	-	-	-
	Reação química	1	2,6%	1,8%
	Ações humanas inseguras	1	2,6%	1,8%
	Descontrole de queima	1	2,6%	1,8%
	Outras causas acidentais	-	-	-
Natural (0)	Raio atmosférico	-	-	-
	Combustão espontânea	-	-	-
	Outras causas naturais	-	-	-
Indeterminada (11)	Evidências destruídas	6	54,5%	10,9%
	Evidências insuficientes	1	9,1%	1,8%
	Múltiplas causas possíveis	4	36,4%	7,3%

Fonte: Elaboração pela DAE (2026)

Na Tabela 1, é possível observar que há predominância de incêndios de natureza acidental, seguidos por registros indeterminados. Casos intencionais aparecem em menor número, não sendo observados eventos classificados como naturais no período analisado. Em relação às subcausas nos incêndios intencionais, mesmo com amostra pequena, houve predominância clara de incendiarismo, com ocorrência pontual associada a suicídio.



Entre as subcausas acidentais, os incêndios foram majoritariamente associados a fenômenos termoeletrônicos, representando mais de dois terços dos casos. Em segundo plano, aparecem eventos relacionados a fontes de calor abertas/chama, o que reforça padrões já observados na literatura, na prática pericial e na rotina dos bombeiros do Estado do Rio de Janeiro. As demais subcausas acidentais tiveram ocorrência residual, o que limita inferências, mas aponta para a diversidade de mecanismos possíveis.

Finalmente, a principal subcausa dos incêndios classificados como indeterminados foi a destruição das evidências, seguida por situações com múltiplas causas possíveis. Esse achado evidencia limitações recorrentes enfrentadas na apuração pericial, especialmente em cenários com elevado grau de dano, reforçando a importância de medidas preventivas e de preservação da cena.

As informações apresentadas anteriormente permitiram responder aos dois primeiros questionamentos deste bloco, relacionados à caracterização das edificações e à distribuição das causas e subcausas dos incêndios. Para responder ao terceiro questionamento, foi realizada uma análise integrada entre os grupos de ocupação das edificações e as causas identificadas nos eventos.

Observou-se que a predominância geral de incêndios de causa acidental também se manteve quando os dados foram analisados por grupo de edificação. Nas ocupações residenciais, foram registrados 25 incêndios acidentais, quatro indeterminados e dois intencionais. Entre as edificações comerciais, verificaram-se seis incêndios acidentais e dois indeterminados. Por sua vez, os grupos Industrial e Depósito apresentaram comportamento distinto, com maior frequência relativa de ocorrências classificadas como indeterminadas. No grupo Industrial, foram registrados dois incêndios indeterminados, um acidental e um intencional, enquanto no grupo Depósito observaram-se três ocorrências indeterminadas e apenas uma acidental.

Nas edificações classificadas como Escolar e cultura física, todos os eventos analisados foram atribuídos a causas acidentais. Já os demais grupos (B, D, F e H) apresentaram distribuição mais heterogênea, com três incêndios acidentais e dois intencionais.

De modo geral, os resultados sugerem que as ocupações residenciais e comerciais apresentam maior clareza para a determinação da natureza do incêndio, enquanto edificações industriais e depósitos concentram maior proporção de classificações indeterminadas. Embora essa interpretação deva ser realizada com cautela em razão do reduzido número de casos, uma possível explicação está relacionada às características construtivas, à carga de incêndio e à dinâmica de propagação normalmente observadas nesses tipos de ocupação, fatores que podem dificultar a preservação e a identificação dos vestígios necessários à determinação da causa.

3.2 Bloco 2 - Conformidade quanto a dispositivos preventivos

Este bloco buscou responder aos seguintes questionamentos:



- 1) Qual a distribuição dos incêndios estruturais analisados segundo a conformidade dos dispositivos preventivos estudados (comparação entre exigidos e encontrados)?
- 2) Qual a relação, caso exista, entre a ocorrência das causas de incêndio e nível de conformidade da edificação?
- 3) Qual a distribuição entre ocorrência de vítimas e nível de conformidade?

Para responder a esses questionamentos, o formulário continha um campo destinado ao registro dos dispositivos preventivos exigidos pelo COSCIP para cada tipo de edificação analisada. Em seguida, o perito informava quais dispositivos preventivos foram efetivamente encontrados no local. Com base nessas informações, as edificações foram classificadas quanto ao grau de conformidade. O instrumento também contemplava campos relativos à utilização dos dispositivos preventivos durante as ações de combate, tanto por populares quanto por bombeiros militares, bem como ao registro de eventuais falhas observadas durante sua utilização. No que se refere às vítimas, os registros permitiram identificar a ocorrência de óbitos, vítimas em geral e vítimas diretamente afetadas pelos efeitos do fogo, como queimaduras e inalação de fumaça. A Tabela 2 mostra a distribuição sobre a conformidade das edificações.

Tabela 2 - Conformidade das edificações

Classificação	Quantidade de incêndios	%
Conforme	11	20%
Parcialmente conforme	16	29,1%
Não conforme	26	47,3%
Sem exigência	1	1,8%
Indeterminada	1	1,8%

Fonte: Elaboração pela DAE (2026)

A Tabela 2 evidencia que a proporção de eventos analisados nos quais os dispositivos preventivos fixos não estavam instalados conforme as exigências do COSCIP é expressiva, totalizando 76,4% dos casos classificados entre as categorias “parcialmente conforme” e “não conforme”. Destaca-se que a avaliação da conformidade considerou exclusivamente a existência dos dispositivos preventivos fixos estratégicos previstos no COSCIP, não contemplando aspectos relacionados ao uso, acionamento ou desempenho desses sistemas durante o evento. A partir da análise dos campos referentes à utilização e às falhas dos dispositivos, verificou-se que, em 15 ocorrências, houve ao menos uma tentativa de utilização por parte de populares ou de bombeiros militares, sendo identificadas falhas em oito desses eventos.

Em relação às vítimas, observou-se que 15 incêndios (27,3%) registraram ao menos uma vítima, enquanto 40 ocorrências (72,7%) não apresentaram vítimas. Entre os eventos analisados, 12 (21,8%) envolveram vítimas diretamente afetadas pelos efeitos do fogo, como queimaduras e inalação de fumaça, e foram registrados dois óbitos (3,6%). Houve ainda uma ocorrência (1,8%)





envolvendo vítima cuja condição não decorreu diretamente dos efeitos do incêndio. De modo geral, a baixa frequência de vítimas observada mostra-se compatível com as características da amostra e com o recorte adotado neste estudo, uma vez que eventos envolvendo reunião de público e situações de aglomeração não constituíram o foco principal da análise realizada.

Para responder ao segundo questionamento, foi realizada uma análise integrada entre o nível de conformidade das edificações e as causas dos incêndios identificadas. Observou-se que a predominância de incêndios de causa acidental se manteve em todas as categorias de conformidade. Entre as edificações classificadas como conformes, foram registrados nove incêndios acidentais e dois indeterminados. Nas edificações parcialmente conformes, observaram-se 12 incêndios acidentais, três indeterminados e um intencional. Já entre as edificações não conformes, verificou-se a maior concentração de ocorrências, com 18 incêndios acidentais, quatro indeterminados e quatro intencionais.

As categorias “sem exigência” e “indeterminada” apresentaram apenas uma ocorrência cada, ambas classificadas como de causa indeterminada. De modo geral, independentemente da causa do incêndio, observou-se elevada frequência de edificações classificadas como parcialmente conformes ou não conformes. Nos incêndios de causa intencional, por exemplo, não foram identificadas edificações plenamente conformes, enquanto os incêndios acidentais apresentaram distribuição predominante entre as categorias parcialmente conforme e não conforme. Esses resultados reforçam a elevada frequência de inadequações relacionadas à implantação dos dispositivos preventivos fixos estratégicos exigidos pelo COSCIP. Contudo, considerando o caráter descritivo da análise e o reduzido número de ocorrências em algumas categorias, os dados não permitem estabelecer relações causais entre a conformidade das edificações e a natureza dos incêndios observados.

De forma geral, os resultados reforçam a elevada frequência de não conformidade ou conformidade parcial das edificações periciadas, independentemente da causa do incêndio, indicando desafios recorrentes relacionados à efetiva implantação e à adequada fiscalização dos dispositivos preventivos fixos estratégicos exigidos pelo COSCIP. Para o cruzamento entre os dados referentes à existência de vítimas e à conformidade dos dispositivos preventivos, considerou-se exclusivamente a presença de vítimas em cada evento. Assim, independentemente de se tratar de óbito, vítima decorrente dos efeitos diretos do fogo ou de outro tipo de lesão, o incêndio foi classificado como evento com vítima sempre que houve ao menos um registro. Essa opção metodológica teve como finalidade simplificar a interpretação dos resultados e subsidiar as análises realizadas no bloco subsequente.

Observou-se que a maioria dos incêndios analisados não resultou em vítimas, independentemente do nível de conformidade das edificações. Entre os 15 eventos com registro

de vítimas, sete ocorreram em edificações classificadas como parcialmente conformes, seis em edificações não conformes e apenas dois em edificações plenamente conformes. Não foram observadas vítimas nas categorias “sem exigência” e “indeterminada”.

Embora os dados não permitam estabelecer uma relação causal entre a conformidade dos dispositivos preventivos e a ocorrência de vítimas, a distribuição observada sugere que os eventos com impacto sobre pessoas ocorreram predominantemente em edificações que apresentavam algum grau de inadequação em relação às exigências normativas. Sob a perspectiva operacional, esses achados são compatíveis com a relevância atribuída aos dispositivos preventivos nas estratégias de mitigação de danos e proteção da vida, embora o presente estudo não permita estabelecer relações causais entre essas variáveis.

3.3 Bloco 3 - Análises integradas dos dados

Neste bloco, buscou-se, a partir das análises realizadas, integrar os diferentes conjuntos de dados com a finalidade de estimar probabilidades de ocorrência de vítimas em eventos futuros de características semelhantes, bem como verificar a existência de padrões recorrentes nos campos textuais dos formulários, tais como materiais que primeiro entraram em ignição, hipóteses prováveis, informações finais do perito e fatores operacionais e circunstanciais diversos. Para tanto, foram formulados os questionamentos a serem respondidos nesta etapa da análise. A Tabela 3 apresenta os resultados das inferências bayesianas realizadas com base nos dados anteriormente descritos.

- 1) Determinados tipos de edificação concentram maior proporção de incêndios e incêndios com vítimas?
- 2) Há padrões recorrentes entre causa, subcausa e material que primeiro entrou em ignição?
- 3) Quais fatores operacionais e circunstanciais descritos pelos peritos aparecem com maior frequência nos incêndios estruturais analisados?

Tabela 3 - Incêndios por tipo de edificação

Grupo da edificação	Nº de incêndios	Com vítimas	% com vítimas	Média posterior	Icr 95%
A – Residencial	31	10	32,3%	0,33	[0,19 ; 0,50]
C – Comercial	8	3	37,5%	0,40	[0,14 ; 0,70]
I – Industrial	4	1	25,0%	0,33	[0,05 ; 0,72]
J – Depósito	4	1	25,0%	0,33	[0,05 ; 0,72]
E - Escolar e cultura física	3	-	0%	0,20	[0,01 ; 0,60]
Outros grupos (B, D, F, H)	5	-	0%	0,14	[0,00 ; 0,46]
TOTAL	55	15	27,3%	0,28	[0,17 ; 0,40]

Fonte: Elaboração pela DAE (2026)



A partir da amostra de 55 formulários, foram identificados os eventos em que houve vítima (incluindo óbito). As edificações residenciais concentraram 31 dos 55 eventos e 10 dos 15 eventos com vítimas, o que representa respectivamente 56,4% e 66,7%. Embora as edificações residenciais tenham a maior parte dos casos, proporcionalmente as edificações comerciais tiveram maior frequência relativa de vítimas.

A escolha da inferência bayesiana foi realizada para considerar a incerteza associada ao reduzido número de observações em algumas categorias e ao desbalanceamento da amostra, fornecendo estimativas probabilísticas da ocorrência de vítimas por tipo de edificação. A média posterior encontrada difere ligeiramente da estimativa de frequência devido à incorporação da distribuição priori Beta (1,1), adotada como não informativa, a qual atribui igual plausibilidade a todos os valores possíveis da probabilidade p de ocorrência de vítimas antes da observação dos dados. Essa escolha introduz uma regularização mínima, especialmente relevante em amostras pequenas. O intervalo crível de 95% representa o intervalo no qual, dadas as informações disponíveis e o modelo adotado, existe 95% de probabilidade de que o valor verdadeiro da probabilidade de ocorrência de vítimas esteja contido.

A análise conjunta entre a possível causa e subcausa, o objeto que primeiro entrou em ignição e o material que primeiro entrou em ignição revelou padrões recorrentes e tecnicamente coerentes. Destacam-se, entre os incêndios acidentais, aqueles envolvendo equipamentos eletroeletrônicos e materiais poliméricos, bem como incêndios relacionados à cocção.

Entre os incêndios classificados como acidentais por fenômenos termoeletrônicos ($n = 27$), observou-se que aparelhos eletrodomésticos figuraram como os primeiros objetos a entrar em ignição em 13 ocorrências. Em outros nove eventos, a fiação elétrica foi identificada como elemento iniciador do incêndio, enquanto quatro casos permaneceram restritos aos quadros de energia das edificações. Esses resultados indicam uma recorrência consistente entre fenômenos termoeletrônicos, equipamentos eletroeletrônicos e materiais poliméricos presentes nas instalações elétricas.

Nos incêndios classificados como acidentais por causa térmica ($n = 9$), sete ocorrências estavam relacionadas à cocção de alimentos ou à utilização de fogões. Os principais objetos identificados como primeiros elementos a entrar em ignição foram fogões, panelas e coifas, enquanto os materiais mais frequentemente envolvidos foram óleos, MDF e plásticos presentes em armários e utensílios domésticos. Esse padrão demonstra coerência entre a classificação pericial atribuída e os materiais envolvidos no início do incêndio.

Entre os incêndios classificados como de causa indeterminada ($n = 11$), observou-se que oito tiveram algum tipo de mobiliário estofado como primeiro objeto atingido, sendo a espuma identificada como material inicial em seis ocorrências. Considerando as características de



combustão desses materiais, que favorecem a rápida destruição dos vestígios associados à ignição primária, esse padrão pode contribuir para explicar a maior frequência de classificações indeterminadas nesses casos.

Por fim, nos incêndios classificados como intencionais ($n = 5$), embora a amostra seja reduzida, verificou-se predominância de materiais de fácil ignição, como papel, tecidos e plásticos, além de indícios compatíveis com o uso de acelerantes em parte dos eventos. Os resultados mostram coerência entre os materiais identificados e as características normalmente associadas aos incêndios deliberadamente provocados.

O terceiro questionamento foi voltado a verificar questões operacionais voltadas tanto à rotina dos peritos quanto à dos bombeiros que combatem o incêndio, levantando dados que possam tentar entender dificuldades encontradas e oportunidades de melhorias dos serviços prestados pela corporação e da segurança dos militares. Os fatores encontrados de maneira mais recorrente não são exclusivamente estruturais, mas resultam da interação entre ambiente, comportamento humano e resposta inicial ao evento pelo público geral e formam um núcleo crítico associado à maior gravidade dos eventos. Em especial:

- Atraso na percepção (detecção tardia, fumaça percebida apenas após propagação, ausência de detecção automática, etc.);
- Resposta inicial inadequada (uso de água em óleo/gordura, combate sem desligar energia, manipulação direta do foco, etc.);
- Condições elétricas precárias (instalações improvisadas, extensões sobrecarregadas, condutores degradados, etc.);
- Dificuldade de acesso (ambientes confinados, excesso de carga combustível, layout desfavorável, corredores estreitos, falta de espaço para viaturas, etc.);
- Comportamento de pessoas ligadas ao evento (permanência no local, retorno para resgate de bens, tentativa de salvamento sem proteção, etc.).

A Figura 1 apresenta a frequência com que diferentes fatores operacionais e circunstanciais foram mencionados nos formulários analisados. Observa-se que o fator mais recorrente foi o atraso na percepção do incêndio, citado em 18 formulários, seguido pelas condições elétricas precárias, registradas em 16 ocorrências, e pela dificuldade de acesso ao local, mencionada em 14 eventos. A resposta inicial inadequada apareceu em 12 formulários, enquanto o comportamento de pessoas ligadas ao evento foi citado em menor proporção, com nove registros. Esses resultados sugerem que fatores relacionados à detecção tardia, às condições estruturais e às limitações operacionais desempenham papel relevante na dinâmica dos incêndios analisados.

Figura 1 - Fatores operacionais e circunstanciais recorrentes



Fonte: Elaboração pela DAE (2026)

3.4 Análise dos formulários de incêndios florestais

A amostra dos incêndios florestais foi reduzida, composta por apenas cinco formulários, o que limita a aplicação de análises estatísticas mais elaboradas. Dessa forma, optou-se por uma abordagem descritiva simples, apresentando as principais características observadas, sem inferências ou generalizações. Os cinco registros tiveram a seguinte distribuição no que diz respeito às causas/subcausas:

- três eventos de causa acidental, sendo uma subcausa por fenômenos termoeletrônicos, uma por descontrole de queima “controlada” e uma por outras causas acidentais, onde ventos intensos romperam fiação de alta tensão;
- um evento de causa intencional, sendo a subcausa incendiarismo;
- um evento de causa indeterminada por evidências insuficientes.

Em relação aos temas macro estudados, relevância operacional, ambiental, impacto a vidas ou infraestruturas críticas, as ocorrências tiveram a incidência abaixo. No que se refere à relevância operacional, apenas um evento apresentou duração superior a 24 horas ou demandou emprego expressivo de recursos operacionais. Essa ocorrência teve duração de três dias, mobilizou oito viaturas e 46 bombeiros militares no município de Petrópolis e teve como fator iniciador o descontrole de uma queima de lixo.

Quanto ao impacto ambiental, três eventos apresentaram áreas queimadas consideradas significativas segundo os critérios adotados neste estudo. Em dois deles, a área atingida foi de aproximadamente 80 hectares, enquanto um terceiro alcançou cerca de 90 hectares. Nenhuma dessas ocorrências foi registrada em área de proteção ambiental.

Em relação ao impacto sobre a vida humana, não foram observadas evacuações de pessoas nem registros de vítimas civis ou bombeiros militares nas ocorrências analisadas. Por sua vez,



ameaças ou danos a infraestruturas críticas foram identificados em três eventos. Desses, dois envolveram torres de transmissão de alta tensão e um envolveu uma torre de telefonia. A torre de telefonia e uma das torres de transmissão sofreram danos diretos causados pelo incêndio, enquanto, no terceiro caso, o fogo atingiu a base da estrutura sem provocar comprometimento funcional.

De modo geral, os resultados indicam que, embora a maioria dos incêndios florestais analisados tenha apresentado impacto operacional e ambiental limitado, algumas ocorrências demonstraram potencial para afetar serviços essenciais e demandar significativa mobilização de recursos, evidenciando a importância do monitoramento contínuo desses eventos.

4. DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo indicam que os incêndios periciados no período analisado foram predominantemente de natureza acidental, com destaque para subcausas relacionadas a fenômenos termoeletrônicos, além de elevada incidência de edificações em situação de não conformidade com os dispositivos preventivos exigidos. Adicionalmente, observou-se que a ocorrência de vítimas varia conforme o tipo de edificação e que a integração entre análise pericial e dados operacionais constitui elemento central para o aprimoramento das estratégias de prevenção e resposta.

Os achados deste estudo também se alinham a experiências internacionais que defendem a utilização de sistemas estruturados de registro e análise de ocorrências como instrumentos de aprendizagem institucional. Nos Estados Unidos, por exemplo, o NFIRS vem sendo utilizado há décadas para apoiar a identificação de tendências, o monitoramento de fatores de risco e o desenvolvimento de estratégias de prevenção baseadas em evidências⁵. De forma semelhante, Steen-Hansen (2021)⁹ destaca que a investigação sistemática de incêndios constitui importante mecanismo de produção de conhecimento, permitindo que organizações responsáveis pela segurança contra incêndio aprendam com eventos anteriores e desenvolvam intervenções preventivas mais eficazes.

Os resultados são coerentes com a literatura nacional sobre perícia de incêndios e gestão de desastres, que aponta a predominância de falhas operacionais e estruturais como fatores determinantes na gênese desses eventos¹. A elevada incidência de causas termoeletrônicas pode estar associada a fragilidades nas instalações elétricas, sobrecarga de sistemas e limitações na manutenção preventiva, aspectos frequentemente discutidos no contexto brasileiro de segurança contra incêndio^{1,4}. Ademais, a literatura destaca que a compreensão dos incêndios como fenômenos multifatoriais é essencial para a formulação de estratégias eficazes de prevenção e resposta⁴. Essa predominância também é consistente com levantamentos internacionais realizados pela NFPA, que apontam falhas elétricas e equipamentos eletroeletrônicos entre as principais fontes de ignição em incêndios estruturais, especialmente em ocupações residenciais e comerciais⁶.





Embora os contextos institucionais sejam distintos, a convergência dos resultados sugere que a investigação sistemática desses eventos pode contribuir para o direcionamento de ações preventivas mais específicas.

No que se refere à conformidade dos dispositivos preventivos, a elevada proporção de edificações em situação parcial ou não conforme evidencia lacunas relevantes na implementação das normas vigentes, mesmo diante de avanços legais recentes, como a Lei nº 14.751/2023². Esse achado reforça a necessidade de fortalecimento do ciclo operacional da segurança contra incêndio, no qual a análise sistemática de dados periciais desempenha papel fundamental para subsidiar a gestão pública e orientar políticas preventivas mais eficazes³. A literatura sobre segurança contra incêndio destaca que a efetividade dos dispositivos preventivos depende não apenas de sua presença física, mas também de fatores relacionados à manutenção, inspeção periódica, funcionamento adequado e comportamento dos ocupantes diante de situações de emergência⁶. Essa perspectiva reforça a importância de análises integradas que considerem simultaneamente aspectos técnicos, humanos e organizacionais. A ausência de associação clara entre conformidade e causas de incêndio observada neste estudo sugere que a simples presença de dispositivos pode não ser suficiente para prevenir a ocorrência dos eventos, sendo necessária a consideração integrada de fatores técnicos, operacionais e comportamentais.

Em relação à ocorrência de vítimas, a utilização de inferência bayesiana mostrou-se adequada para lidar com amostras reduzidas e distribuições assimétricas, permitindo estimativas probabilísticas mais realistas. Esse tipo de abordagem é amplamente recomendado em contextos de incerteza e baixa frequência de eventos, pois possibilita atualização contínua das estimativas à medida que novos dados são incorporados¹⁰. Assim, a adoção desse método representa um avanço relevante na análise de dados periciais no contexto estudado.

Além disso, na literatura estatística, abordagens bayesianas têm sido frequentemente recomendadas para análise de eventos raros ou de baixa frequência, especialmente quando determinadas categorias apresentam reduzido número de observações. Nessas situações, a incorporação explícita da incerteza tende a produzir estimativas mais estáveis e interpretações probabilísticas mais informativas do que aquelas baseadas exclusivamente em frequências observadas¹⁰.

No âmbito dos incêndios florestais, os resultados apontam para a necessidade de maior integração entre os setores operacionais e periciais, especialmente no uso de tecnologias que auxiliem na delimitação de áreas e identificação da origem dos incêndios. Em consonância com a NFPA 9218 que reconhece a importância da adaptação de métodos investigativos às realidades institucionais⁶, os achados deste estudo reforçam a necessidade de incorporação de recursos tecnológicos e capacitação técnica para lidar com eventos de maior complexidade.





Além dos resultados centrais, foram identificados aspectos operacionais relevantes, como inconsistências no registro de informações e limitações no fluxo de dados institucionais. Esses achados corroboram a literatura que aponta a importância da padronização e da qualidade dos registros periciais como elementos essenciais para a produção de conhecimento e para o aprimoramento da gestão pública^{3,4}. A literatura sobre gestão da informação em organizações de resposta a emergências destaca que a confiabilidade dos registros constitui condição fundamental para a produção de indicadores consistentes e para a tomada de decisão baseada em evidências. Registros incompletos ou inconsistentes podem comprometer a identificação de tendências e reduzir o potencial de aprendizagem institucional derivado das ocorrências analisadas^{5,9}. Nesse contexto, a produção de bases de dados padronizadas e continuamente atualizadas tem sido reconhecida como elemento estratégico para a gestão do risco. Relatórios da *United States Fire Administration* (USFA) indicam que sistemas nacionais de informação permitem não apenas compreender a magnitude dos incêndios, mas também identificar características recorrentes dos eventos, avaliar a efetividade de medidas preventivas e direcionar recursos para áreas prioritárias⁵. Essa perspectiva reforça a importância de iniciativas institucionais voltadas à consolidação e análise sistemática dos dados produzidos pela atividade pericial.

Entre os pontos fortes do estudo, destaca-se a implementação de uma sistemática estruturada de coleta de dados periciais, alinhada às diretrizes legais e operacionais vigentes, com potencial de retroalimentação contínua do ciclo operacional do CBMERJ. A integração entre diferentes fontes de dados e a utilização de abordagem metodológica mista também contribuíram para ampliar o potencial analítico do estudo, mesmo em sua fase inicial.

Por outro lado, o estudo apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. As principais limitações incluem o número reduzido de eventos analisados, o caráter inicial da sistemática de coleta e a heterogeneidade no preenchimento dos campos textuais dos formulários. Adicionalmente, a ausência de estratificação por variáveis contextuais pode influenciar algumas estimativas. Tais limitações foram parcialmente mitigadas por meio da padronização dos instrumentos, da manutenção, da rastreabilidade, dos dados e da adoção de procedimentos analíticos conservadores. Além disso, os resultados refletem a realidade operacional observada durante a fase experimental de implementação do instrumento e devem ser interpretados à luz desse contexto específico. Estudos futuros com maior período de acompanhamento, ampliação da cobertura dos registros e inclusão de novos indicadores poderão contribuir para avaliar a estabilidade dos padrões observados e ampliar a validade externa dos achados.

Adicionalmente, por se tratar de um estudo observacional baseado em registros administrativos produzidos durante a fase experimental de implementação do instrumento, os



resultados devem ser interpretados como evidências descritivas e exploratórias. As associações observadas são úteis para identificação de padrões recorrentes e geração de hipóteses, mas não permitem estabelecer relações causais entre as variáveis analisadas.

5. CONCLUSÃO

O estudo atingiu seu objetivo ao sistematizar os dados dos incêndios periciados pelo CBMERJ, permitindo identificar padrões consistentes relacionados às causas, à conformidade dos dispositivos preventivos e à ocorrência de vítimas. Os achados evidenciam fragilidades relevantes no cenário preventivo, ao mesmo tempo em que demonstram o potencial analítico da integração entre dados periciais e operacionais.

Mesmo em caráter inicial, o modelo proposto mostrou-se viável e capaz de gerar conhecimento aplicável, com destaque para o uso de abordagens analíticas que permitem interpretações mais realistas em contextos de incerteza. Além disso, os resultados já oferecem subsídios concretos para o aprimoramento de práticas operacionais, da qualidade dos registros e das estratégias de prevenção. Conclui-se que a consolidação desse modelo, com ampliação da base de dados e padronização progressiva dos procedimentos, tende a fortalecer a perícia de incêndio como instrumento estratégico para gestão, prevenção e tomada de decisão no âmbito do CBMERJ.

REFERÊNCIAS

1. Fernandes, CJV, Giovenardi, R, Souto, MV. Perícia em incêndios e gestão de desastres: uma avaliação crítica dos Corpos de Bombeiros Militares do Sudeste do Brasil. RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar, 2024; 5(2): e524837. <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i2.4837>. Disponível em: <https://recima21.com.br/recima21/article/view/4837>.
2. Brasil. Lei nº 14.751, de 12 de dezembro de 2023. Institui a Lei Orgânica Nacional das Polícias Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares dos Estados, do Distrito Federal e dos Territórios, nos termos do inciso XXI do caput do art. 22 da Constituição Federal, altera a Lei nº 13.675, de 11 de junho de 2018, e revoga dispositivos do Decreto-Lei nº 667, de 2 de julho de 1969. *Diário Oficial da União*. 12 dez 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/114751.htm
3. Oliveira, DC, Silva, THC. Ciclo operacional de segurança contra incêndio no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás: a análise dos dados primários periciais como ferramenta para melhor gestão pública. ReDiS – Revista de Direito Socioambiental (UEG), 2023; 1(2): 1-17. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/redis/article/view/13909>.
4. Lugon, AP, Bona, BM; Paiva, SM; Cunha, IOP. A investigação de incêndio no Brasil: uma visão para o futuro. In: A segurança contra incêndio em edificações: recomendações. Vitória: Firek Segurança contra Incêndio, 2018; 1(1): 132-146. Disponível em: https://www.firek.com.br/files/ugd/9f88df_ed0b4cf4ea6b47e0b648bc5aeb70223a.pdf.
5. United States Fire Administration (USFA). National Fire Incident Reporting System (NFIRS). 2026. Disponível em: <https://www.usfa.fema.gov/nfirs/>





6. National Fire Protection Association (NFPA). NFPA Research. 2026. Disponível em: <https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research>
7. Rio de Janeiro. Decreto nº 42, de 17 de dezembro de 2018. regulamenta o decreto-lei nº 247, de 21 de julho de 1975, dispondo sobre o código de segurança contra incêndio e pânico – COSCIP, no âmbito do estado do Rio de Janeiro. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, RJ, 26 dez. 2018. Disponível em: https://www.cbmerj.rj.gov.br/wp-content/uploads/2024/05/DECRETO_42_2018_COSCIP_COMPILADO.pdf
8. National Fire Protection Association - NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigations. Ed. 2021. NFPA. Quincy, MA, 2021.
9. Steen-Hansen A. Learning from fire investigations and research. *Fire Safety Journal*. 2021;120:103109.
10. Gelman, A. et al. Bayesian Data Analysis. 3. ed. CRC Press. Boca Raton, 2014.



Imagem gerada por IA, meramente ilustrativa.



Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de julho de 2026

Acessibilidade e atendimento emergencial à pessoa surda: uma revisão de práticas e tecnologias nas corporações de bombeiros militares

Autores:

Jéssica Garcia Dias da Silva

Graduação no Curso de Formação de Oficiais - CBMERJ e Bacharelado em Administração Pública

ORCID: [0009-0002-4899-5433](https://orcid.org/0009-0002-4899-5433)

Escola Superior de Comando de Bombeiro Militar - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Email: jessicadiasbm1992@gmail.com

Juliane Azevedo Ferreira da Silva

Graduação no Curso de Formação de Oficiais - CBMERJ e Bacharelado em Direito

ORCID: [0009-0004-1729-7469](https://orcid.org/0009-0004-1729-7469)

Escola Superior de Comando de Bombeiro Militar - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Fábio Stogmüller do Rego

Graduação no Curso de Formação de Oficiais - CBMERJ

ORCID: [0009-0003-6874-7194](https://orcid.org/0009-0003-6874-7194)

Escola Superior de Comando de Bombeiro Militar - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro/RJ, Brasil



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

**ACESSIBILIDADE E ATENDIMENTO EMERGENCIAL À PESSOA
SURDA: UMA REVISÃO DE PRÁTICAS E TECNOLOGIAS NAS
CORPORAÇÕES DE BOMBEIROS MILITARES**

Jéssica Garcia Dias da Silva^{1,2*} Juliene Azevedo Ferreira da Silva^{1,2} Fábio Stogmüller do Rego^{1,2}

¹ Escola Superior de Comando de Bombeiro Militar - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

² Fundação Getúlio Vargas - FGV, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

*Autora correspondente. E-mail: jessicadiasbm1992@gmail.com

RESUMO: A acessibilidade comunicacional constitui um dos principais desafios no atendimento emergencial prestado às pessoas surdas. Apesar dos avanços legais relacionados ao reconhecimento da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) e à promoção da inclusão, persistem barreiras que podem comprometer a qualidade do atendimento e aumentar riscos operacionais em situações de emergência. Objetivo: Analisar a acessibilidade comunicacional no atendimento emergencial à pessoa surda, identificando aspectos legais, práticas de capacitação em LIBRAS e tecnologias assistivas aplicadas às corporações de bombeiros militares. Métodos: Estudo qualitativo, exploratório e descritivo, desenvolvido por meio de revisão bibliográfica e documental com abordagem sistematizada. Foram consultadas bases acadêmicas e documentos institucionais relacionados à acessibilidade comunicacional, formação em LIBRAS e tecnologias assistivas no contexto do atendimento emergencial. Adicionalmente, realizou-se análise comparativa de iniciativas desenvolvidas em corporações de bombeiros militares brasileiras. Resultados: Os resultados evidenciaram que a comunicação com pessoas surdas ainda representa uma lacuna operacional em grande parte das corporações analisadas, devido à limitada oferta de capacitação em LIBRAS e à ausência de protocolos específicos. Foram identificadas iniciativas promissoras envolvendo aplicativos acessíveis, plataformas digitais de acionamento de emergência e recursos visuais de apoio à comunicação. Observou-se que a integração entre capacitação profissional e tecnologias assistivas contribui para a redução de barreiras comunicacionais e para o aprimoramento da resposta operacional. Conclusão: A promoção da acessibilidade comunicacional no atendimento emergencial requer investimentos em formação continuada, adoção de tecnologias assistivas e adequação dos protocolos institucionais, visando garantir atendimento mais seguro, inclusivo, equânime e humanizado à população surda.

Palavras-chave: Surdez, Língua de Sinais, Serviços Médicos de Emergência, Tecnologia Assistiva, Gerenciamento de Riscos.

ABSTRACT: Communication accessibility is one of the main challenges in emergency assistance provided to deaf individuals. Despite legal advances related to the recognition of Brazilian Sign Language (LIBRAS) and the promotion of inclusion, barriers still persist that may compromise the quality of care and increase operational risks during emergency situations. Objective: To analyze communication accessibility in emergency care for deaf individuals, identifying legal aspects, LIBRAS training practices, and assistive technologies applied within military fire departments. Methods: This qualitative, exploratory, and descriptive study was conducted through a systematized bibliographic and documentary review. Academic databases and institutional documents related to communication accessibility, LIBRAS training, and assistive technologies in emergency response were consulted. Additionally, a comparative analysis of initiatives developed by Brazilian military fire departments was performed. Results: The findings showed that communication with deaf individuals remains an operational gap in most of the institutions analyzed, mainly due to the limited availability of LIBRAS training and the absence of specific protocols. Promising initiatives were identified, including accessible applications, digital emergency communication platforms, and visual communication support resources. The integration of professional training and assistive technologies was found to contribute to reducing communication barriers and improving operational response. Conclusion: Promoting communication accessibility in emergency care requires investments in continuing education, the adoption of assistive technologies, and the adaptation of institutional protocols in order to ensure safer, more inclusive, equitable, and humanized assistance for the deaf population.

Keywords: Deafness, Sign Language, Emergency Medical Services, Self-Help Devices, Risk Management.





1. INTRODUÇÃO

A trajetória histórica das pessoas surdas foi marcada por longos períodos de exclusão social, restrição de direitos e invisibilidade institucional. Durante séculos, a deficiência auditiva foi compreendida sob uma perspectiva predominantemente médica e limitadora, o que resultou na marginalização dessa população em diferentes contextos sociais, educacionais e profissionais.^{1,2} Um dos marcos mais significativos desse processo ocorreu durante o Congresso Internacional de Educadores de Surdos, realizado em Milão, em 1880, quando a utilização das línguas de sinais foi desencorajada em favor do oralismo, influenciando negativamente o reconhecimento da identidade linguística e cultural da comunidade surda por décadas.³

No Brasil, importantes avanços ocorreram a partir do reconhecimento da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) como meio legal de comunicação e expressão, por intermédio da Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, posteriormente regulamentada pelo Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005.^{4,5} Somam-se a esses instrumentos a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, incorporada ao ordenamento jurídico brasileiro com status constitucional, e a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, que consolidaram o dever do Estado de promover condições de acessibilidade e igualdade de oportunidades para pessoas com deficiência.^{6,7}

Apesar dos avanços normativos observados nas últimas décadas, a efetivação do direito à comunicação ainda enfrenta desafios significativos em diversos serviços públicos, especialmente nos contextos que demandam respostas rápidas e precisas. Entre esses serviços, destacam-se as atividades desenvolvidas pelos corpos de bombeiros militares, cuja atuação depende diretamente da comunicação eficiente entre a equipe de atendimento e a vítima para a adequada identificação da ocorrência, avaliação dos riscos e tomada de decisões operacionais.

Nesse contexto, as barreiras comunicacionais enfrentadas pelas pessoas surdas podem comprometer etapas fundamentais do atendimento emergencial. Dificuldades na transmissão de informações durante o acionamento do socorro, limitações na compreensão das orientações prestadas pela equipe e obstáculos na obtenção do histórico clínico ou circunstancial da vítima podem resultar em atrasos, interpretações equivocadas e aumento dos riscos operacionais. Além dos impactos sobre a segurança da vítima, tais limitações podem comprometer a eficiência institucional e a qualidade do serviço prestado à população.

A literatura nacional evidencia que a capacitação em LIBRAS ainda está pouco difundida entre os profissionais que atuam em serviços de emergência, incluindo corporações militares estaduais. Estudos recentes apontam que a maioria dessas instituições não possui formação sistemática voltada ao atendimento da população surda, embora existam iniciativas isoladas que





demonstram resultados promissores na promoção da acessibilidade comunicacional e da inclusão social.⁸⁻¹³

Paralelamente, observa-se o surgimento de tecnologias assistivas destinadas a reduzir as barreiras de comunicação em emergências. Aplicativos móveis, plataformas digitais de acionamento de socorro, recursos de tradução em LIBRAS e sistemas de comunicação visual têm sido desenvolvidos e implementados em diferentes regiões do país, ampliando as possibilidades de interação entre profissionais de emergência e usuários surdos. Entretanto, a literatura sugere que essas ferramentas apresentam melhores resultados quando utilizadas de forma complementar à capacitação profissional, não substituindo a necessidade de desenvolvimento de competências comunicacionais específicas.¹⁴⁻¹⁷

No âmbito do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ), a discussão sobre acessibilidade comunicacional ganha relevância estratégica diante da necessidade de aprimorar continuamente os serviços prestados à sociedade. Considerando que a missão institucional da Corporação está diretamente relacionada à preservação da vida, torna-se fundamental analisar as condições existentes para o atendimento da população surda e identificar oportunidades de aperfeiçoamento alinhadas aos princípios da inclusão, da equidade e da gestão de riscos.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo geral analisar a acessibilidade comunicacional no atendimento emergencial à pessoa surda, considerando os aspectos legais, institucionais e operacionais envolvidos nesse processo. Como objetivos específicos, busca-se identificar os principais dispositivos legais relacionados aos direitos das pessoas surdas; analisar as práticas de capacitação em LIBRAS desenvolvidas por corporações de bombeiros militares brasileiras; examinar o uso de tecnologias assistivas aplicadas ao contexto do atendimento emergencial; e discutir as implicações desses achados para o aprimoramento das práticas operacionais do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.

Por se tratar de revisão de literatura e análise documental, não houve participação direta de seres humanos, aplicação de questionários ou realização de intervenções experimentais.

2. METODOLOGIA

2.1 Desenho do estudo

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, exploratória e descritiva, desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e documental com abordagem sistematizada. O estudo teve como finalidade identificar evidências científicas, experiências institucionais e recursos tecnológicos relacionados à acessibilidade comunicacional da pessoa surda em serviços de atendimento emergencial, com ênfase nas corporações de bombeiros militares brasileiras.





2.2 Estratégia de busca

A busca bibliográfica inicial foi realizada entre setembro e novembro de 2025, sendo posteriormente atualizada em janeiro de 2026, nas bases Google Scholar, SciELO e em repositórios institucionais de órgãos públicos e corporações militares. Foram utilizados, de forma isolada e combinada, os seguintes descritores: “LIBRAS e bombeiro militar”, “acessibilidade comunicacional e emergência”, “surdez e atendimento pré-hospitalar”, “tecnologias assistivas”, “serviços de emergência” e “atendimento à pessoa surda”.

Foram considerados estudos publicados entre 2013 e 2025, em língua portuguesa, disponíveis integralmente e relacionados ao objetivo da pesquisa.

2.3 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos artigos científicos, dissertações, trabalhos de conclusão de curso, documentos institucionais e publicações técnicas que abordassem:

- a) atendimento emergencial a pessoas surdas;
- b) capacitação em LIBRAS em instituições públicas;
- c) acessibilidade comunicacional em serviços de emergência;
- d) tecnologias assistivas aplicadas ao contexto operacional.

Foram excluídos estudos duplicados, publicações sem acesso ao texto completo, documentos sem relação direta com o atendimento emergencial e materiais que não apresentassem fundamentação técnica compatível com os objetivos da pesquisa.

2.4 Seleção dos estudos

Inicialmente foram identificados 58 documentos nas bases consultadas. Após aplicação dos critérios de elegibilidade, 19 estudos compuseram a amostra final da revisão, complementados por documentos institucionais utilizados na análise comparativa das corporações.

2.5 Análise comparativa institucional

Complementarmente à revisão bibliográfica, realizou-se análise documental comparativa entre corporações militares estaduais brasileiras, incluindo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF), Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBMMA), Corpo de Bombeiros Militar do Ceará (CBMCE), Corpo de Bombeiros Militar de Roraima (CBMRR) e Corpo de Bombeiros Militar do Tocantins (CBMTO).

Foram examinados currículos de formação, publicações técnicas, documentos institucionais e estudos acadêmicos que abordassem iniciativas relacionadas à capacitação em





LIBRAS, acessibilidade comunicacional e utilização de tecnologias assistivas.

2.6 Tratamento e análise dos dados

Os dados foram analisados por meio da técnica de Análise de Conteúdo proposta por Bardin, estruturada nas etapas de pré-análise, exploração do material e interpretação dos resultados. A partir desse procedimento foram identificadas categorias temáticas relacionadas aos aspectos legais da acessibilidade comunicacional, à capacitação profissional em LIBRAS, ao emprego de tecnologias assistivas e às implicações operacionais para os serviços de emergência.

A triangulação entre literatura científica, documentos institucionais e experiências operacionais permitiu ampliar a consistência analítica dos resultados e reduzir limitações inerentes ao uso isolado de uma única fonte documental.

2.7 Aspectos éticos

Por se tratar de revisão bibliográfica e análise documental baseada exclusivamente em fontes secundárias e documentos institucionais de acesso público, sem participação direta de seres humanos, aplicação de questionários ou coleta de dados pessoais, esta pesquisa está dispensada de apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa, conforme disposto na Resolução CNS nº 510, de 7 de abril de 2016, artigo 1º, parágrafo único.

3. RESULTADOS

3.1 Aspectos legais

As leis brasileiras e os tratados internacionais desempenham um papel crucial na moldagem dos direitos das pessoas surdas, refletindo uma evolução histórica de tratamento, de marginalização à busca por inclusão e igualdade de oportunidades.¹

No cenário internacional, aponta-se que o sistema internacional atual tem suas bases no período pós Segunda Guerra Mundial e nasceu como resposta às graves violações e sofrimentos decorrentes desse conflito.¹

Logo, em 1948, foi, então, promulgada a Declaração Universal dos Direitos Humanos que em seu artigo 1º versa sobre a liberdade e igualdade entre os seres humanos.

Nesse viés, seu estudo destaca também a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência ocorrida em 30 de março de 2007. Considerada um grande marco para os 155 países assinantes, incluindo o Brasil, que a sancionou em agosto de 2009, através do Decreto nº 6.949.

A autora acrescenta que foi a primeira vez que um tratado internacional de direitos humanos foi recepcionado no Brasil sendo equiparado a uma emenda constitucional.¹

Elementos legais que, na visão da autora, embasaram legalmente na mudança do





isolamento cultural para o despertar cultural.

A legislação brasileira, especialmente após a promulgação da Constituição Federal de 1988, tem buscado se alinhar aos princípios e diretrizes internacionais progressivamente, abordando de forma mais estruturada os direitos das pessoas surdas. Embora a Constituição não mencione explicitamente a surdez, faz referência às “pessoas portadoras de deficiência” e estabelece importantes garantias.

A Carta Magna proíbe qualquer discriminação no trabalho em função da deficiência, atribui à União, Estados e Municípios a responsabilidade pela saúde, assistência pública, proteção e integração social dessas pessoas, além de prever percentuais de cargos públicos reservados para esse grupo e critérios diferenciados para aposentadoria. Também garante assistência social, habilitação, reabilitação e atendimento educacional especializado, preferencialmente na rede regular de ensino, exigindo ainda a eliminação de barreiras arquitetônicas e a facilitação do acesso a bens e serviços coletivos.¹

No campo das normas infralegais, destaca-se a Lei nº 10.436/2002, que marcou um avanço crucial ao reconhecer a LIBRAS como meio legal de comunicação e expressão, regulamentada posteriormente pelo Decreto nº 5.626/2005.¹

Em consonância com essa perspectiva, Pasian e Rocha realizaram uma análise abrangente sobre as transformações trazidas pela vigência da Lei nº 10.436/2002 no âmbito educacional para pessoas surdas e com deficiência auditiva ao longo de duas décadas. Com base em sinopses dos censos educacionais, adotaram uma metodologia descritiva, exploratória e qualitativa. A análise revelou importantes avanços, como o aumento significativo das matrículas de estudantes surdos tanto na educação básica quanto no ensino superior, a valorização crescente da Libras em contextos sociais diversos e a consolidação de garantias relativas ao acesso e à qualidade dos serviços de saúde para essa população.⁸

Apesar do arcabouço normativo robusto e alinhado com os tratados internacionais, ressalta-se que a efetividade das diretrizes de inclusão ainda depende de continuidade e de um acompanhamento mais rigoroso por parte do poder executivo e da sociedade civil para garantir a plena implementação dos direitos da pessoa surda no Brasil.¹

Sob a perspectiva da gestão de riscos, a comunicação eficaz constitui uma das principais habilidades não técnicas necessárias à condução de operações seguras.⁹ E a sua ausência com as vítimas surdas pode resultar em falhas na identificação da ocorrência, comprometimento da avaliação inicial e adoção de condutas inadequadas, impactando diretamente a qualidade do atendimento. Além disso, a promoção de uma cultura organizacional inclusiva contribui para o fortalecimento de valores institucionais relacionados ao cuidado, à empatia e à proteção dos grupos mais vulneráveis. A incorporação desses valores no cotidiano operacional favorece a construção





de um ambiente mais colaborativo e resiliente, no qual a comunicação assume papel central na mitigação de riscos.

Para reforçar esse ponto, dentro da perspectiva do modelo 6-D de Geert Hofstede, abordado também por Gilsa Monteiro, o Brasil possui mais traços femininos em sua cultura, tendo preferência para a cooperação, modéstia, cuidar dos mais frágeis e qualidade de vida.⁹

Dessa forma, a capacitação em LIBRAS e a adoção de práticas inclusivas devem ser compreendidas como estratégias institucionais que transcendem a dimensão legal, configurando-se como elementos essenciais para o aprimoramento da atuação operacional e para o fortalecimento da imagem institucional perante a sociedade.

3.2 Capacitação em LIBRAS corporações

A inserção da LIBRAS em instituições públicas tem avançado gradualmente, acompanhando o desenvolvimento das políticas de inclusão e acessibilidade no Brasil. Contudo, estudos indicam que a presença efetiva dessa língua, em contextos operacionais, especialmente, em organizações de atendimento emergencial, ainda é limitada.

Pesquisas realizadas em diversas corporações apontam que a ausência de capacitação em LIBRAS entre os profissionais dessa área configura um desafio recorrente. Em muitos casos, o contato com essa temática ocorre de forma pontual ou é inexistente nos cursos de formação, comprometendo, assim, a capacidade de atendimento eficiente às pessoas surdas.

No Distrito Federal constatou-se que, mesmo com cerca de 105 mil pessoas com algum grau de deficiência, apenas 7% do efetivo do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) possuía conhecimento em LIBRAS. Por meio de entrevista com 125 praças socorristas do CBMDF, o estudo revelou que a ausência de comunicação efetiva com vítimas surdas prejudica etapas essenciais do atendimento, podendo gerar diagnósticos equivocados e tratamentos incorretos.¹¹

Complementarmente a isso, outro estudo indicou que, apesar da inclusão da disciplina de LIBRAS no Curso de Formação de Oficiais (CFO) em 2018, sua inserção na formação de praças permanece ausente. Tal lacuna mantém a corporação em desvantagem quanto ao atendimento à população surda.¹²

De forma semelhante, no Corpo de Bombeiros Militar de Roraima (CBMRR) foi realizada uma pesquisa sobre a inserção da disciplina de LIBRAS nas corporações militares brasileiras, tendo obtido respostas de 17 das 27 instituições consultadas. Destas, apenas duas, correspondendo a 11,8%, tinham implementado oficialmente a disciplina em seus cursos de formação. Os autores concluíram que essa baixa adoção reflete uma insuficiente valorização social e legal da LIBRAS nas corporações militares. Destacaram ainda, a importância de promover um atendimento mais





inclusivo e humanizado por meio da incorporação sistemática dessa linguagem nas ações formativas do CBMRR.¹³

No cenário do Corpo de Bombeiros Militar do Ceará (CBMCE) e da Polícia Militar do Ceará (PMCE), os pesquisadores realizaram uma pesquisa qualitativa a fim de compreender a presença e a percepção da LIBRAS nos cursos de formação. Os 14 oficiais entrevistados relataram, de forma unânime, a ausência desse contato durante sua formação. Quanto ao conhecimento na língua, foi declarado desconhecimento total pelos oficiais do CBMCE, enquanto alguns oficiais da PMCE apresentaram conhecimentos restritos e informais, principalmente adquiridos em contextos pessoais.¹⁴

O reconhecimento da importância dessa linguagem para a acessibilidade e comunicação foi unanimemente destacado, considerados essenciais para a interação eficiente com a população. A pesquisa apontou ainda que 67% dos oficiais do CBMCE e quase todos da PMCE já atenderam ocorrências envolvendo pessoas surdas, mas revelaram desconhecimento sobre as possíveis dificuldades dessas pessoas com a língua portuguesa. Além disso, todos afirmaram não possuir colegas capacitados em LIBRAS para auxiliar nesses atendimentos, evidenciando fragilidades na implementação das leis que regulamentam a difusão da LIBRAS nas forças de segurança pública do Ceará.¹⁴

Um estudo consonante foi realizado no Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBMMA), onde aplicou-se um questionário a 41 militares, revelando que apesar de 97% possuírem conhecimento básico em Libras, apenas 2,4% eram fluentes, e a comunicação com surdos era dificultada pela falta de treinamento formal. A partir da análise e de entrevistas com gestores do Centro de Ensino de Apoio à Pessoa com Surdez (CAS) – Maranhão, foi demonstrada a importância e a viabilidade de um programa de capacitação em LIBRAS, que pudesse ser desenvolvido em parceria entre o CBMMA e o CAS.¹⁵

No Estado de Tocantins, foi identificado que a falta de profissionais de resgate capacitados em LIBRAS constitui o principal obstáculo comunicacional no atendimento pré-hospitalar a pessoas surdas. A dificuldade de comunicação acarreta ansiedade e medo no paciente, além de prejudicar a coleta de informações médicas essenciais. O estudo aponta como avanço positivo a parceria estabelecida, desde 2021, entre o Corpo de Bombeiros Militar do Tocantins (CBMTO) e a Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS), que introduziu o ensino dessa linguagem na formação superior dos militares. Ainda assim, a proficiência dos profissionais e a disponibilidade de intérpretes em campo permanecem como desafios, recomendando-se a oferta de aperfeiçoamentos contínuos e a formação de equipes especializadas para atendimento qualificado à comunidade surda.¹⁶

Esses estudos revelam a existência de avanços pontuais, mas evidenciam a necessidade de





políticas mais efetivas, cursos sistemáticos e sensibilização institucional para garantir um atendimento emergencial inclusivo e humanizado às pessoas surdas.

No Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro (CBMERJ) ocorreu um estudo com o foco na identificação dos protocolos vigentes na caserna para o atendimento às vítimas surdas, bem como as lacunas existentes no processo da instituição sobre essa questão. Para tanto, foram analisadas comunicações internas oficiais obtidas por meio de solicitações formais junto a órgãos de gestão e ensino do CBMERJ, especificamente à Academia de Bombeiro Militar D. Pedro II (ABMDP II), ao Centro de Formação e Aperfeiçoamento de Praças (CFAP) e ao Estado-Maior Geral (EMG).¹⁷

Os autores verificaram que nem a ABMDP II nem o CFAP dispõem de conteúdo ou módulos específicos direcionados ao atendimento de vítimas com surdez, tampouco há previsão ou planejamento institucional para a futura implementação de treinamentos com essa finalidade. Por outro lado, o EMG comunicou que está em andamento um Estudo de Estado-Maior, iniciado em setembro de 2025, cujo propósito é formular diretrizes e estratégias para a incorporação de conteúdos relacionados à LIBRAS. O documento menciona ainda a implementação de ações concretas, como a definição de um conteúdo piloto para o Curso Básico de Socorrista, indicando um movimento institucional inicial para suprir a lacuna identificada.¹⁷

Esse esforço reflete uma tendência de correção do hiato existente, apontando para o início de um processo de adaptação institucional que busca atender às demandas específicas do atendimento inclusivo às pessoas surdas.

3.3 Tecnologias assistivas no atendimento emergencial

Além da capacitação profissional em LIBRAS, a utilização de tecnologias assistivas tem se destacado como uma estratégia complementar para promover a acessibilidade comunicacional no atendimento emergencial. Essas ferramentas contribuem para a superação de barreiras linguísticas, especialmente em situações nas quais não há profissionais capacitados disponíveis.

Os recursos digitais são de extrema importância e são considerados ferramentas indispensáveis para a população surda, especialmente no contexto educacional brasileiro.¹⁸

Segundo o mesmo artigo, a oferta de conteúdos em LIBRAS, por meio de softwares e recursos imagéticos, é reconhecida como um meio de promover o acesso ao conhecimento de maneira mais rápida e efetiva para os estudantes surdos, uma vez que as informações são transmitidas na sua língua materna.¹⁸

Outro fator abordado pelos autores foram os aplicativos móveis como o *LibrasTi* (para o ensino de informática), *HandTalk*, *ProDeaf*, *E-Libras*, *Acesso Brasil* e *Libras Zuka* (dicionários online) que facilitam o ensino-aprendizagem, a consulta de sinais e contribuem para a inclusão e





acessibilidade. No entanto, eles ressaltaram que essas ferramentas não substituem o intérprete humano devido às variações contextuais da Libras.¹⁸

Em comum com a pesquisa anterior, tendo a alteração do contexto para o atendimento emergencial, um estudo analisado cita o aplicativo *HandTalk* como um instrumento de auxílio, onde o socorrista pode escrever ou gravar uma palavra/frase, e um avatar automaticamente realiza os sinais correspondentes.²⁰

O autor ressalta, contudo, que o aplicativo não surtirá o mesmo efeito de um bombeiro realizando os sinais para a vítima surda. A razão para isso é que a interação direta entre o socorrista e a pessoa surda, através do conhecimento de LIBRAS, reflete um sentimento de segurança, acolhimento e conquista a confiança da vítima, algo que a tecnologia não consegue replicar completamente.²⁰

Ele destaca também a existência de pessoas surdas que não utilizam a LIBRAS como meio de comunicação e apresenta, como alternativa, o método desenvolvido pela instituição *WidgitHealth*. Esse método consiste no uso de um quadro de símbolos que representam diversas situações, permitindo a indicação de níveis de dor e a comunicação de condições preexistentes. O autor ressalta que o material está alinhado ao *Accessible Information Standard*, um conjunto de normas estabelecidas pela *NHS England*, órgão responsável pela liderança do Serviço Nacional de Saúde no Reino Unido. Além disso, pode ser utilizado para atender a comunidade surda, indígenas, autistas e qualquer cidadão que possua alguma limitação auditiva ou cognitiva.²⁰

O uso de um cartão de comunicação pictográfica representa uma estratégia de implementação simples, de baixo custo e aplicabilidade imediata no contexto operacional. Mantido nas viaturas, esse recurso pode apoiar a comunicação entre bombeiros e vítimas em diferentes situações que envolvam barreiras linguísticas ou comunicacionais, incluindo o atendimento a pessoas surdas, indígenas, estrangeiras ou a qualquer indivíduo com dificuldade de expressão ou compreensão. Para ampliar sua disponibilidade durante as ocorrências, recomenda-se que o material seja produzido em formato portátil, plastificado e acondicionado permanentemente nas viaturas de atendimento, permitindo seu uso rápido sempre que necessário.²⁰

Já sob a ótica do acionamento de socorro às pessoas surdas, destacam-se importantes iniciativas públicas inovadoras que promovem a acessibilidade e a inclusão. O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) lançou em 2019 o aplicativo SOSurdo, desenvolvido desde 2016 com a participação ativa da comunidade surda local. Essa ferramenta utiliza textos e vídeos em LIBRAS para facilitar a comunicação entre as vítimas surdas e os bombeiros, estando disponível nas plataformas iOS e Android. Além disso, seu funcionamento baseia-se em software de código aberto, o que permite sua adoção por outras corporações em âmbito nacional.¹⁸





Em Mato Grosso, a Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), em parceria com o 5º Comando Regional de Bombeiros Militar (CRBM), desenvolveu a plataforma “Chama o Bombeiro”. Esta possibilita o envio de vídeos e fotos por usuários surdos, permitindo a descrição detalhada das emergências, além do registro automático da localização do incidente, o que contribui para a redução do tempo de resposta.¹⁹

No estado de Minas Gerais, foi implantado o serviço “Emergência MG”, uma plataforma integrada que permite o acionamento das forças de segurança por meio de chat, com compartilhamento seguro de localização, fotos e vídeo chamadas. Essa ferramenta específica facilita o atendimento à comunidade surda, promovendo maior acessibilidade.²¹

Adicionalmente, o trabalho de mestrado do enfermeiro Éder Almeida culminou no desenvolvimento do aplicativo “Socorro com as Mãos”, que utiliza uma interface visual simplificada para que pessoas surdas possam solicitar auxílio com poucos cliques, enviando a localização via GPS diretamente aos serviços de emergência. Este avanço tecnológico supera barreiras típicas da comunicação verbal, destacando-se em contraste com o aplicativo “193 RJ” do Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro (CBMERJ), que ainda não dispõe de funcionalidades específicas voltadas à comunidade surda.^{22,23}

Apesar da vigência da Lei nº 10.436/2002 e da Lei Brasileira de Inclusão, observa-se que sua efetiva implementação ainda enfrenta desafios significativos em âmbito nacional. No entanto, a disseminação e adoção dessas tecnologias demonstram o crescimento da valorização do acesso a atendimentos emergenciais acessíveis e o reconhecimento do “lugar de fala” da população surda.

No que tange à dimensão comunicativa, destaca-se que a superação do paradigma da deficiência requer a compreensão das limitações tanto dos surdos quanto dos ouvintes, ressaltando aspectos complementares nas formas de comunicação.²⁴

No contexto do CBMERJ, identificam-se lacunas importantes nesse sentido, e os exemplos de outras corporações públicas podem impulsionar a adoção de medidas institucionais comprometidas com a garantia legal e a promoção da acessibilidade.

4. DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão evidenciam que a acessibilidade comunicacional permanece como um desafio relevante para os serviços de emergência brasileiros, especialmente no âmbito das corporações de bombeiros militares. Embora o ordenamento jurídico nacional tenha avançado significativamente nas últimas décadas, reconhecendo a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) como meio legal de comunicação e estabelecendo diretrizes para inclusão das pessoas surdas, observa-se uma distância considerável entre as garantias normativas e sua efetiva implementação no contexto operacional.





A análise comparativa das corporações estudadas demonstra que a capacitação em LIBRAS ainda ocorre de forma pontual e heterogênea. Mesmo nos estados que apresentaram iniciativas de inserção da disciplina nos cursos de formação, a abrangência permanece limitada e, em muitos casos, restrita a determinados quadros ou cursos específicos. Esse cenário sugere que a inclusão comunicacional ainda não foi incorporada como competência operacional estratégica pelas instituições responsáveis pelo atendimento emergencial.

Tal realidade pode ser explicada por múltiplos fatores. Entre eles destacam-se as limitações orçamentárias, a elevada carga horária dos currículos de formação, a escassez de instrutores especializados e a priorização de conteúdos tradicionalmente associados às atividades-fim das corporações. Entretanto, a literatura analisada demonstra que a comunicação eficaz constitui elemento essencial para a segurança operacional, influenciando diretamente a coleta de informações, a avaliação inicial da vítima e a tomada de decisões em cenários críticos. Dessa forma, a ausência de capacitação em LIBRAS não representa apenas uma questão de inclusão social, mas também um fator potencial de aumento do risco operacional.

Outro aspecto relevante identificado refere-se à adoção de tecnologias assistivas. Os estudos revisados apontam que aplicativos móveis, plataformas digitais e recursos visuais podem contribuir significativamente para reduzir barreiras comunicacionais. Iniciativas como o “SOSurdo”, em Santa Catarina, o sistema “Chama o Bombeiro”, em Mato Grosso, e o serviço Emergência MG demonstram que a tecnologia pode ampliar o acesso da população surda aos serviços públicos de emergência. Tais experiências evidenciam que a inovação tecnológica possui potencial para complementar as estratégias de acessibilidade e reduzir o tempo de resposta em situações críticas.

Entretanto, os achados também indicam que as tecnologias assistivas não substituem completamente a interação humana. A comunicação direta entre profissional e vítima continua sendo o método mais eficaz para transmitir segurança, acolhimento e confiança durante o atendimento. Nesse sentido, os recursos tecnológicos devem ser compreendidos como instrumentos complementares, capazes de ampliar a capacidade de resposta institucional, mas não substituir a necessidade de formação continuada dos profissionais. A análise internacional reforça essa perspectiva.

Em diversos países foram implementados sistemas específicos para o atendimento emergencial de pessoas surdas e com deficiência auditiva. Nos Estados Unidos, por exemplo, o serviço Text-to-911 permite o acionamento das centrais de emergência por mensagens de texto.²⁵ No Reino Unido, o EmergencySMS possibilita a comunicação direta entre usuários cadastrados e os serviços de emergência.²⁶ Já na União Europeia, o projeto Next Generation 112 (NG112) incorpora recursos multimídia, compartilhamento de localização e comunicação acessível para





diferentes públicos.²⁷ Essas iniciativas demonstram uma tendência global de integração entre tecnologia, acessibilidade e gestão de emergências.

Quando comparadas à realidade brasileira, essas experiências evidenciam oportunidades de aprimoramento. Embora existam iniciativas inovadoras em alguns estados, observa-se ausência de padronização nacional e significativa dependência de projetos locais. A inexistência de diretrizes unificadas dificulta a disseminação de boas práticas e contribui para desigualdades regionais no acesso aos serviços de emergência.

No contexto específico do CBMERJ, os resultados apontam para um momento oportuno de transformação institucional. O desenvolvimento de estudos internos voltados à inserção da LIBRAS nos processos formativos demonstra o reconhecimento da relevância do tema. Contudo, para que essa iniciativa produza impactos concretos, recomenda-se a adoção de uma estratégia integrada baseada em três pilares: capacitação profissional, tecnologias assistivas e adequação de protocolos operacionais.

No eixo da capacitação, sugere-se a inclusão de conteúdos básicos de LIBRAS nos cursos de formação e aperfeiçoamento, priorizando expressões e comandos relacionados ao atendimento emergencial. No eixo tecnológico, recomenda-se o fortalecimento dos canais digitais de acionamento, incorporando recursos de texto, imagem, vídeo e geolocalização. Já no âmbito dos protocolos operacionais, destaca-se a possibilidade de utilização de recursos visuais padronizados para apoio à comunicação em campo, especialmente em situações nas quais não haja profissionais capacitados disponíveis.

Dessa forma, conclui-se que a promoção da acessibilidade comunicacional deve ser compreendida como componente estratégico da gestão de riscos e da proteção à vida. A integração entre formação profissional, inovação tecnológica e adequação institucional representa caminho promissor para a construção de um atendimento emergencial mais inclusivo, eficiente e compatível com os princípios de equidade que orientam os serviços públicos contemporâneos.

5. LIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Primeiramente, a revisão concentrou-se predominantemente em publicações nacionais e em língua portuguesa, o que pode ter restringido a identificação de experiências internacionais relevantes relacionadas à acessibilidade comunicacional em serviços de emergência. Além disso, a análise baseou-se em fontes secundárias e documentos institucionais, não incluindo entrevistas, observação de campo ou coleta direta de dados junto a profissionais das corporações militares ou membros da comunidade surda.

Outra limitação se refere à heterogeneidade das publicações identificadas, que apresentam





diferentes delineamentos metodológicos e níveis de aprofundamento sobre o tema. Também se reconhece que algumas iniciativas institucionais podem não estar formalmente publicadas em bases acadêmicas, o que limita sua recuperação durante o processo de busca.

Apesar dessas limitações, a revisão permitiu identificar tendências consistentes, lacunas institucionais e oportunidades de aprimoramento relacionadas à capacitação em LIBRAS e ao uso de tecnologias assistivas no atendimento emergencial, fornecendo subsídios relevantes para futuras pesquisas e para o desenvolvimento de políticas institucionais voltadas à inclusão comunicacional.

6. CONCLUSÃO

A presente revisão de literatura permitiu identificar que a comunicação constitui elemento central para a efetividade do atendimento emergencial, sendo especialmente relevante no contexto do atendimento às pessoas surdas. Apesar dos avanços legais relacionados ao reconhecimento da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) e à promoção da acessibilidade comunicacional, ainda persistem lacunas significativas na capacitação de profissionais que atuam em atividades operacionais e na implementação de estratégias institucionais voltadas à inclusão.

Os resultados evidenciaram que a ausência de preparo adequado pode comprometer a qualidade do atendimento, aumentar riscos operacionais e dificultar o acesso da população surda aos serviços de emergência. Em contrapartida, iniciativas voltadas à capacitação em LIBRAS, associadas ao emprego de tecnologias assistivas e recursos de comunicação acessível, demonstram potencial para ampliar a eficiência operacional, reduzir barreiras comunicacionais e promover maior segurança às vítimas.

No contexto institucional, destaca-se a importância da incorporação da acessibilidade comunicacional como componente estratégico da gestão de riscos e da proteção à vida, ultrapassando a perspectiva do mero cumprimento de exigências legais. A análise das experiências nacionais e internacionais demonstrou que a integração entre capacitação profissional, inovação tecnológica e adequação de protocolos operacionais constitui caminho promissor para o aprimoramento dos serviços de emergência.

A modernização do atendimento à pessoa surda exige um esforço sistêmico que contemple a formação continuada dos profissionais, o fortalecimento dos canais digitais acessíveis de acionamento, a disponibilização de recursos visuais de apoio à comunicação e o desenvolvimento de diretrizes institucionais específicas. Nesse sentido, o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro possui oportunidade relevante de consolidar práticas inclusivas alinhadas aos princípios da equidade, da eficiência e da humanização do atendimento.

Como contribuição científica, este estudo sistematiza evidências sobre a relação entre





acessibilidade comunicacional e gestão de riscos no atendimento emergencial, propondo a integração entre capacitação em LIBRAS, uso de tecnologias assistivas e adaptação de protocolos operacionais como estratégia para o fortalecimento institucional. Recomenda-se que pesquisas futuras investiguem a percepção da comunidade surda acerca dos serviços de emergência e avaliem os impactos de programas de capacitação e tecnologias acessíveis sobre o desempenho operacional das corporações.

REFERÊNCIAS

1. Lima APB. Direitos humanos das pessoas surdas: instrumentos de promoção da igualdade à luz dos tratados internacionais e da legislação brasileira [dissertação]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2019.
2. Gurgel YMP. Direitos humanos, princípio da igualdade e não discriminação: sua aplicação às relações de trabalho. São Paulo: LTr; 2010.
3. Arruda A, Veronese J. La importancia del reconocimiento de las lenguas de señas para la garantía plena de la democracia, libertad de expresión e inclusión de los sordos latinos. *Rev Americanos*. 2024;4(2):1-15. DOI: 10.51799/2763-8685v4n2011
4. Brasil. Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. 25 abr 2002.
5. Brasil. Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002. *Diário Oficial da União*. 23 dez 2005.
6. Brasil. Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo. *Diário Oficial da União*. 26 ago 2009.
7. Brasil. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). *Diário Oficial da União*. 7 jul 2015.
8. Pasian MS, Rocha LRM. 20 anos do reconhecimento da Libras: o que aconteceu na educação das pessoas surdas? *SciELO Preprints*. 2022. DOI:10.1590/SciELOPreprints.4436.
9. Monteiro G. Fatores humanos em gestão de riscos: módulo 3 – entendendo o fenômeno cultura [material didático]. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas; 2025.
10. Campos MBS. A implantação da Língua Brasileira de Sinais no atendimento pré-hospitalar pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal: uma forma de potencializar a qualidade do serviço prestado aos pacientes surdos [trabalho de conclusão de curso]. Brasília: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal; 2013.
11. Caldas PRA, Campos MBS. O ensino da Língua Brasileira de Sinais dentro do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal [monografia]. Brasília: CBMDF; 2020.
12. Arrais HS, Barbosa NS. Garantia do atendimento inclusivo e humanizado: implementação da disciplina de Libras como componente curricular para ações formativas dos agentes de segurança





pública do Corpo de Bombeiros Militar de Roraima – CBMRR. Rev Arandu Norteando Direitos. 2022;2(1):149-176. Disponível em: <https://static.defensoria.to.def.br/editorial-media/2/157/review/ebel2bd0-495a-4765-bdbe-e0a13b938791.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2026.

13. Goes CM, Magalhães Júnior AG. Política pública e a inclusão da Libras nos cursos de formação de oficiais. *Inov Tecnol Soc.* 2023;5(11):20-33. DOI: 10.47455/2675-0090.2023.5.11.10747.

14. Branco MAF. Proposta de implementação de um curso básico de Libras ao Batalhão de Bombeiros de Emergências Médicas e ao Batalhão de Bombeiros Marítimos em São Luís-MA [trabalho de conclusão de curso]. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão; 2021. Disponível em:

<https://repositorio.uema.br/bitstream/123456789/5159/1/TCC%20-%20MARIANA%20APARECIDA%20FRAZ%20C3%83O%20BRANCO%20-%20CFO%20BOMBEIRO%20MILITAR%20CT%202021.pdf>. Acesso em: 4 jan 2026.

15. Alencar MV, Gomes AV, Silva CEA, Landinho IGS. O atendimento pré-hospitalar de pessoas com deficiência por bombeiros militares do estado do Tocantins: desafios e estratégias de capacitação. *Humanidades & Inovação.* 2026;13(1):243-255. Disponível em: [<https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/11111>] Acesso em: 4 jan. 2026.

16. Dias JG, Silva JAF, Rego FS. A importância da capacitação profissional no atendimento às vítimas com surdez em eventos operacionais [trabalho de conclusão de curso]. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas; 2025.

17. Santos GF, Honorato J. Usos de tecnologias educacionais na educação de estudantes surdos. *Rev Dialogos Perspect Educ Esp.* 2024;11(1):e0240007. DOI: 10.36311/2358-8845.2024.v11n1.e0240007. Disponível em: <https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/dialogoseperspectivas/article/view/14690>. Acesso em: 4 jan. 2026.

18. Cauduro M. Corpo de Bombeiros Militar de SC lança aplicativo inédito para atendimento de surdos [Internet]. Florianópolis: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina; 2019. Disponível em: <https://cbm.sc.gov.br>. Acesso em: 4 jan. 2026.

19. Maia H. O aplicativo digital “Chama o Bombeiro” pode ser utilizado em todo o estado [Internet]. Juara: Universidade do Estado de Mato Grosso; 2024. Disponível em: <http://juara.unemat.br>. Acesso em: 4 jan. 2026.

20. Hartmann JMF. Aspectos relevantes ao atendimento emergencial à pessoa surda no âmbito do Corpo de Bombeiros Militar. *Braz. J. Develop.* [Internet]. 2025 Apr. 28 [cited 2026 Jun. 28];11(4):e79283. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/79283>. Acesso em: 28 jun. 2026.

21. Minas Gerais. Secretaria de Estado de Comunicação Social. Acionamento das polícias e bombeiros pela internet chega a todas Minas Gerais [Internet]. Belo Horizonte: Agência Minas; 2025. Disponível em: <https://agenciaminas.mg.gov.br>. Acesso em: 4 jan. 2026.

22. Conselho Federal de Enfermagem. Enfermeiro cria aplicativo para auxiliar deficientes auditivos a pedir socorro [Internet]. Brasília: COFEN; 2020. Disponível em:





<https://www.cofen.gov.br/enfermeiro-cria-aplicativo-para-auxiliar-deficientes-auditivos-a-pedir-socorro/>. Acesso em: 4 jan. 2026.

23. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro. Aplicativo 193 RJ [Internet]. Rio de Janeiro: CBMERJ; 2025. Disponível em: <https://www.cbmerj.rj.gov.br/cbmerj-lanca-aplicativo-193rj-e-amplia-rede-de-pedidos-de-socorro-ao-corpo-de-bombeiros-em-territorio-fluminense>. Acesso em: 4 jan. 2026.

24. Salles HMML. Ensino de Língua Portuguesa para Surdos: caminhos para a prática pedagógica. Brasília: MEC; 2007.

25. Federal Communications Commission. Text-to-911: what you need to know [Internet]. Washington, DC: FCC; 2020 [citado 2026 jan 4]. Disponível em: <https://www.fcc.gov/consumers/guides/what-you-need-know-about-text-911>

26. Relay UK. Contact 999 using Relay UK [Internet]. London: Relay UK; [citado 2026 jan 4]. Disponível em: <https://www.relayuk.bt.com/how-to-use-relay-uk/contact-999-using-relay-uk.html>

27. European Emergency Number Association. Next Generation 112 [Internet]. Brussels: EENA; [citado 2026 jan 4]. Disponível em: <https://eena.org/portfolio/next-generation-112/>





Imagem gerada por IA, meramente ilustrativa.



Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de julho de 2026

Abrigos temporários e saúde pública: desafios e aprendizados nas enchentes do Rio Grande do Sul em 2024

Autores:

Raphael Alves Resende

Bacharelado em Ciências Militares

ORCID: [0009-0000-4410-5582](https://orcid.org/0009-0000-4410-5582)

Exército Brasileiro, Ministério da Defesa, Brasil

Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, Brasil

E-mail: raphabh1976@gmail.com

Aldira Samantha Garrido Teixeira

Doutora em Enfermagem e Saúde da Mulher

ORCID: [0000-0002-3326-0146](https://orcid.org/0000-0002-3326-0146)

Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, Brasil



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

**ABRIGOS TEMPORÁRIOS E SAÚDE PÚBLICA: DESAFIOS E
APRENDIZADOS NAS ENCHENTES DO RIO GRANDE DO SUL EM 2024**

Raphael Alves Resende^{1,2*} e Aldira Samantha Garrido Teixeira²

¹ Exército Brasileiro, Ministério da Defesa, Brasil.

² Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói/RJ, Brasil.

*Autor correspondente. E-mail:raphabh1976@gmail.com

RESUMO: As enchentes que atingiram o Rio Grande do Sul em 2024 provocaram o deslocamento de milhares de pessoas e exigiram a rápida instalação de abrigos temporários em espaços adaptados emergencialmente. Embora esses locais tenham desempenhado papel essencial na proteção imediata da população afetada, também evidenciaram diversas fragilidades. Este artigo tem como objetivo analisar os principais desafios associados à gestão de abrigos temporários, com ênfase nos impactos sobre grupos vulneráveis e nas lições aplicáveis à resposta a futuras emergências. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, associada à análise documental, com base em publicações científicas e documentos oficiais sobre o tema, publicados entre 2010 e 2024. Os resultados indicam que a superlotação, a ventilação inadequada, as condições sanitárias precárias e a ausência de fluxos padronizados ampliaram os riscos de doenças respiratórias e gastrointestinais, agravamento de doenças crônicas e sofrimento psicológico entre os abrigados. Crianças, idosos, gestantes e pessoas com deficiência apresentaram maior vulnerabilidade. Como limitação, o estudo baseou-se em fontes heterogêneas, incluindo literatura científica e documentos técnicos. Conclui-se que a gestão de abrigos temporários deve integrar o planejamento prévio para desastres, com protocolos definidos, equipes capacitadas e articulação permanente entre saúde, assistência social e Defesa Civil.

Palavras-chave: Abrigos temporários; Saúde pública; Defesa Civil; Enchentes; Rio Grande do Sul.

ABSTRACT: The floods that affected Rio Grande do Sul in 2024 caused the displacement of thousands of people and required the rapid installation of temporary shelters in emergency-adapted spaces. Although these facilities played an essential role in the immediate protection of the affected population, they also revealed several weaknesses. This study aims to analyze the main challenges associated with the management of temporary shelters, with emphasis on the impacts on vulnerable groups and on lessons applicable to future emergency responses. This is a narrative literature review combined with document analysis, based on scientific publications and official documents published between 2010 and 2024. The results indicate that overcrowding, inadequate ventilation, precarious sanitary conditions, and the absence of standardized workflows increased the risks of respiratory and gastrointestinal diseases, the exacerbation of chronic conditions, and psychological distress among sheltered individuals. Children, older adults, pregnant women, and individuals with disabilities presented greater vulnerability. As a limitation, the study relied on heterogeneous sources, including scientific literature and technical documents. It is concluded that the management of temporary shelters must integrate prior disaster planning, with defined protocols, trained teams, and permanent coordination between health, social assistance, and Civil Defense.

Keywords: Temporary shelters; Public health; Civil Defense; Floods; Rio Grande do Sul.



1. INTRODUÇÃO

As enchentes que atingiram o Rio Grande do Sul em 2024 configuraram um dos desastres hidrológicos mais severos da história recente do Brasil, com impactos expressivos sobre a população, a infraestrutura urbana, os serviços essenciais e a capacidade de resposta do poder público.¹ Em diferentes regiões do estado, os acumulados de precipitação ultrapassaram 300 milímetros em poucos dias, contribuindo para o transbordamento de rios, como o Guaíba e o Taquari, e para a inundação de extensas áreas urbanas e rurais.² Como consequência, milhares de pessoas foram obrigadas a deixar suas residências, em um contexto marcado por perdas materiais, interrupção de serviços básicos, sofrimento social e incerteza quanto ao retorno às condições mínimas de normalidade.³

Diante desse cenário, ginásios, escolas, centros comunitários e outros espaços públicos foram rapidamente adaptados para funcionar como abrigos temporários. Esses locais desempenharam papel essencial na proteção imediata da população desalojada e desabrigada, oferecendo acolhimento emergencial em um momento de elevada vulnerabilidade. Entretanto, a experiência também evidenciou fragilidades estruturais e sanitárias relevantes, como ventilação insuficiente, limitações de higiene, ausência de privacidade, superlotação e dificuldades para garantir acompanhamento contínuo em saúde.^{4,5} Em ambientes coletivos e improvisados, tais condições podem ampliar o risco de disseminação de doenças respiratórias e gastrointestinais, agravar doenças crônicas e intensificar o sofrimento físico e emocional das pessoas acolhidas.⁶

Essas fragilidades indicam que a gestão de abrigos temporários não deve ser compreendida apenas como uma medida emergencial de proteção, mas como componente estratégico da preparação e da resposta a desastres. A ausência de planejamento prévio, protocolos padronizados e integração efetiva entre Defesa Civil, saúde e assistência social tende a tornar a resposta mais lenta, desigual e dependente de soluções improvisadas.⁷ Nesse contexto, este estudo tem como objetivo analisar, sob a ótica da saúde pública, os principais desafios sanitários e operacionais relacionados à gestão de abrigos temporários durante as enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul, bem como apontar lições e caminhos para o fortalecimento do acolhimento emergencial em situações de desastre.

2. MÉTODOS

Este estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura, associada à análise documental, conduzida com o objetivo de identificar e sistematizar evidências científicas, orientações técnicas e documentos oficiais relacionados à gestão de abrigos temporários e aos seus impactos sobre a

saúde pública em desastres hidrológicos no Brasil, com ênfase nas enchentes ocorridas no Rio Grande do Sul em 2024.^{8,9}

O levantamento bibliográfico e documental foi realizado entre novembro de 2024 e fevereiro de 2025, abrangendo as bases SciELO, PubMed, BVS/OPAS e a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da CAPES, além de repositórios oficiais do Ministério da Saúde, do Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome e da Defesa Civil Nacional. Foram utilizados descritores DeCS/MeSH e termos correlatos, combinados por operadores booleanos (AND/OR), incluindo: “abrigos temporários”, “desastres”, “enchentes”, “saúde pública”, “desalojados”, “Defesa Civil”, “vigilância epidemiológica” e “abrigamento emergencial”.

Foram incluídos estudos e documentos que: a) abordassem desastres hidrológicos no Brasil; b) discutissem gestão de abrigos temporários ou aspectos sanitários e de saúde pública associados ao abrigamento emergencial; c) estivessem disponíveis em português, inglês ou espanhol; e d) tivessem sido publicados entre 2010 e 2024. Foram excluídos textos opinativos sem base documental, materiais sem relação direta com saúde pública ou gestão de abrigos e estudos voltados exclusivamente a aspectos meteorológicos.

A seleção do material foi realizada em três etapas. Inicialmente, procedeu-se à triagem dos títulos e resumos, a fim de identificar estudos e documentos compatíveis com o objetivo da pesquisa. Em seguida, foi realizada a leitura integral dos textos considerados relevantes. Por fim, procedeu-se à extração, comparação e sistematização dos principais achados. Ao final do processo, foram selecionados seis estudos e documentos técnicos diretamente relacionados à gestão de abrigos temporários, saúde pública e desastres hidrológicos. O material analisado foi organizado em quatro eixos temáticos: infraestrutura dos abrigos, condições sanitárias, vulnerabilidade de grupos específicos e coordenação entre as instituições envolvidas.

Considerando que se trata de uma revisão narrativa, com fontes de naturezas diferentes, como artigos científicos, documentos normativos, guias técnicos e publicações institucionais, não foi aplicada uma ferramenta formal de avaliação da qualidade metodológica, como as utilizadas em revisões sistemáticas. Ainda assim, a seleção do material seguiu critérios de pertinência ao tema, relação direta com o objeto do estudo, atualidade, consistência das informações e relevância técnico-institucional, de modo a garantir solidez à análise realizada.

3. RESULTADOS

A revisão narrativa da literatura e dos documentos técnicos resultou na seleção de seis fontes diretamente relacionadas à gestão de abrigos temporários, saúde pública e desastres hidrológicos no Brasil, incluindo publicações científicas, documentos normativos e guias institucionais. O material analisado foi identificado a partir de buscas nas bases SciELO, PubMed, BVS/OPAS e

Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da CAPES, além de repositórios oficiais do Ministério da Saúde, do Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome e da Defesa Civil. De modo geral, as fontes selecionadas concentraram-se em quatro eixos principais: infraestrutura e organização dos abrigos, condições sanitárias e de higiene, atenção a grupos vulneráveis e articulação entre instituições públicas e voluntárias.^{8,9}

A literatura também indica que a ausência de planejamento prévio e de protocolos padronizados pode transformar os abrigos em ambientes de risco para a disseminação de doenças respiratórias, gastrointestinais e zoonoses, especialmente quando há falhas no abastecimento de água potável, no manejo de resíduos, na higienização dos espaços e na vigilância epidemiológica.^{5,6,10} Outro aspecto recorrente foi a limitação da oferta de cuidados médicos contínuos, o que compromete o acompanhamento de pessoas com doenças crônicas, necessidades específicas de saúde ou maior dependência funcional.¹¹

Além dos problemas sanitários, os documentos analisados evidenciam a importância da coordenação entre Defesa Civil, saúde, assistência social, municípios, estados, União e organizações voluntárias. A falta de integração entre essas instituições tende a gerar sobreposição de esforços, distribuição desigual de recursos, lacunas no cadastramento das pessoas acolhidas e dificuldade de monitoramento das necessidades reais de cada abrigo.^{7,12}

Também foram identificadas boas práticas em diferentes contextos, como triagem ativa de sintomas, vacinação emergencial, campanhas educativas, separação de grupos vulneráveis, organização de áreas específicas para crianças, melhoria dos fluxos de limpeza e adoção de rotinas de monitoramento sanitário.^{5,9,13} Embora pontuais, essas medidas demonstram potencial para reduzir riscos, qualificar o acolhimento e melhorar o bem-estar das pessoas abrigadas.

A análise comparativa permitiu agrupar os achados em quatro eixos principais: infraestrutura e organização dos abrigos; condições sanitárias e de higiene; atenção a grupos vulneráveis; e articulação entre instituições públicas e voluntárias. A convergência entre as fontes examinadas indica que a gestão de abrigos temporários deve ser compreendida como parte estruturante das políticas de preparação, resposta e recuperação em desastres, e não apenas como medida improvisada diante da emergência.^{3,7}

O Quadro 1 apresenta a síntese dos estudos e documentos incluídos na revisão, destacando problemas sanitários recorrentes, grupos mais afetados, ações implementadas e principais lições aprendidas.

**Quadro 1** – Síntese dos estudos e documentos selecionados sobre saúde pública em abrigos temporários após enchentes no Brasil (2010–2024)

Fonte/ Ano	Abrangência	Problema sanitário	Grupos afetados	Ações recomendadas	Lições aprendidas
Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome (MDS), 2024	RS (Enchentes 2024)	Organização inadequada dos abrigos	População desabrigada	Cadastro, acolhimento, proteção social	Abrigos exigem gestão, fluxos e equipes definidas
Ministério da Saúde (2017)	Inundações	Doenças transmissíveis e vigilância	População afetada	Preparação e resposta em saúde pública	Inundações exigem vigilância epidemiológica ativa
Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), 2020	Ação humanitária	Vulnerabilidade infantil	Crianças e adolescentes	Espaços seguros e proteção infantil	Crianças exigem proteção específica
Manual Esfera (2020)	Diretrizes humanitárias	Água, saneamento e higiene insuficientes	População geral	Normas mínimas de WASH	Abrigos devem seguir padrões mínimos
Lei 12.608/2012	Política pública	Falta de articulação preventiva	População em áreas de risco	Prevenção, preparação, resposta e recuperação	Abrigamento deve integrar planos de contingência
Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR), 2019	Estratégias locais de redução de risco e resiliência	Falhas de coordenação e planejamento	População em áreas de risco	Integração entre setores, definição de responsabilidades e planejamento prévio	A gestão de desastres exige coordenação local, planejamento contínuo e articulação entre preparação, resposta e recuperação.

Fonte: elaboração própria a partir dos estudos e documentos selecionados.

4. DISCUSSÃO

4.1 Contexto das enchentes e a necessidade de abrigos

As enchentes que atingiram o Rio Grande do Sul em 2024 evidenciaram a elevada vulnerabilidade de áreas urbanas e rurais diante de eventos hidrológicos extremos. A intensidade das chuvas, o transbordamento de rios e a extensão das áreas inundadas produziram impactos simultâneos sobre moradias, serviços públicos, infraestrutura urbana, mobilidade, abastecimento e atendimento à população afetada.^{1,2} esse cenário exigiu resposta emergencial rápida e mobilização de



diferentes níveis de governo, órgãos de proteção e defesa civil, serviços de saúde, assistência social, Forças Armadas, organizações voluntárias e comunidades locais.^{3,7}

A instalação de abrigos temporários constituiu uma das medidas mais imediatas para proteção das pessoas desalojadas e desabrigadas. Escolas, ginásios, centros comunitários e outros equipamentos públicos foram adaptados para receber famílias que não podiam permanecer em suas residências ou retornar a áreas de risco. Embora esses espaços tenham cumprido função essencial de acolhimento e proteção, sua utilização emergencial também revelou limitações estruturais e operacionais, especialmente quando não havia mapeamento prévio, critérios técnicos de escolha, equipes capacitadas e protocolos padronizados de funcionamento.^{4,5}

As Figuras 1, 2 e 3 ilustram, respectivamente, a dimensão territorial das inundações em área urbana, a adaptação emergencial de espaços coletivos para funcionamento como abrigo temporário e a presença de grupos populacionais mais vulneráveis nesses ambientes, como pessoas idosas. Em conjunto, essas imagens reforçam a magnitude do desastre, a improvisação estrutural do abrigo emergencial e a necessidade de atenção específica às condições de saúde e proteção social nos espaços de acolhimento.

Figura 1 – Região central de Porto Alegre inundada pelas cheias de 2024.



Fonte: Governo do Rio Grande do Sul, 2024.

A experiência observada reforça que o abrigo temporário não deve ser tratado apenas como local físico de acolhimento, mas como estrutura complexa de resposta humanitária, sanitária e social. Sua gestão envolve organização de espaços, abastecimento de água, alimentação, higiene,

manejo de resíduos, segurança, cadastramento, atenção à saúde, proteção de grupos vulneráveis e articulação entre diferentes instituições.^{5,6,9} Quando essas dimensões não são planejadas previamente, aumenta-se o risco de superlotação, exposição a doenças, conflitos internos, descontinuidade do cuidado e agravamento das condições de vulnerabilidade da população acolhida.

Nesse sentido, as enchentes de 2024 demonstraram que a gestão de abrigos temporários precisa integrar os planos de contingência e as políticas permanentes de preparação e resposta a desastres. A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil já prevê ações articuladas de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, o que reforça a necessidade de incorporar o abrigamento emergencial como componente estratégico do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil.⁷ Assim, o caso do Rio Grande do Sul evidencia que a efetividade do acolhimento depende não apenas da abertura rápida de espaços, mas da existência prévia de planejamento, coordenação intersetorial e capacidade operacional para proteger a vida com segurança, dignidade e atenção à saúde.

4.2 Infraestrutura e organização dos abrigos

Os abrigos temporários organizados durante as enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul apresentaram condições bastante distintas entre os municípios afetados. Em alguns locais, houve maior disponibilidade de estrutura física, apoio técnico e presença de equipes organizadas; em outros, predominou a adaptação emergencial de ginásios, escolas, centros comunitários e demais equipamentos públicos sem preparação prévia suficiente para o acolhimento prolongado de famílias desalojadas e desabrigadas.^{1,3}

A utilização desses espaços cumpriu função essencial na proteção imediata da população, mas também expôs limitações relevantes de infraestrutura. Entre os principais problemas identificados, destacaram-se ventilação insuficiente, iluminação inadequada, número reduzido de banheiros, dificuldades no abastecimento de água potável, limpeza irregular, ausência de áreas reservadas para atendimento em saúde e insuficiência de espaços destinados à privacidade das famílias.^{4,5} Essas condições, quando associadas à superlotação, tendem a ampliar o risco de transmissão de doenças respiratórias e gastrointestinais, além de agravar o desconforto, o estresse e a insegurança das pessoas acolhidas.^{5,6}

Outro aspecto crítico foi a organização interna dos abrigos. Em diferentes contextos, atividades como cadastramento das famílias, controle de entrada e saída, distribuição de alimentos, limpeza, separação de espaços, manejo de doações e encaminhamento de demandas de saúde dependeram fortemente de voluntários ou servidores sem capacitação específica para gestão de abri-

gos.^{4,9} A ausência de protocolos padronizados e de fluxos claros de comando contribuiu para respostas desiguais entre municípios e dificultou a coordenação cotidiana dos espaços de acolhimento.

Outro aspecto crítico foi a organização interna dos abrigos. Em diferentes contextos, atividades como cadastramento das famílias, controle de entrada e saída, distribuição de alimentos, limpeza, separação de espaços, manejo de doações e encaminhamento de demandas de saúde dependeram fortemente de voluntários ou servidores sem capacitação específica para gestão de abrigos.^{4,9} A ausência de protocolos padronizados e de fluxos claros de comando contribuiu para respostas desiguais entre municípios e dificultou a coordenação cotidiana dos espaços de acolhimento.

Figura 2 – Espaço de ginásio convertido em abrigo temporário durante as enchentes no Rio Grande do Sul - 2024



Fonte: Agência Brasil, 2024.

Além disso, documentos técnicos recentes também reforçam que o funcionamento adequado de abrigos temporários depende de critérios mínimos relacionados à organização do espaço, ventilação, acesso à água, rotinas de limpeza, definição de fluxos e presença de equipes responsáveis pela gestão cotidiana do acolhimento.^{15,16,17}

A distribuição de recursos também se mostrou um desafio relevante. Enquanto alguns abrigos concentraram grande volume de doações, outros enfrentaram escassez de itens básicos, como água, alimentos, materiais de higiene, roupas, colchões e medicamentos. Esse descompasso evidencia a importância de sistemas integrados de informação, capazes de registrar a quantidade de

peças abrigadas, mapear necessidades específicas, monitorar estoques e orientar a distribuição de recursos conforme critérios objetivos de prioridade.^{7,12}

Dessa forma, a experiência das enchentes de 2024 reforça que a infraestrutura e a organização dos abrigos temporários não podem depender apenas da disponibilidade emergencial de espaços físicos. É necessário que os planos de contingência contemplem previamente a identificação de locais adequados, critérios mínimos de funcionamento, fluxos de gestão, equipes capacitadas e mecanismos de articulação entre Defesa Civil, saúde, assistência social e demais instituições envolvidas.^{3,7,12} Somente com planejamento prévio e coordenação intersetorial será possível transformar o abrigo temporário em um espaço seguro, funcional e compatível com a dignidade das pessoas acolhidas.

4.3 Saúde pública e vulnerabilidade populacional

As condições de saúde observadas nos abrigos temporários durante as enchentes do Rio Grande do Sul em 2024 constituíram um dos aspectos mais sensíveis da resposta ao desastre. A combinação de superlotação, ventilação insuficiente, saneamento precário, circulação intensa de pessoas e dificuldade de isolamento de casos suspeitos criou ambiente favorável à disseminação de doenças respiratórias, gastrointestinais e zoonoses, especialmente em locais com acompanhamento irregular de equipes de saúde.^{5,6}

As equipes municipais de saúde atuaram em contexto emergencial e sob forte pressão assistencial, enfrentando limitações de pessoal, medicamentos, insumos, espaços adequados para atendimento e fluxos padronizados de vigilância epidemiológica.^{8,10} Em alguns abrigos, o acesso a banheiros, pontos de higiene e água potável foi insuficiente para a demanda existente, ampliando o risco de contaminação cruzada e dificultando a adoção de medidas básicas de prevenção.^{4,5} A vacinação emergencial, a triagem de sintomas e o monitoramento de agravos foram medidas relevantes, mas sua efetividade dependeu da capacidade local de organização, registro e acompanhamento contínuo das pessoas acolhidas.^{5,11}

Os grupos populacionais mais vulneráveis foram particularmente afetados. Crianças pequenas, idosos, gestantes, pessoas com deficiência e indivíduos com doenças crônicas demandaram atenção diferenciada, em razão de condições pré-existent e de barreiras físicas, sanitárias e assistenciais nos abrigos.^{9,13} gestantes e pessoas com deficiência encontraram barreiras físicas e falta de atendimento especializado, o que ampliou o desconforto e a insegurança.^{9,13}

No caso de crianças e adolescentes, a literatura humanitária e os relatórios produzidos no contexto das enchentes do Rio Grande do Sul reforçam a necessidade de espaços seguros, proteção específica e atenção contínua aos impactos psicossociais do deslocamento e da permanência em abrigos coletivos.^{18,19}

A dimensão psicossocial também se destacou como componente relevante da saúde pública em abrigos temporários. A perda de moradia, bens pessoais, referências comunitárias e, em alguns casos, vínculos familiares, associada à convivência prolongada em ambientes coletivos, pode intensificar ansiedade, insônia, sofrimento emocional e sensação de insegurança.^{6,14} Por essa razão, a atenção psicossocial deve integrar os protocolos de resposta, com acolhimento qualificado, escuta inicial, identificação de situações de maior risco e encaminhamento aos serviços especializados quando necessário.

No campo da saúde pública, diretrizes recentes destacam que a vigilância em abrigos deve incluir monitoramento contínuo de agravos, identificação precoce de sintomas, organização de fluxos assistenciais e atenção especial às pessoas com maior vulnerabilidade clínica e social.^{20,21}

Figura 3 – Pessoas idosas em abrigo temporário durante as enchentes no Rio Grande do Sul.



Fonte: Agência Brasil, 2024.

A experiência analisada evidencia que a saúde pública deve ocupar posição central na gestão de abrigos temporários. A proteção da população acolhida exige equipes multidisciplinares, protocolos de triagem, vigilância epidemiológica ativa, abastecimento seguro de água, manejo adequado de resíduos, kits sanitários, atenção a grupos vulneráveis e articulação contínua entre Defesa Civil, saúde e assistência social.^{4,5,7} Assim, o abrigo temporário deve ser compreendido não apenas como espaço de acolhimento físico, mas como ambiente de proteção integral, no qual a preservação da vida precisa ser acompanhada pela garantia de dignidade, cuidado e redução de riscos sanitários.

4.4 Síntese crítica dos principais achados

A análise dos estudos e documentos examinados evidencia que os abrigos temporários organizados durante as enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul enfrentaram fragilidades estruturais e operacionais relevantes. Muitos espaços utilizados, como escolas, ginásios e prédios públicos, foram adaptados em caráter emergencial, sem condições plenamente adequadas de ventilação, saneamento, acessibilidade, privacidade e organização interna.^{4,5} A superlotação, associada à permanência prolongada de famílias em ambientes coletivos, ampliou riscos sanitários e psicossociais, especialmente entre pessoas em situação de maior vulnerabilidade.^{5,6,9}

No campo da saúde pública, os principais desafios estiveram relacionados ao abastecimento de água potável, à higienização dos espaços, ao manejo de resíduos, ao controle de doenças transmissíveis e ao acompanhamento de pessoas com doenças crônicas ou necessidades específicas de cuidado.^{4,5,6} A literatura e os documentos técnicos analisados indicam que abrigos temporários devem ser compreendidos como ambientes de risco sanitário controlável, desde que submetidos a rotinas de vigilância, triagem, limpeza, organização dos fluxos internos e articulação com os serviços locais de saúde.^{5,6,10}

Outro achado relevante refere-se à coordenação interinstitucional. A resposta ao desastre envolveu prefeituras, Defesa Civil, órgãos estaduais e federais, Forças Armadas, serviços de saúde, assistência social, organizações voluntárias e sociedade civil.^{1,3,7} Contudo, a multiplicidade de atores, quando não acompanhada de fluxos claros de comando, sistemas integrados de informação e critérios objetivos de distribuição de recursos, pode gerar sobreposição de esforços, lacunas assistenciais e desigualdades entre os abrigos.^{7,12}

A experiência recente também mostrou que a resposta a desastres de grande escala depende de articulação contínua entre proteção e defesa civil, saúde, assistência social e comunicação institucional, especialmente para evitar sobreposição de esforços, lacunas assistenciais e distribuição desigual de recursos.^{22,23,24}

Apesar dessas limitações, foram identificadas práticas positivas capazes de qualificar a gestão dos abrigos, como triagem ativa de sintomas, vacinação emergencial, campanhas educativas, separação de grupos vulneráveis, organização de espaços infantis, fortalecimento das rotinas de limpeza e maior integração entre saúde, assistência social e Defesa Civil.^{4,5,9,13} Essas medidas demonstram que a redução dos riscos em abrigos temporários depende menos de soluções complexas e mais da existência de planejamento prévio, equipes treinadas, protocolos operacionais simples e coordenação contínua.

Em síntese, os achados apontam que a gestão de abrigos temporários deve ser incorporada de forma permanente aos planos de contingência e às políticas de proteção e defesa civil. A experiência do Rio Grande do Sul reforça que o acolhimento emergencial não pode ser tratado apenas como resposta improvisada à perda de moradia, mas como ação estratégica de saúde pública, proteção social e garantia de dignidade em contextos de desastre.^{3,7}

4.5 Limitações do estudo

Este estudo tem algumas limitações que precisam ser consideradas. A primeira é que se trata de uma revisão narrativa da literatura, associada à análise documental, o que significa que o objetivo não foi esgotar toda a produção existente sobre o tema, como ocorreria em uma revisão sistemática. Por isso, é possível que algumas publicações relevantes não tenham sido incluídas. Além disso, o recorte da pesquisa concentrou-se em desastres hidrológicos no Brasil, com foco nas enchentes do Rio Grande do Sul em 2024, o que limita a aplicação dos achados a outros tipos de desastres ou realidades internacionais. Outro ponto importante é que parte da análise se baseou em documentos institucionais, normativos e técnicos, que têm caráter mais operacional e descritivo, diferente dos estudos científicos publicados em periódicos. Por fim, a diversidade das fontes utilizadas, incluindo artigos, documentos oficiais e guias técnicos, dificulta comparações diretas entre os materiais analisados. Ainda assim, esse conjunto de fontes foi considerado adequado para compreender, de forma prática, os principais desafios sanitários e operacionais relacionados à gestão de abrigos temporários em situações de desastre.

5. CONCLUSÃO

As enchentes que atingiram o Rio Grande do Sul em 2024 evidenciaram fragilidades importantes na gestão de abrigos temporários em contextos de desastre hidrológico. Embora esses espaços tenham cumprido função essencial de proteção imediata da população desalojada e desabrigada, a experiência analisada demonstrou que o acolhimento emergencial ainda enfrenta limitações estruturais, sanitárias, assistenciais e interinstitucionais.^{1,3}

Os principais desafios identificados estiveram relacionados à adaptação improvisada de espaços físicos, à superlotação, às deficiências de ventilação, higiene, saneamento e privacidade, bem como à dificuldade de garantir acompanhamento contínuo em saúde, vigilância epidemiológica e atenção específica a grupos vulneráveis.^{4,5,6,9} Crianças, idosos, gestantes, pessoas com deficiência e indivíduos com doenças crônicas demandam medidas diferenciadas de proteção, o que reforça a necessidade de protocolos específicos para o abrigamento emergencial.

A análise também evidenciou que a gestão de abrigos temporários não deve ser tratada como ação isolada ou exclusivamente improvisada no momento da emergência. Ao contrário, deve

integrar os planos de contingência e as políticas permanentes de proteção e defesa civil, em articulação com as áreas de saúde, assistência social, segurança, logística e gestão de voluntários.^{7,12} A existência de locais previamente mapeados, equipes capacitadas, fluxos de comando definidos, sistemas de informação atualizados e rotinas de monitoramento sanitário constitui condição essencial para reduzir riscos e qualificar a resposta.

Conclui-se que a experiência do Rio Grande do Sul oferece lições relevantes para o fortalecimento da gestão de abrigos temporários no Brasil. A criação de diretrizes nacionais mais objetivas, a padronização de protocolos operacionais e a integração permanente entre Defesa Civil, saúde e assistência social podem contribuir para respostas mais rápidas, coordenadas e humanizadas. Mais do que oferecer abrigo físico, a resposta a desastres deve assegurar proteção, dignidade, cuidado em saúde e condições mínimas para a reconstrução da vida das pessoas afetadas.

ASPECTOS ÉTICOS

Por se tratar de revisão de literatura e análise documental, sem coleta de dados pessoais identificáveis ou intervenção com seres humanos, o estudo não foi submetido a Comitê de Ética em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Banco Interamericano de Desenvolvimento, Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, Banco Mundial. Avaliação dos efeitos e impactos das inundações no Rio Grande do Sul [Internet]. Washington, DC: BID; 2024 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://publications.iadb.org/pt/avaliacao-dos-efeitos-e-impactos-das-inundacoes-no-rio-grande-do-sul>
2. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Nota Técnica nº 469/2024/SEI-CEMADEN: mapeamento das manchas de inundações e enxurradas do desastre ocorrido no Rio Grande do Sul em abril-mai/2024 [Internet]. São José dos Campos: CEMADEN; 2024 [citado 2026 maio 27]. Available from: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/monitoramento/notas-tecnicas/nota-tecnica-no-469-2024-sei-cemaden-mapeamento-das-manchas-de-inundacoes-e-enxurradas-do-desastre-ocorrido-no-rio-grande-do-sul-em-abril-maio-2024>
3. Rio Grande do Sul. Defesa Civil. Situação nos municípios: balanço das enchentes de maio de 2024 no Rio Grande do Sul [Internet]. Porto Alegre: Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul; 2025 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://sosenchentes.rs.gov.br/situacao-nos-municipios>
4. Brasil. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome. Gestão e funcionamento dos abrigos temporários no SUAS [Internet]. Brasília: MDS; 2024 [citado 2026



mai 27]. Available from: https://mds.gov.br/webarquivos/MDS/2_Acoes_e_Programas/Calamidade_Publica_e_Emergencias/SUAS/Gestao_e_Funcionamento_de_Abrigos_Provisorios_no_SUAS.pdf

5. Sphere Association. O Manual Esfera: Carta Humanitária e Normas Mínimas para a Resposta Humanitária [Internet]. 4. ed. Carmo da Cachoeira: Associação Irdin Editora; 2020 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://spherestandards.org/wp-content/uploads/Sphere-Handbook-2018-BRPortuguese.pdf>

6. Wisner B, Adams J, editores. Environmental health in emergencies and disasters: a practical guide [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2002 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://iris.who.int/items/03c2d7c4-b27f-4b07-b0e2-9b1820c36b79>

7. Brasil. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC); dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC) [Internet]. Brasília: Presidência da República; 2012 [citado 2026 mai 27]. Available from: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm

8. Rother ET. Revisão sistemática x revisão narrativa. Acta Paul Enferm. 2007;20(2):v-vi. doi:10.1590/S0103-21002007000200001

9. Sá-Silva JR, Almeida CD, Guindani JF. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. Rev Bras Hist Cienc Soc [Internet]. 2009;1(1):1-15 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://periodicos.furg.br/rbhcs/article/view/10351>. doi:10.63595/rbhcs.v1i1.10351

10. Brasil. Ministério da Saúde. Guia de preparação e resposta à emergência em saúde pública por inundação [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2017 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/enchentes/guia-de-preparacao-e-resposta-a-emergencia-em-saude-publica-por-inundacao.pdf/view>

11. World Health Organization. Noncommunicable diseases in emergencies [Internet]. Geneva: WHO; 2016 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://iris.who.int/handle/10665/204627>

12. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Words into Action guidelines: implementation guide for local disaster risk reduction and resilience strategies [Internet]. Geneva: UNDRR; 2019 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://www.undrr.org/publication/words-action-guidelines-implementation-guide-local-disaster-risk-reduction-and>

13. United Nations Children's Fund. Core commitments for children in humanitarian action [Internet]. New York: UNICEF; 2020 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://www.unicef.org/emergencies/core-commitments-children>

14. Inter-Agency Standing Committee. IASC guidelines on mental health and psychosocial support in emergency settings [Internet]. Geneva: IASC; 2007 [citado 2026 mai 27]. Available





from: <https://interagencystandingcommittee.org/iasc-task-force-mental-health-and-psychosocial-support-emergency-settings/iasc-guidelines-mental-health-and-psychosocial-support-emergency-settings-2007>

15. Rio Grande do Sul. Secretaria da Saúde. Guia rápido para atuação em abrigos temporários: profissionais de saúde [Internet]. Porto Alegre: SES-RS; 2024 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://atencaoprimaria.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/12145854-guia-rapido-abrigos-profissionais.pdf>

16. Brasil. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome. Gestão e funcionamento dos alojamentos provisórios [Internet]. Brasília: MDS; 2023 [citado 2026 mai 27]. Available from: https://mds.gov.br/webarquivos/MDS/2_Acoes_e_Programas/Calamidade_Publica_e_Emergencias/SUAS/Orientacoes_Tecnicas_Gestao_dos_Alojamentos_Provisorios.pdf

17. Brasil. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome. Emergências no Sistema Único de Assistência Social – SUAS [Internet]. Brasília: MDS; 2024 [citado 2026 mai 27]. Available from: https://mds.gov.br/webarquivos/MDS/2_Acoes_e_Programas/Calamidade_Publica_e_Emergencias/SUAS/O_que_fazer.pdf

18. Fundo das Nações Unidas para a Infância. Brazil humanitarian situation report no. 1: floods, Rio Grande do Sul [Internet]. New York: UNICEF; 2024 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://www.unicef.org/media/158676/file/Brazil-Humanitarian-SitRep-No.-1-%28Floods-Rio-Grande-do-Sul%29-26-June-2024.pdf>

19. Fundo das Nações Unidas para a Infância. Brazil humanitarian situation report no. 4: Rio Grande do Sul floods [Internet]. New York: UNICEF; 2024 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://www.unicef.org/media/164101/file/Brazil-Humanitarian-SitRep-No.4-%28Rio-Grande-do-Sul-Floods%29-30-September-2024.pdf>

20. Brasil. Ministério da Saúde. Plano de contingência para emergências em saúde pública por chuvas intensas e desastres associados [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2025 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigilancia-ambiental/plano-de-contingencia-para-emergencias-em-saude-publica-por-chuvas-intensas-e-desastres-associados.pdf>

21. Brasil. Ministério da Saúde. Guia para elaboração de planos de contingência [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2023 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/emergencia-em-saude-publica/guia-para-elaboracao-de-planos-de-contingencia>

22. Rio Grande do Sul. Departamento de Economia e Estatística. Impactos socioeconômicos dos eventos climáticos extremos de 2024 no Rio Grande do Sul: uma análise após um ano do desastre [Internet]. Porto Alegre: DEE/SPGG; 2025 [citado 2026 mai 27]. Available from: <https://dee.rs.gov.br/upload/arquivos/202504/29093707-relatorio-dee-impactos-socioeconomicos-dos->





eventos-climaticos-extremos-de-2024-no-rio-grande-do-sul-uma-analise-apos-um-ano-do-desastre-1.pdf

23. Brasil. Secretaria de Comunicação Social da Presidência da República. Relatório de operação Rio Grande do Sul [Internet]. Brasília: SECOM; 2024 [citado 2026 mai 27]. Available from: https://www.gov.br/secom/pt-br/arquivos/acao-federal-no-rs/240512_rs_relatorio-de-operacao_013.pdf

24. Brasil. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome. Trabalho social com territórios, famílias e indivíduos no SUAS [Internet]. Brasília: MDS; 2025 [citado 2026 mai 27]. Available from: https://mds.gov.br/webarquivos/MDS/2_Acoes_e_Programas/Calamidade_Publica_e_Emergencias/SUAS/Caderno_Trabalho_Social_com_Territorios_Familias_e_Individuos_no_SUAS.pdf





Imagem gerada por IA, meramente ilustrativa.



Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de julho de 2026

Análise Geoestatística das Ocorrências de Defesa Civil Associadas a Movimentos de Massa em Niterói (RJ): Estimativa Probabilística e Mapeamento de Suscetibilidade

Autor:

Luciano Salviano de Sales

Mestrado em Geotecnia

ORCID: [0009-0002-7728-7102](https://orcid.org/0009-0002-7728-7102)

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

E-mail: lucian.salviano@gmail.com



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

ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DAS OCORRÊNCIAS DE DEFESA CIVIL
ASSOCIADAS A MOVIMENTOS DE MASSA EM NITERÓI (RJ):
ESTIMATIVA PROBABILÍSTICA E MAPEAMENTO DE
SUSCETIBILIDADE

Luciano Salviano de Sales^{1,2*}

¹ Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

*Autor correspondente. E-mail: lucian.salviano@gmail.com

RESUMO: Introdução: Os movimentos de massa constituem um dos principais processos responsáveis por desastres naturais em áreas urbanas ocupadas por encostas. No município de Niterói (RJ), eventos pluviométricos intensos associados à elevada declividade do terreno têm contribuído para a recorrência de deslizamentos, exigindo ferramentas capazes de subsidiar ações preventivas de gestão de riscos. Objetivo: Avaliar o potencial da aplicação de técnicas geoestatísticas na modelagem espacial de ocorrências de Defesa Civil associadas a movimentos de massa, visando à construção de superfícies probabilísticas de suscetibilidade. Métodos: Foram analisados aproximadamente 1.200 registros históricos disponibilizados pela Defesa Civil Municipal. Após validação, georreferenciamento e tratamento de inconsistências espaciais, foram selecionadas 725 ocorrências associadas a dados pluviométricos e 475 associadas à declividade. Os dados foram modelados em ambiente SIG por meio de variogramas experimentais e krigagem ordinária utilizando o software SGeMS. Resultados: Os variogramas evidenciaram dependência espacial significativa, com alcances entre 6 km e 8 km. A krigagem anisotrópica apresentou menor variância média de estimativa em comparação à abordagem omnidirecional, indicando melhor representação da estrutura espacial do fenômeno. As superfícies geradas identificaram áreas espacialmente compatíveis com setores historicamente afetados por movimentos de massa no município. Conclusão: Os resultados sugerem que a geoestatística constitui ferramenta promissora para o mapeamento de suscetibilidade a movimentos de massa, permitindo incorporar explicitamente a variabilidade espacial e a incerteza associada às estimativas. A metodologia pode contribuir para o planejamento territorial e para as ações preventivas da Defesa Civil.

Palavras-chave: Geoestatística, Krigagem, Defesa Civil, Movimentos de Massa, Suscetibilidade.

ABSTRACT: Introduction: Mass movements are among the main natural hazards affecting urbanized hillside environments. In Niterói (RJ), intense rainfall events combined with steep terrain conditions contribute to recurrent landslide occurrences. Objective: To evaluate the potential of geostatistical techniques for modeling Civil Defense records associated with mass movements and generating probabilistic susceptibility surfaces. Methods: Approximately 1200 historical records were analyzed. After validation, georeferencing and spatial consistency assessment, 725 rainfall-related records and 475 slope-related records were selected. Experimental variograms and ordinary kriging were applied using SGeMS software. Results: Significant spatial dependence was identified, with variogram ranges between 6 and 8 km. Anisotropic kriging produced lower estimation variances than isotropic kriging. The generated surfaces highlighted areas spatially consistent with historically affected sectors of the municipality. Conclusion: The results suggest that geostatistical approaches represent a promising tool for susceptibility assessment and may support Civil Defense risk management and preventive planning activities.

Keywords: Geostatistics, Kriging, Civil Defense, Landslides, Susceptibility.





1. INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa constituem importantes processos geomorfológicos responsáveis por perdas humanas, danos materiais e impactos ambientais em diversas regiões do mundo. No Brasil, tais eventos estão frequentemente associados à ocorrência de chuvas intensas, à ocupação inadequada de encostas e às características geológicas e geotécnicas dos terrenos.

No estado do Rio de Janeiro, eventos extremos ocorridos em 2010 e 2011 evidenciaram a vulnerabilidade de áreas urbanizadas implantadas em encostas. Em Niterói, o desastre do Morro do Bumba tornou-se um marco na gestão de riscos geológicos, impulsionando investimentos em monitoramento pluviométrico e sistemas de alerta.

Tradicionalmente, estudos de estabilidade de encostas utilizam métodos determinísticos fundamentados em parâmetros geotécnicos. Embora eficientes em escala local, tais métodos apresentam limitações quando aplicados em áreas extensas, devido à dificuldade de obtenção de parâmetros representativos. Modelos empíricos baseados em limiares pluviométricos também são amplamente utilizados, porém frequentemente não incorporam explicitamente a variabilidade espacial dos fatores condicionantes.

Nesse contexto, a geoestatística apresenta-se como alternativa capaz de modelar a dependência espacial de variáveis regionalizadas por meio de funções de correlação espacial e estimadores de mínima variância.

Embora diversos estudos utilizem inventários de escorregamentos para elaboração de mapas de suscetibilidade, muitos municípios brasileiros dispõem apenas de registros operacionais produzidos pelos órgãos de Defesa Civil. Ainda são limitadas as pesquisas que investigam o potencial dessas bases para a construção de modelos espaciais probabilísticos.

Dessa forma, o presente estudo busca responder à seguinte questão:

Em que medida registros históricos de ocorrências da Defesa Civil associados a movimentos de massa podem contribuir para a modelagem espacial da suscetibilidade quando integrados a variáveis condicionantes como precipitação e declividade?

O objetivo consiste em avaliar a aplicação de técnicas geoestatísticas na análise espacial dessas ocorrências, visando à geração de superfícies probabilísticas de suscetibilidade para o município de Niterói.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Movimentos de massa e suscetibilidade

Diversos autores propuseram sistemas de classificação para movimentos de massa, considerando a natureza do material envolvido, o tipo de movimento e outros fatores. As classificações



de Varnes¹ e sua versão expandida por Cruden e Varnes² estão entre as mais utilizadas globalmente. De acordo com Varnes¹, podem ser reconhecidos cinco tipos básicos de movimento: quedas (*falls*), tombamentos (*topples*), deslizamentos (*slides*), espalhamentos (*spreads*) e escoamentos ou corridas (*flows*), combinados a dois tipos principais de material (rocha ou solo). Cruden e Varnes (1996) mantiveram essa estrutura, adicionando subcategorias relativas ao teor de água (seco, úmido, molhado, muito molhado) e à velocidade de movimentação para qualificar melhor cada evento.

Guidicini e Nieble³ sugeriram a distinção entre agentes predisponentes e agentes efetivos na deflagração de movimentos de massa. Os agentes predisponentes correspondem às características intrínsecas do ambiente que deixam a encosta naturalmente propensa à instabilização – por exemplo, a geologia (tipo de rocha/solo e grau de intemperismo), a geomorfologia (declividade, forma e altura da encosta), a cobertura vegetal, entre outros. Tais fatores pré-existent determinam o potencial de instabilidade latente de um terreno. Por sua vez, os agentes efetivos são aqueles que atuam imediatamente para “desencadear” o deslizamento. Eles se subdividem em efetivos preparatórios, que gradualmente enfraquecem a encosta (chuvas prolongadas, erosão lenta, ressecamento e trincas causados por variações climáticas, vibrações, ações antrópicas como cortes e desmatamentos), e efetivos imediatos, que são o gatilho final do evento (uma chuva extrema de curto período, um terremoto, etc.).

Em suma, uma encosta pode já estar fragilizada por condições predisponentes, mas é normalmente um agente efetivo imediato (gatilho) que precipita o movimento de massa observado.

No caso de Niterói e regiões similares, os principais agentes predisponentes incluem a presença de solos residuais profundos e pouco coesivos cobrindo encostas íngremes do embasamento gnáissico-granítico, além do histórico de ocupação desordenada que remove vegetação protetora e sobrecarrega os taludes com moradias precárias, na visão de Chaves⁴.

2.2 Ocorrências de Defesa Civil

Ocorrência de Defesa Civil corresponde ao registro operacional de atendimento relacionado a uma ameaça, desastre ou situação de risco reportada pela população ou identificada pelos agentes públicos.

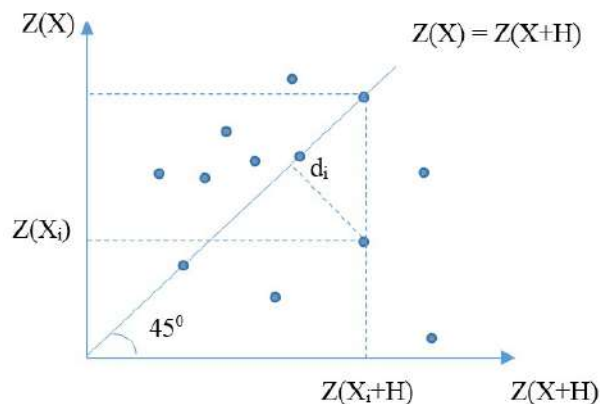
Importa destacar que ocorrência, suscetibilidade e risco são conceitos distintos. Enquanto a suscetibilidade representa a propensão natural do terreno à ocorrência de determinado processo, o risco incorpora também os elementos expostos e suas vulnerabilidades.

2.3 Geoestatística aplicada a movimentos de massa

A análise de movimentos de massa em encostas tem evoluído ao longo das últimas décadas, incorporando diferentes abordagens metodológicas que buscam compreender a complexidade desses fenômenos. Tradicionalmente, os estudos concentram-se em métodos determinísticos baseados em parâmetros geotécnicos, bem como em modelos empíricos, como os limiares pluviométricos, amplamente utilizados em sistemas de alerta⁵. No entanto, tais abordagens apresentam limitações, sobretudo em análises regionais, por não considerarem de forma integrada a variabilidade espacial e a natureza multivariada dos processos envolvidos.

Nesse contexto, a geoestatística surge como uma alternativa robusta para a análise de fenômenos espacialmente distribuídos, permitindo modelar a dependência espacial por meio do conceito de variáveis regionalizadas, conforme proposto por Matheron⁶, como mostrado na Figura 1. Essa abordagem considera que os valores de uma variável no espaço não são independentes, mas apresentam correlação em função da distância e da direção, característica fundamental na análise de ocorrências de deslizamentos.

Figura 1 – Gráfico $Z(X) \times Z(X+H)$



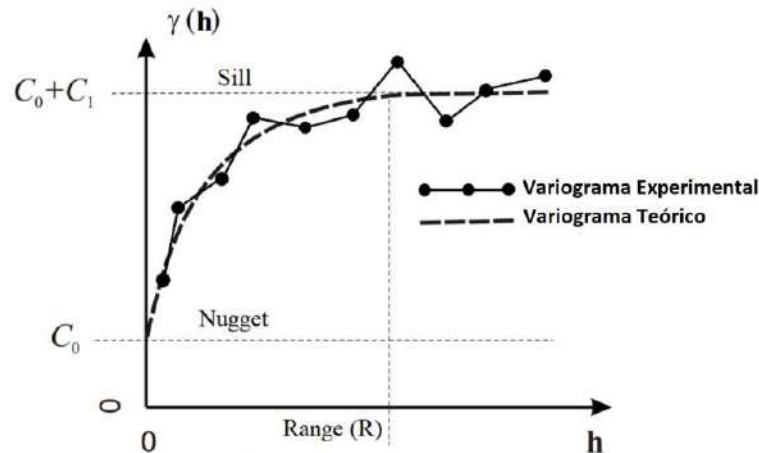
Fonte: Journel e Huijbregts⁷

O variograma constitui o principal instrumento da geoestatística, sendo utilizado para quantificar a variabilidade espacial dos dados⁸, conforme equação 1, onde n representa o número de pares de pontos separado de H e Z a variável regionalizada nos pontos X e $X+H$. A partir do variograma experimental, ajustam-se modelos teóricos (como esférico, exponencial e gaussiano), que permitem identificar parâmetros fundamentais, como o alcance, o patamar e o efeito pepita, os quais descrevem a estrutura de continuidade espacial da variável analisada⁹, como ilustrado na Figura 2, onde C_0 representa o efeito pepita, C_0+C_1 a variância máxima e Range a amplitude até onde os pares apresentam dependência espacial. Além disso, aspectos como a estacionaridade e a

anisotropia devem ser considerados, uma vez que a variabilidade espacial pode diferir conforme a direção¹⁰.

$$\overline{d^2} = \gamma(H) = \frac{1}{2N(H)} \sum_{i=1}^{N(H)} [Z(X_i + H) - Z(X_i)]^2 \quad (1)$$

Figura 2 – Exemplo de um modelo final de variograma.



Fonte: Wackernagel⁹

A partir da modelagem variográfica, aplica-se a krigagem, de acordo com equação 2, que consiste em um estimador linear não enviesado e de variância mínima, capaz de estimar valores em locais não amostrados com base na correlação espacial dos dados¹¹. Diferentes variantes, como a krigagem ordinária, simples e indicativa, permitem adaptar o método às características do problema analisado, sendo esta última especialmente relevante para a estimativa probabilística de ocorrência de eventos, como deslizamentos¹².

$$Z^*(X_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i^{KO} Z(X_i) \quad (2)$$

O λ_i é o coeficiente de krigagem, que representa os pesos atribuídos a cada ponto de dado amostrado $Z(X_i)$ (conhecido) ao redor do local que se deseja estimar $Z^*(X_0)$ (desconhecido). Além disso, técnicas como validação cruzada são empregadas para avaliar o desempenho dos modelos adotados, enquanto a cokrigagem possibilita a integração de variáveis correlacionadas, como precipitação e declividade, ampliando a capacidade de análise em cenários com dados limitados¹³. Essas abordagens permitem superar limitações dos modelos empíricos tradicionais, ao incorporar explicitamente a estrutura de dependência espacial dos dados.

Aplicações recentes demonstram o potencial da geoestatística na análise de suscetibilidade a movimentos de massa, especialmente quando integrada a Sistemas de Informações Geográficas



(SIG) e a dados georreferenciados¹². No contexto urbano de Niterói, caracterizado por relevo acidentado e ocupação desordenada, essa abordagem mostra-se particularmente promissora, pois possibilita a geração de mapas probabilísticos contínuos, com quantificação das incertezas associadas, contribuindo para o aprimoramento das estratégias de prevenção e gestão de riscos geotécnicos.

Dessa forma, a literatura indica que a integração de métodos geoestatísticos com abordagens probabilísticas representa um avanço significativo na análise de deslizamentos, alinhando-se à proposta deste trabalho de utilizar a correlação espacial como elemento central para o mapeamento de suscetibilidade no município de Niterói.

3. MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O município de Niterói com uma área territorial de 129,4 Km², está localizado na porção leste da Baía de Guanabara, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, e apresenta características geológicas e geomorfológicas que favorecem a ocorrência de movimentos de massa. A geologia local é composta predominantemente por rochas cristalinas do embasamento gnáissico-granítico, recobertas por espessas camadas de solos residuais formados pelo intenso intemperismo tropical.

Do ponto de vista geomorfológico, o município possui relevo acidentado, com morros, maciços costeiros e encostas íngremes, destacando-se a Serra da Tiririca e diversos morros urbanos. Essas características, associadas às elevadas declividades, contribuem para o aumento da suscetibilidade a escorregamentos.

O clima é tropical úmido, com chuvas concentradas principalmente nos meses de primavera e verão. Eventos pluviométricos intensos e acumulados elevados em curtos períodos atuam como importantes agentes deflagradores de movimentos de massa, especialmente em encostas previamente fragilizadas.

Historicamente, Niterói registra diversos episódios de deslizamentos, destacando-se a tragédia do Morro do Bumba, em 2010, que evidenciou a vulnerabilidade das áreas ocupadas em encostas. Estudos recentes do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) identificam elevada concentração de ocorrências em bairros como Fonseca, Caramujo e Santa Rosa, reforçando a necessidade de aprimorar as ações de monitoramento, prevenção e mapeamento de suscetibilidade no município.

3.2 Banco de dados

Foram analisados aproximadamente 1.200 registros históricos associados a movimentos de massa disponibilizados pela Defesa Civil Municipal.



Tais registros não continham classificação padronizada da tipologia dos movimentos de massa. Dessa forma, as ocorrências foram tratadas de maneira agregada, representando uma limitação do estudo, uma vez que diferentes mecanismos de ruptura podem apresentar condicionantes espaciais distintos.

Critérios de inclusão

- ocorrências associadas a movimentos de massa;
- registros dentro do limite municipal;
- coordenadas válidas;
- informações mínimas para georreferenciamento.

Critérios de exclusão

- registros duplicados;
- inconsistências espaciais;
- ausência de localização;
- impossibilidade de associação às variáveis analisadas.

Após os procedimentos de validação, georreferenciamento e tratamento das inconsistências espaciais, foram selecionados 725 registros de ocorrências associados à precipitação e 475 registros relacionados à declividade, constituindo a base de dados utilizada nas análises geoestatísticas e na construção das superfícies de suscetibilidade a movimentos de massa.

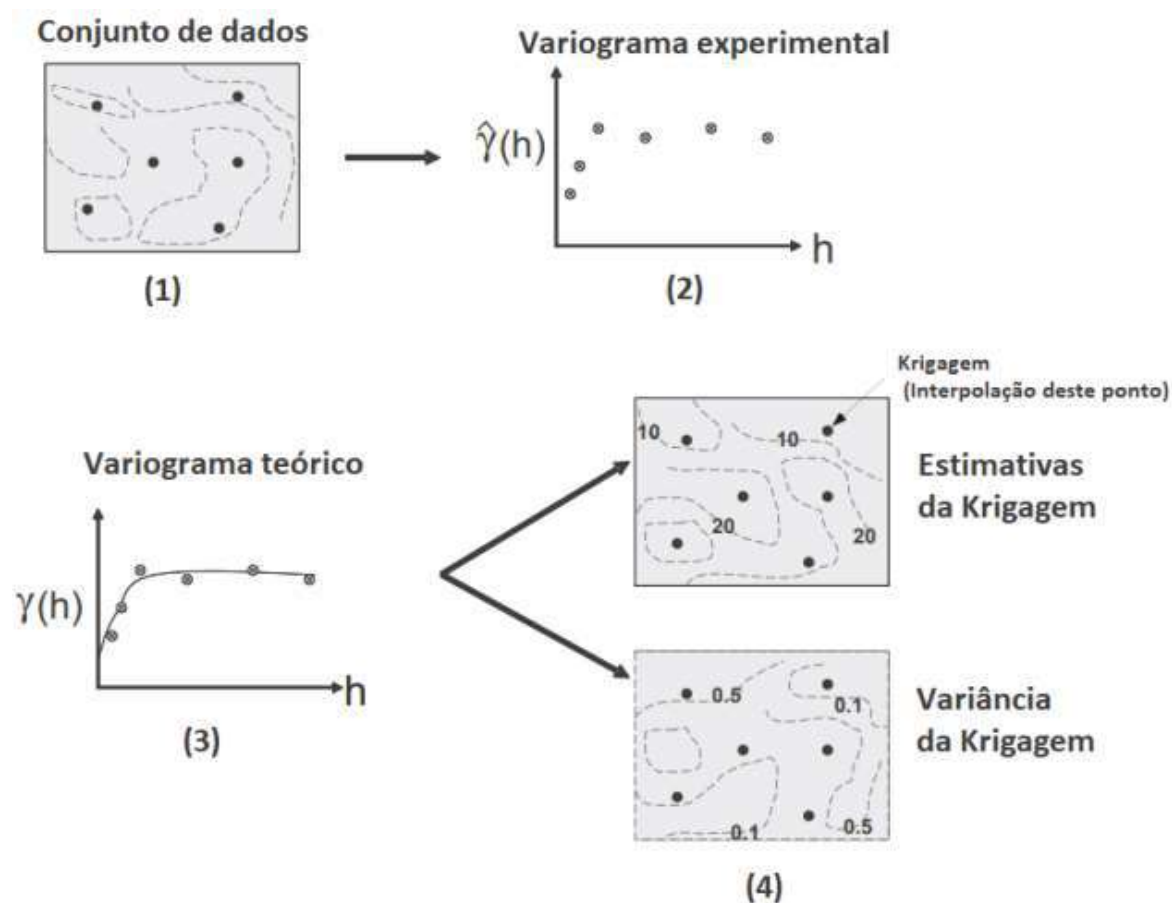
3.3 Modelagem Geoestatística

No contexto deste trabalho, pode-se definir a variável de interesse como uma medida de ocorrência de movimentos de massa em uma localização – por exemplo, as declividades e os acumulados de chuvas dos eventos registrados em uma certa célula de malha durante o período de análise. A partir dos dados pontuais coletados (deslizamentos georreferenciados), calcula-se o variograma experimental, que usualmente revela um aumento da dissimilaridade (semivariância) com o aumento da distância até atingir um platô (patamar). Esse comportamento indica até que distância, em média, as ocorrências guardam correlação: distâncias menores que o alcance crítico apresenta valores mais similares (ou seja, presença de autocorrelação espacial entre as declividades e acumulados de chuvas nas ocorrências de deslizamentos), enquanto em distâncias maiores a ocorrência de um evento já não “influencia” a de outro. Ajustando-se um modelo teórico a esse variograma (por exemplo, modelos exponencial, esférico ou gaussiano), obtêm-se parâmetros importantes: o alcance (distância além da qual os dados deixam de estar correlacionados), o patamar (valor da semivariância correspondente à variância inerente dos dados) e o efeito pepita (dispersão

aparentemente aleatória em distâncias muito curtas, devida a erros de amostragem ou variabilidade micro-escala não capturada).

Com um variograma modelado, aplica-se então a técnica de krigagem (kriging), que é um estimador linear ponderado ótimo no sentido dos mínimos quadrados. Simplificadamente, a krigagem permite estimar o valor da variável em qualquer local não amostrado como uma média ponderada dos valores observados em torno, cujos pesos são determinados segundo a estrutura de correlação espacial (variograma) previamente identificada¹⁰. Em outras palavras Krigagem é uma técnica de interpolação que aproveita a correlação espacial entre amostras para prever valores em locais não amostrados. Mas a principal diferença é que pode-se construí-lo usando a função matemática obtida do semivariograma. Essa técnica tem duas grandes vantagens no contexto de suscetibilidade:

Figura 3 – Fluxo do processo de krigagem.



Fonte: Jakob e Young¹⁶



(I) produz estimativas com variância mínima não-viesada, incorporando a redundância de informação trazida pela proximidade dos pontos (ou seja, considera que pontos vizinhos trazem informações similares); e

(II) fornece, junto com a estimativa, uma medida da incerteza (variância de krigagem) para cada local estimado, permitindo mapear onde as predições são mais ou menos confiáveis. No caso de variável binária (ocorreu ou não ocorreu deslizamento), pode-se empregar a krigagem indicativa, que gera diretamente estimativas entre 0 e 1 interpretáveis como a probabilidade de ocorrência do fenômeno naquele local¹². Essa probabilidade estimada por krigagem indicativa é condicional aos dados observados e à estrutura de correlação espacial inferida, equivalendo em certo sentido a aplicar o Teorema de Bayes no espaço, onde os dados vizinhos atuam como evidências que alteram a probabilidade a priori de ocorrência em um dado ponto.

O variograma experimental pode ser considerado como uma representação gráfica da distribuição de dados, além de mostrar a variância com o incremento da distância das amostras coletadas. O variograma é a base para a aplicação do método de Krigagem. Assim, pode-se dividir o processo de krigagem em três etapas fundamentais¹⁵: (1) Examinar a similaridade entre um conjunto de amostras coletadas via análise do variograma experimental; (2) Ajustar uma função matemática (modelo) ao variograma experimental, chamado de variograma teórico; (3) Aplicar a interpolação por krigagem com base na função definida no passo 2. Este fluxo do processo da krigagem é ilustrado na Figura 3.

3.4 Análise estatística

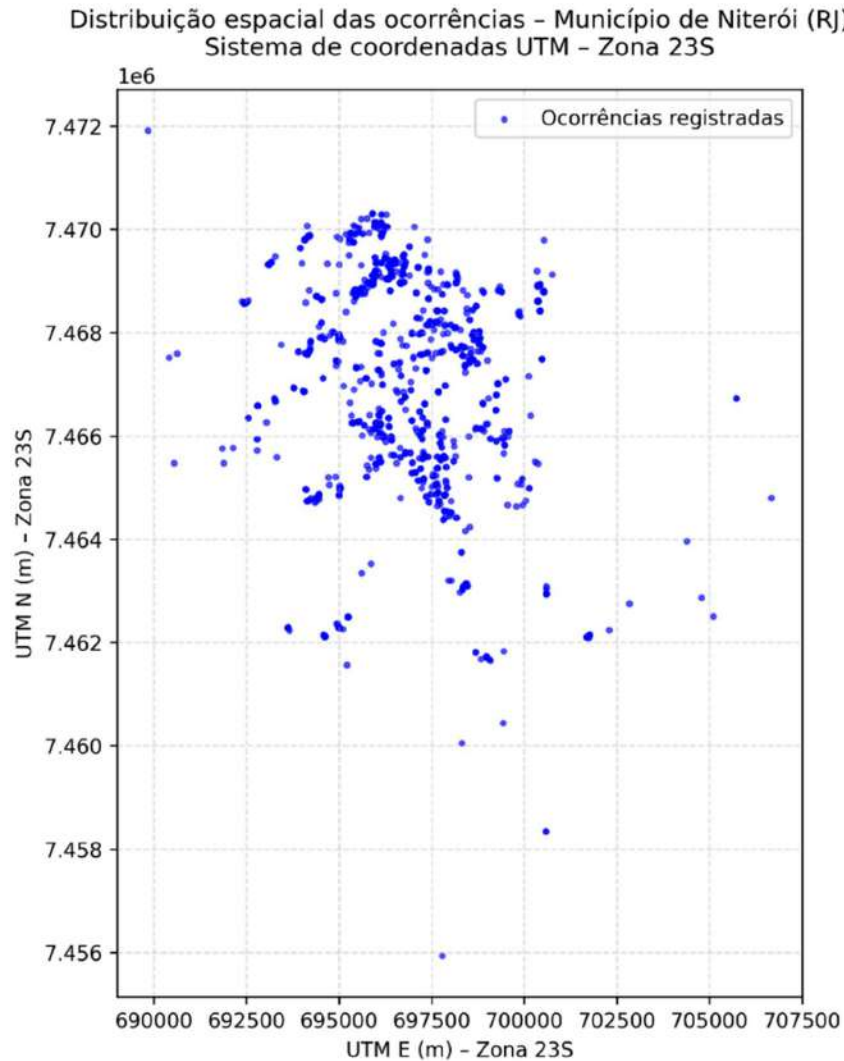
Todos os 1200 registros de deslizamentos compilados foram inseridos em um SIG (Sistema de Informações Geográficas), como banco de dados espacial de pontos de ocorrência para trabalhar com o software SGEMS (Geostatistical Modelling Software), desenvolvido pela universidade de Stanford, utilizado para solucionar problemas que envolvem variáveis espacialmente relacionadas.

A compilação e integração de dados de movimentos de massa no município de Niterói, a partir de relatórios técnicos da Defesa Civil. Tais dados foram organizados em ambiente SIG, permitindo sua espacialização em coordenadas UTM (Universal Transverso de Mercator), como mostrado na Figura 4.

Para a realização das análises geoestatísticas no SGeMS, foi configurado e gerado um grid bidimensional (2D) com resolução espacial de 50 m, definido a partir da extensão real dos pontos amostrais previamente convertidos para o sistema de coordenadas UTM. A escolha dessa resolução buscou-se um equilíbrio entre o nível de detalhamento espacial e a estabilidade dos resultados, sendo compatível com a densidade amostral disponível.



Figura 4 – Grid gerado no SGEMS com 1200 ocorrências de movimentos de massa.

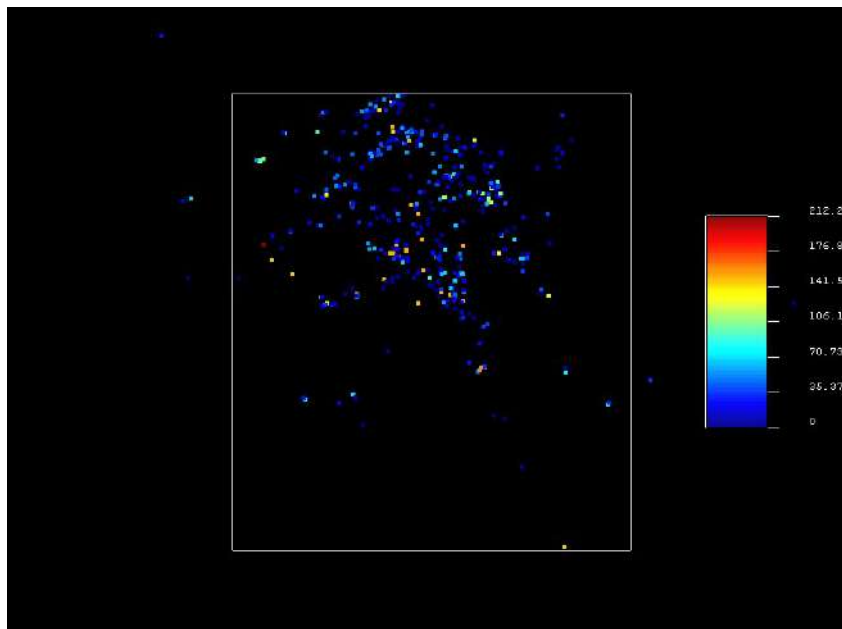


Fonte: O autor, 2026

O grid foi configurado com 212 células na direção X (nx) e 243 células na direção Y (ny), totalizando uma única camada na direção vertical (nz = 1), uma vez que a análise foi conduzida em duas dimensões. O tamanho das células foi definido como 50 m × 50 m (sx = sy = 50 m), enquanto o espaçamento vertical (sz) foi mantido igual a 1, por não haver variação na direção Z. As coordenadas de origem do grid foram fixadas em $x_0 = 691.750$ m e $y_0 = 7.458.250$ m, garantindo o correto posicionamento espacial da malha em relação à área de estudo.

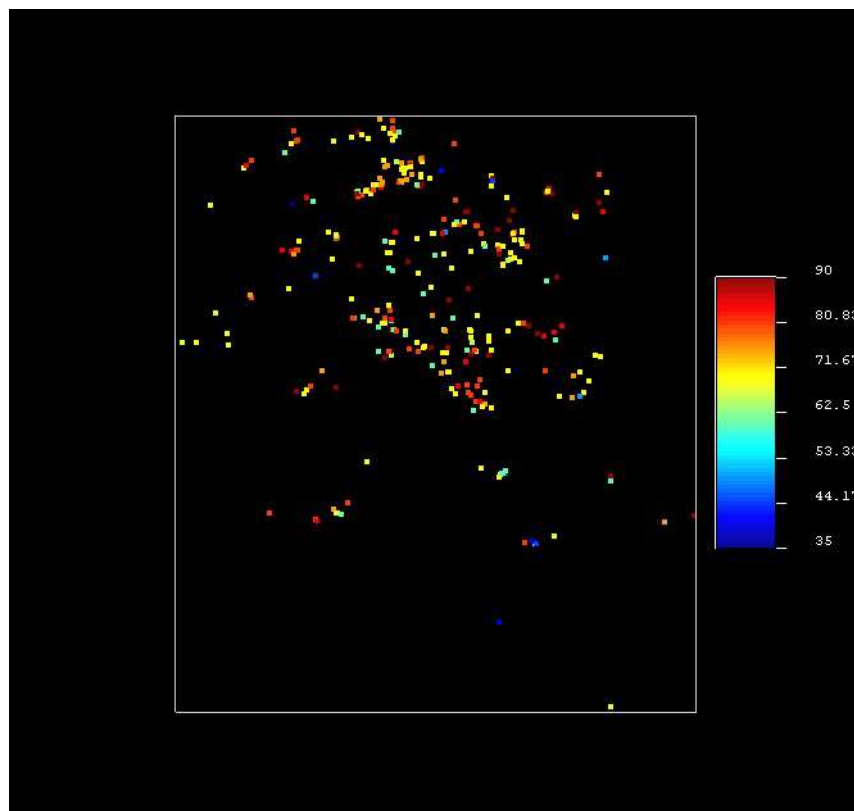
Com essa configuração, o grid cobre uma área aproximada de 10,6 km × 12,15 km, correspondendo a cerca de 129 km², valor compatível com a área total analisada, estimada em aproximadamente 130 km².

Figura 5 – Grid gerado no SGEMS com os 725 movimentos de massa no município de Niterói com escala de cores de acumulados de chuva em 24h (2019-2022) para krigagem.



Fonte: O autor, 2026

Figura 6 – Grid gerado no SGEMS das declividades nos locais de ocorrência de 475 movimentos de massa para krigagem



Fonte: O autor, 2026

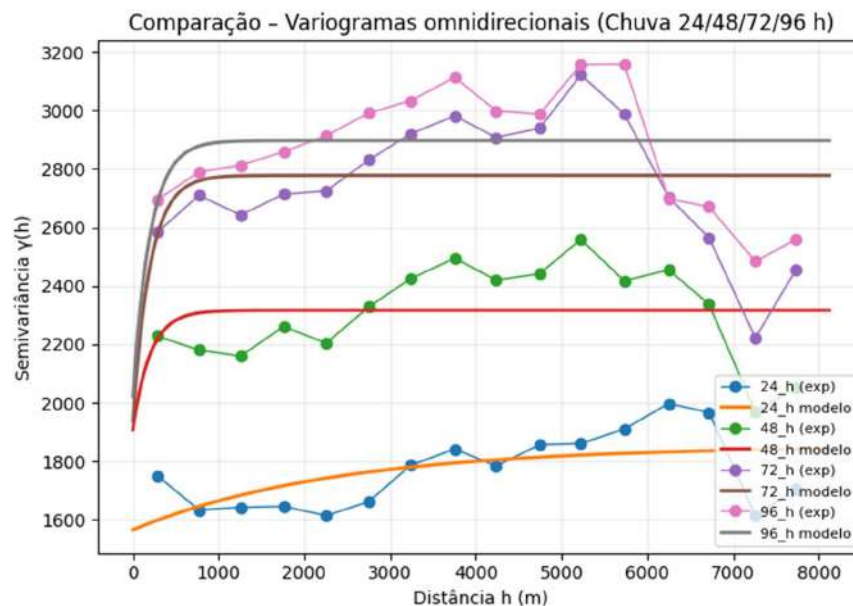
Após os procedimentos de tratamento, validação e estruturação das 1.200 ocorrências, sendo 725 associadas a dados de precipitação e 475 relacionadas à declividade. Essas informações foram organizadas em grids espaciais, conforme ilustrado nas Figuras 5 e 6, os quais se mostraram adequados para a aplicação da krigagem e para a representação contínua da distribuição espacial das variáveis analisadas.

4. RESULTADOS

Com base nos grids gerados anteriormente foi adotado um modelo de variograma omnidirecional para a modelagem global da continuidade espacial para os acumulados de chuva (Figura 7) enquanto a krigagem anisotrópica foi aplicada para incorporar variações direcionais identificadas por meio de variogramas direcionais em função das declividades (Figura 8). Em ambas as abordagens, utilizou-se o modelo exponencial, conforme equação 3, com parâmetros ajustados a partir do variograma experimental, com uma tolerância angular ($\pm 22,5^\circ$).

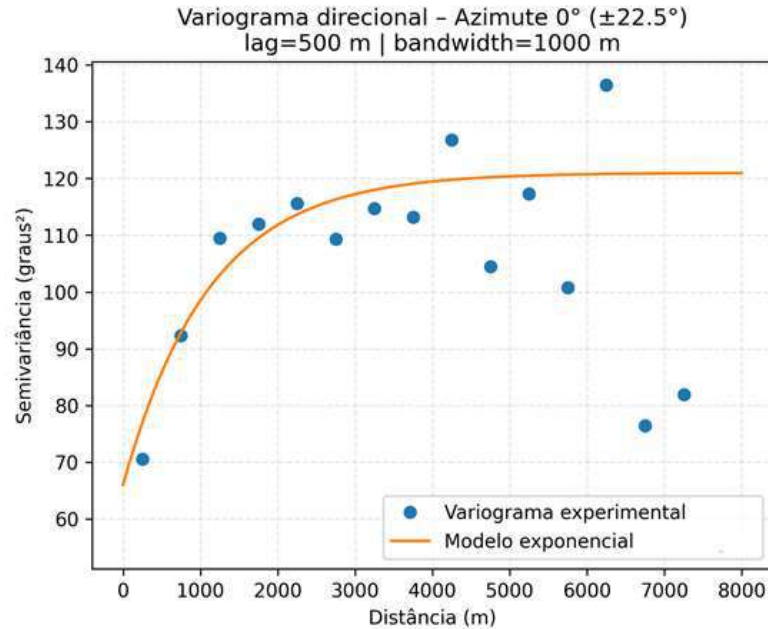
$$\gamma(H) = C_0 + C(1 - e^{-\frac{|H|}{a}}) \quad (3)$$

Figura 7 – Variogramas omnidirecional experimental ajustados ao modelo exponencial dos acumulados de Chuva 24h, 48h, 72h e 96h.



Fonte: O autor, 2026

Figura 8 – Variograma direcional na Norte-Sul.



Fonte: O autor, 2026

A escolha do modelo exponencial baseou-se na forma observada dos variogramas experimentais, que apresentaram crescimento rápido próximo à origem e aproximação assintótica ao patamar. Esse comportamento é frequentemente observado em fenômenos ambientais e geotécnicos caracterizados por continuidade espacial gradual, sendo amplamente empregado em estudos geoestatísticos aplicados a processos naturais.

Nesse contexto, além do variograma na direção 0°, foram também ajustados variogramas teóricos nas direções 45°, 90°, 135° e na condição omnidirecional (isotrópica), cujas equações resultaram nos respectivos valores de efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$) e alcance (range), conforme apresentados na Tabela 1.

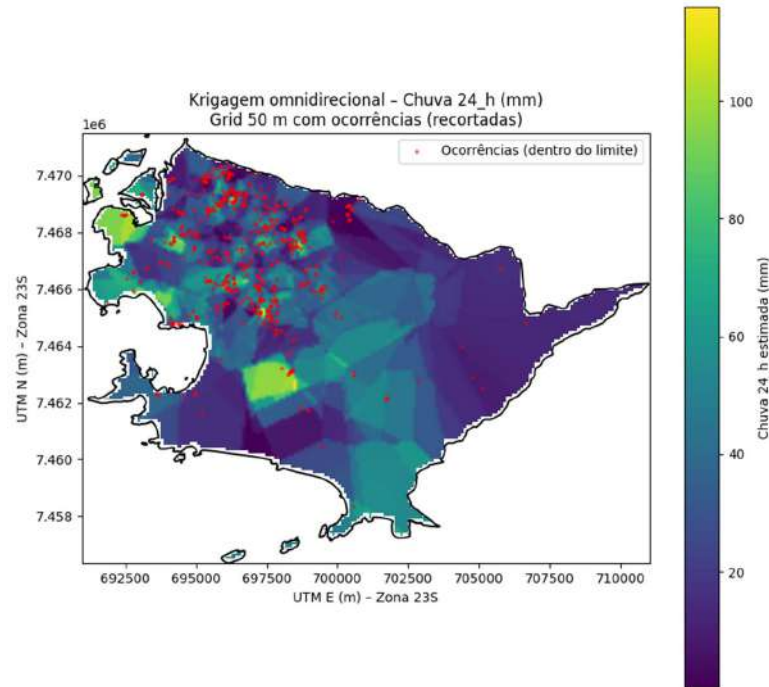
Tabela 1 – Equações do semivariograma para declividades

$\gamma(H) = C_0 + C \left[1 - e^{-\frac{ H }{a}} \right]$	0°	45°	90°	135°	Omnidirecional
C_0	66°	66°	66°	66°	76°
C	55°	55°	55°	55°	50°
$C_0 + C$	121°	121°	121°	121°	126°
a (alcance)	6000m	8000 m	8000 m	8000 m	7000m

Fonte: O autor, 2026

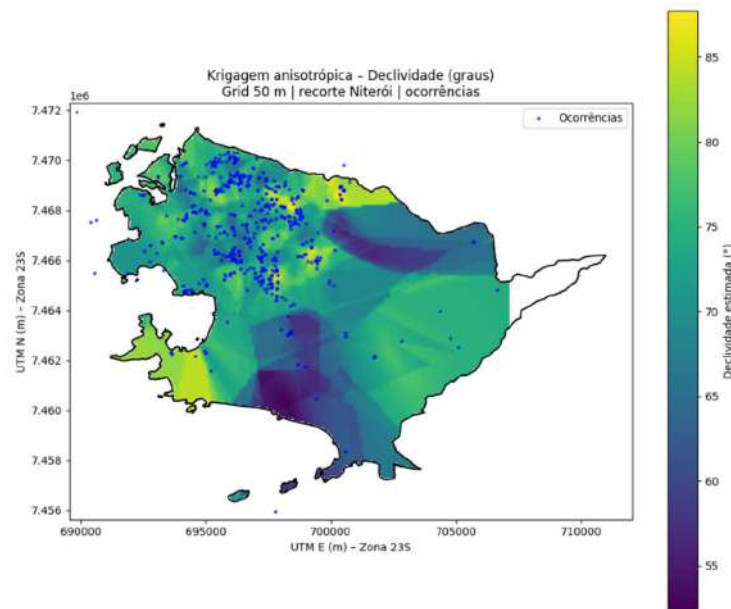
Com base na modelagem variográfica, foram aplicadas técnicas de krigagem com o objetivo de estimar a distribuição espacial das variáveis analisadas e inferir áreas suscetíveis a movimentos de massa, considerando os acumulados de chuva (Figura 9) e as declividades do terreno (Figura 10). Essa abordagem possibilitou a geração de superfícies contínuas e a análise da dependência espacial dos fenômenos.

Figura 9 – Krigagem omnidirecional de acumulados de chuva em 24h x ocorrências



Fonte: O autor, 2026

Figura 10 – Krigagem anisotrópica = declividade

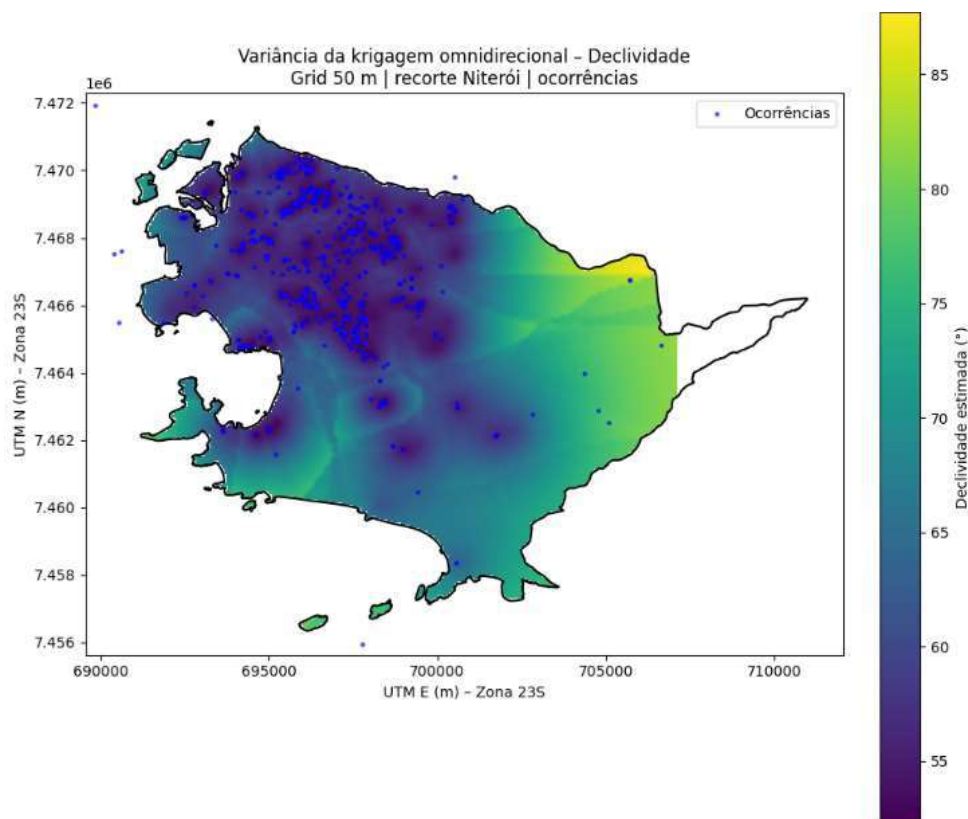


Fonte: O autor, 2026

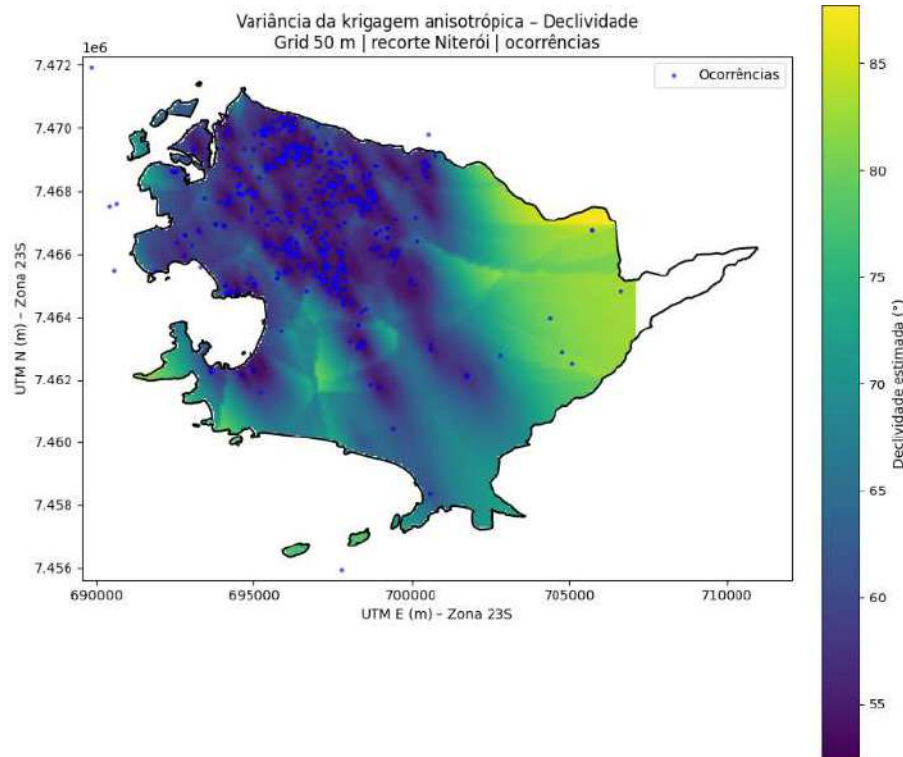
Na sequência, foram avaliadas duas abordagens distintas de krigagem aplicadas à variável declividade: a krigagem omnidirecional, fundamentada em um modelo de variograma isotrópico, e a krigagem anisotrópica, que incorpora variações na continuidade espacial em função da direção, identificadas por meio da análise de variogramas direcionais.

A análise da variância de krigagem permite avaliar a incerteza associada às estimativas espaciais geradas. Essa variância independe dos valores observados da variável, sendo influenciada principalmente pela distribuição espacial das amostras, pelo modelo de variograma adotado e pela configuração da vizinhança de busca. De modo geral, os menores valores de variância concentram-se nas regiões com maior densidade amostral, enquanto os maiores valores ocorrem nas áreas periféricas e menos amostradas, evidenciando a influência direta da cobertura espacial dos dados na confiabilidade das estimativas.

Figura 11 –Variância da krigagem omnidirecional = declividade



Fonte: O autor, 2026

Figura 12 – Variância da krigagem anisotrópica = declividade

Fonte: O autor, 2026

Adicionalmente, verificou-se que a krigagem anisotrópica (Figura 12) apresentou desempenho superior em relação à abordagem omnidirecional, com valores médios de variância da ordem de 66 graus, inferiores aos aproximadamente 76 graus obtidos na krigagem isotrópica (Figura 11). Esse resultado demonstra que a incorporação da anisotropia, ao considerar direções preferenciais de continuidade espacial, contribui para a redução da incerteza e para a geração de estimativas mais consistentes com a estrutura espacial do fenômeno.

5. DISCUSSÃO

Os resultados indicam a existência de dependência espacial significativa nas ocorrências analisadas, sugerindo que a geoestatística pode representar ferramenta útil para modelagem espacial de suscetibilidade.

Os alcances observados encontram-se compatíveis com estudos realizados por Lima¹² e outros autores que aplicaram técnicas geoestatísticas a processos de instabilidade de encostas.

A influência da precipitação observada no presente estudo é consistente com trabalhos clássicos desenvolvidos por Tatizana et al.⁵, que identificaram correlação entre acumulados pluviométricos e escorregamentos.



Entretanto, a metodologia empregada não permite estabelecer relações causais diretas, devendo os resultados ser interpretados como indicadores espaciais de suscetibilidade relativa.

Limitações:

- ausência de tipologia dos escorregamentos;
- possibilidade de subnotificação;
- maior concentração de registros em áreas urbanizadas;
- ausência de validação cruzada completa.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos sugerem a existência de dependência espacial nas ocorrências analisadas, permitindo a aplicação de técnicas geoestatísticas para construção de superfícies de suscetibilidade relativa.

A incorporação da anisotropia mostrou-se capaz de reduzir as incertezas associadas às estimativas, produzindo resultados espacialmente mais consistentes.

A integração entre registros históricos da Defesa Civil, precipitação e declividade permitiu identificar áreas potencialmente suscetíveis a movimentos de massa no município de Niterói.

Embora existam limitações inerentes à base de dados utilizada, a metodologia apresenta potencial para apoiar ações de monitoramento, planejamento territorial e gestão preventiva de riscos.

REFERÊNCIAS

1. Varnes DJ. Slope movement types and processes. In: Schuster RL, Krizek RJ, editors. Landslides: analysis and control. Washington: Transportation Research Board; 1978. p. 11-33.
2. Cruden DM, Varnes DJ. Landslide types and processes. In: Turner AK, Schuster RL, editors. Landslides: investigation and mitigation. Washington: National Academy Press; 1996. p. 36-75.
3. Guidicini G, Nieble CM. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher; 1983.
4. Chaves APM. Análise espacial de movimentos de massa no município de Niterói-RJ [dissertação]. Niterói: Universidade Federal Fluminense; 2016.
5. Tatizana C, Ogura AT, Cerri LES, Rocha MCM. Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos – Serra do Mar, Município de Cubatão. In: Anais do V Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia; 1987; São Paulo. São Paulo: ABGE; 1987.
6. Matheron G. The theory of regionalized variables and its applications. Fontainebleau: École Nationale Supérieure des Mines de Paris; 1971.
7. Journel AG, Huijbregts CJ. Mining geostatistics. London: Academic Press; 1978.





8. Yamamoto JK. Geoestatística: conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina de Textos; 2001.
9. Wackernagel H. Multivariate geostatistics: an introduction with applications. 3rd ed. Berlin: Springer; 2012.
10. Yamamoto JK, Landim PMB. Geoestatística: conceitos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos; 2013.
11. Olea RA. Geostatistics for engineers and earth scientists. Boston: Kluwer Academic Publishers; 1999.
12. Lima GA. Aplicação de modelagem geoestatística na análise de suscetibilidade a deslizamentos na comunidade da Rocinha, Rio de Janeiro [dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2017.
13. Carr JR. Numerical analysis for the geological sciences. Englewood Cliffs: Prentice Hall; 1990.
14. Universidade Federal Fluminense. Plano Municipal de Redução de Riscos do Município de Niterói. Niterói: UFF; 2024.
15. Zhang C. Fundamentals of spatial interpolation methods in environmental sciences: a review. Environmental Modelling & Software. 2011;26(7):134-145.
16. Jakob AAE, Young SD. Geostatistical modelling and kriging applications for environmental data. Environmental Earth Sciences. 2016;75(3):1-15.



Imagem gerada por IA, meramente ilustrativa.



Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de julho de 2026

Câncer de pele em guarda-vidas: exposição ocupacional à radiação ultravioleta e estratégias de fotoproteção - revisão narrativa

Autores:

Lucca Cardoso Damasceno

Graduação em Medicina

ORCID: [0000-0002-8659-2996](https://orcid.org/0000-0002-8659-2996)

Serviço de Dermatologia do Hospital Central Aristarcho Pessoa - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

E-mail: lucca.c.damasceno@gmail.com

Sofia Bugarim Fernandes

Graduação em Medicina

ORCID: [0000-0001-5205-6426](https://orcid.org/0000-0001-5205-6426)

Serviço de Dermatologia do Hospital Central Aristarcho Pessoa - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Gabriella Correia Albuquerque

Graduação em Medicina

ORCID: [0000-0002-8423-4271](https://orcid.org/0000-0002-8423-4271)

Serviço de Dermatologia do Hospital Central Aristarcho Pessoa - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Mara Diane Lisboa Tavares Mazzillo

Graduação em Medicina

ORCID: [0000-0002-3344-6290](https://orcid.org/0000-0002-3344-6290)

Serviço de Dermatologia do Hospital Central Aristarcho Pessoa - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Ana Cristina Fonseca Duarte Pinto

Graduação em Medicina

ORCID: [0009-0008-2413-7542](https://orcid.org/0009-0008-2413-7542)

Serviço de Dermatologia do Hospital Central Aristarcho Pessoa - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

João Pedro Faria Hespanhol

ORCID: [0009-0004-3094-638X](https://orcid.org/0009-0004-3094-638X)

Universidade de São Paulo - USP, São Paulo/SP, Brasil

Paulo Alipio Germano Filho

Doutor em Ciências Cirúrgicas

ORCID: [0000-0002-5393-032X](https://orcid.org/0000-0002-5393-032X)

Hospital Central Aristarcho Pessoa - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Faculdade de Medicina da Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói/RJ, Brasil



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

**CÂNCER DE PELE EM GUARDA-VIDAS: EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL
À RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E ESTRATÉGIAS DE
FOTOPROTEÇÃO - REVISÃO NARRATIVA.**

Lucca Cardoso Damasceno^{1*}, Sofia Bugarim Fernandes¹, Gabriella Correia Albuquerque¹, Mara Diane Lisboa Tavares Mazzillo^{1,3}, Ana Cristina Fonseca Duarte Pinto¹, João Pedro Faria Hespanhol⁴, Paulo Alípio Germano Filho^{1,5}.

¹ Serviço de Dermatologia do Hospital Central Aristarcho Pessoa – CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ., Brasil.

² Hospital Central Aristarcho Pessoa – CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ., Brasil.

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

⁴ Universidade de São Paulo - USP, São Paulo/SP, Brasil

⁵ Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói/RJ, Brasil

* Autor correspondente. E-mail: lucca.c.damasceno@gmail.com

RESUMO: Objetivos: Sintetizar a evidência científica sobre exposição ocupacional à radiação ultravioleta solar em guarda-vidas, caracterizar o risco de câncer de pele nesse grupo profissional e identificar estratégias de fotoproteção aplicáveis ao contexto do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro. Métodos: Revisão narrativa da literatura, com busca na base *PubMed* e em compêndios dermatológicos de referência, no período de 2020 a 2025. Foram empregados os descritores *lifeguards*, *occupational exposure*, *ultraviolet radiation*, *skin cancer* e *photoprotection*, além de seus correspondentes em português. Selecionaram-se estudos observacionais, ensaios clínicos e revisões sistemáticas. A seleção dos estudos foi baseada na relevância clínica e qualidade metodológica. Os dados foram sintetizados de forma narrativa. Resultados: Guarda-vidas recebem cargas de radiação ultravioleta solar diárias em média superiores a 6 doses eritematosas padrão, com elevada prevalência de queimaduras solares. A literatura sustenta associação consistente entre exposição cumulativa e intermitente e os principais subtipos de câncer cutâneo (carcinoma basocelular, carcinoma espinocelular e melanoma). Medidas de prevenção primária fotoproteção química e física, sombreado, escala protetiva e educação em saúde, somadas à vigilância dermatológica e à reabilitação ocupacional, mostram-se efetivas quando adotadas de forma integrada. Conclusão: A categoria apresenta risco ocupacional elevado e exige estratégias institucionais sistemáticas de fotoproteção, rastreamento e reabilitação. A escassez de dados nacionais específicos justifica investigações futuras.

Palavras-chave: Neoplasias cutâneas, Exposição ocupacional, Raios ultravioleta, Protetores solares, Saúde do trabalhador.

ABSTRACT: Objectives: To synthesize the available scientific evidence on occupational exposure to ultraviolet radiation (UVR) among lifeguards, to characterize the associated risk of skin cancer in this professional group, and to identify photoprotection strategies applicable to the Fire Department setting. Methods: This narrative literature review was conducted using the PubMed database and reference dermatological compendiums, covering the period from 2020 to 2025. The descriptors used were lifeguards, occupational exposure, ultraviolet radiation, skin cancer and photoprotection, as well as their Portuguese equivalents. Observational studies, clinical trials, and systematic reviews were selected. Study selection was based on clinical relevance and methodological quality. Data were synthesized in narrative form. Results: Lifeguards are exposed to high daily ultraviolet radiation doses, often exceeding six standard erythematous doses, with a high prevalence of sunburns. The literature consistently demonstrates an association between both cumulative and intermittent sun exposure and the major subtypes of skin cancer, including basal cell carcinoma, squamous cell carcinoma, and melanoma. Primary prevention measures, such as chemical and physical photoprotection, provision of shade, optimized work scheduling, and health education, combined with regular dermatological surveillance and occupational rehabilitation, have been shown to be effective when implemented in an integrated manner. Conclusions: Lifeguards represent a high-risk occupational group for skin cancer. Effective risk reduction requires structured institutional strategies encompassing photoprotection, early detection, and rehabilitation. The lack of national epidemiological data highlights the need for further research in this population.

Keywords: Skin Neoplasms, Occupational Exposure, Ultraviolet Rays, Sunscreening Agents, Occupational Health.



1. INTRODUÇÃO

A radiação ultravioleta (RUV) solar é o principal fator ambiental associado ao desenvolvimento de neoplasias cutâneas, incluindo os cânceres de pele classificados como “não melanoma”, tais como o carcinoma basocelular (CBC) e o carcinoma espinocelular (CEC), além do próprio melanoma. Evidências epidemiológicas consistentes demonstram que a exposição crônica e cumulativa à RUV, especialmente em contextos ocupacionais, está relacionada ao aumento da incidência dessas neoplasias.¹

Nesse contexto, trabalhadores expostos ao sol apresentam risco significativamente maior quando comparados à população em geral. Entre eles, destacam-se os guarda-vidas, cuja atividade profissional ocorre predominantemente em ambientes externos, frequentemente sob alta intensidade de radiação solar e com exposição prolongada.²

Diante disso, torna-se relevante analisar criticamente a exposição ocupacional à RUV nesse grupo, bem como as estratégias de fotoproteção atualmente disponíveis e sua aplicabilidade na prática.

1.1 Objetivo

Realizar uma revisão narrativa acerca da exposição ocupacional à RUV em trabalhadores ao ar livre, com atenção especial ao grupo profissional de guarda-vidas, dando ênfase no risco para desenvolvimento de câncer de pele, bem como identificar, sintetizar e propor estratégias de fotoproteção eficazes e aplicáveis a esse segmento profissional.

2. METODOLOGIA

Procedeu-se a revisão narrativa da literatura, conduzida com aderência aos critérios qualitativos do instrumento SANRA (Scale for the Assessment of Narrative Review Articles – Ferramenta validada para avaliação metodológica de revisões narrativas, composta por seis domínios: justificativa da relevância do artigo, definição clara dos objetivos, descrição da estratégia de busca da literatura, adequação das referências utilizadas, fundamentação científica das argumentações e apresentação apropriada dos dados). A busca foi realizada nas bases PubMed e em compêndios dermatológicos consolidados, abrangendo publicações entre 2020 e 2025. Empregaram-se os descritores controlados “lifeguards”, “occupational exposure/risk”, “ultraviolet radiation”, “sun exposure”, “skin cancer” “incidence” e “photoprotection”, e seus correspondentes em português. Adotaram-se como critérios de inclusão estudos observacionais, ensaios clínicos e revisões sistemáticas com texto integral disponível, em português, inglês ou espanhol, que abordassem exposição ocupacional à RUV, incidência de câncer cutâneo ou medidas de fotoproteção nos trabalhadores ao ar livre. Excluíram-se estudos sem dados primários,

cartas ao editor e publicações duplicadas. A seleção transcorreu em duas etapas, a leitura de títulos e resumos, seguida da leitura integral, conduzida de forma independente pelos autores, com solução de divergências por consenso.

3. REVISÃO NARRATIVA

O câncer de pele é caracterizado pelo crescimento anormal de células da pele. Os principais subtipos incluem o carcinoma basocelular, o carcinoma espinocelular e o melanoma, cada um com clínica e prognóstico distintos.¹

3.1 Características clínicas

O CBC é o tipo mais frequente e está associado, predominantemente, à exposição solar intermitente intensa, com contribuição variável da exposição cumulativa.³

Apresenta crescimento lento, ocorre predominantemente em áreas fotoexpostas como na face e no pescoço e possui baixo potencial metastático. Caracterizam-se inicialmente como pápulas (lesão cutânea sólida, elevada, circunscrita, com diâmetro ≤ 1 cm) peroladas, com superfície brilhante e vasos ramificados na superfície da lesão, permitindo crescer com a progressão da doença, levando à transformação para forma globosa ou nodular.³

O CEC, por sua vez, relaciona-se mais diretamente à exposição crônica e cumulativa à RUV, sendo mais comum em indivíduos idosos. Também predomina em áreas expostas ao sol, porém com maior risco de invasão local e metástase quando comparado ao CBC. Caracterizam-se inicialmente como pápulas com certo grau de descamação, apresenta ulceração central e aumento da lesão com a progressão da doença.³

O melanoma relaciona-se tanto a exposição intermitente quanto a crônica, apresenta comportamento mais agressivo e prognóstico dependente de fatores como espessura tumoral e presença de ulceração. É mais frequente em adultos de meia-idade e idosos, com distribuição anatômica variável entre os sexos. Caracterizam-se frequentemente como uma lesão assimétrica, com bordas irregulares, variação de cores do marrom a negro podendo ter áreas brancas ou ser rosado e diâmetro maior que 6mm.³

3.2 Fatores de risco

A exposição à RUV, tanto solar quanto artificial, constitui o principal fator de risco para câncer de pele. Outros fatores incluem pele clara, histórico de queimaduras solares, residência em regiões de alta insolação, presença de múltiplos nevos simples ou nevos atípicos, histórico familiar e imunossupressão.¹

Além disso, a exposição ocupacional prolongada ao sol é considerada um fator de risco modificável relevante. Guarda-vidas estão entre os grupos mais expostos. Um estudo realizado

sobre medidas de proteção solar para guarda-vidas na Toscana (Itália) demonstrou que essa classe profissional é frequentemente submetida a níveis elevados de radiação solar por longos períodos.⁴

3.3 Radiação ultravioleta

A radiação solar compreende um espectro de ondas eletromagnéticas formado por radiação infravermelha, luz visível e RUV. Esta última é subdividida em UVA (315–400 nm), UVB (280–315 nm) e UVC (100–280 nm).^{1,3}

A maior parte da radiação ultravioleta que atinge a superfície terrestre é composta por UVA, responsável por cerca de 90% da RUV incidente. A radiação UVB representa uma fração menor da que chega à superfície devido ao bloqueio pela camada de ozônio, correspondendo a 4-10% da radiação incidente. Já a UVC é praticamente totalmente bloqueada pela atmosfera.¹

Do ponto de vista biológico, a radiação UVA penetra mais profundamente na pele e está associada a danos indiretos ao DNA, mediados por estresse oxidativo. A UVB, por sua vez, provoca danos diretos ao DNA, sendo fortemente implicada na carcinogênese cutânea.¹

3.4 Horário de maior exposição

A intensidade da RUV varia conforme fatores como latitude, altitude, horário do dia e condições atmosféricas. Estudos demonstram que entre 50% a 75% da RUV diária incide nas 2 horas antes e depois do meio-dia solar. Por esse motivo, recomenda-se evitar exposição nas horas centrais do dia, quando a intensidade da radiação é máxima.⁵

3.5 Incidência

As taxas de incidência de câncer de pele variam conforme a região geográfica. O CBC apresenta incidência estimada entre 292 e 405 casos por 100.000 pessoas-ano, enquanto o CEC varia entre 129 e 208 casos por 100.000 pessoas-ano. O melanoma, embora menos frequente, apresenta incidência aproximada de 25 a 26 casos por 100.000 pessoas-ano.^{6,7}

A literatura carece de estudos que verifiquem diretamente a incidência de câncer de pele em guarda-vidas, mas existem dados que ajudam a estimar o risco. Um estudo em praias da Costa do Sol (Espanha) monitorou 10 guarda-vidas com dosímetros de RUV e avaliou 109 por meio de um questionário. Foi demonstrado que os mesmos recebiam em média 6,35 doses eritema padrão (SED) por dia, podendo ultrapassar 9 SED/dia, muito acima do limite ocupacional recomendado. Destes, 77% tiveram pelo menos uma queimadura dolorosa no verão anterior.⁸

3.6 Medidas preventivas

Medidas preventivas devem ser adotadas com o objetivo de minimizar o risco de

queimaduras solares e câncer de pele, além de reduzir seus impactos e promover intervenções eficazes voltadas à saúde. Podem ser organizadas em três níveis complementares: primária, secundária e terciária.²

3.6.1 Prevenção primária

A prevenção primária é definida pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) como qualquer ação preventiva que reduza o risco de desenvolver câncer em humanos².

No contexto dos guarda-vidas, destaca-se o uso de protetores solares químicos e físicos, equipamentos de proteção individual como óculos de sol com proteção UV, roupas com proteção UV como: blusas de manga longa e chapéu de abas largas^{2,4,9}. Do ponto de vista ambiental: a utilização de tendas fixas e guarda-sol para sombra de proteção, permitem a realização de pausas em locais estratégicos; Conhecimento e sinalização do índice RUV diário (RUV INDEX) para direcionar condutas, como a reorganização de turnos, a fim de evitar exposição cumulativa em horários de pico, especialmente entre 2 horas antes e depois do meio-dia solar.^{3,4,8}

American Cancer Society (2025) recomenda o uso de protetores de amplo espectro com fator de proteção solar (FPS) ≥ 30 , aplicados em quantidade adequada (2 mg/cm^2), 30 minutos antes da exposição e reaplicado a cada 2 horas. Além disso, intervenções educativas, tais como palestras, e lembretes via mensagens de aplicativo sobre os riscos de câncer de pele, aumentam o conhecimento e consequentemente a adesão às medidas de fotoproteção.¹⁰

3.6.2 Prevenção secundária

Já a prevenção secundária atua na detecção precoce de lesões pré-cancerígenas ou em fases iniciais, incluindo o rastreamento e o diagnóstico precoce.¹¹

A prevenção secundária inclui:

1. Exames periódicos de saúde com médico do trabalho para avaliação da cor da pele, de uma possível imunossupressão, do uso de medicamentos ou comorbidades fotossensibilizantes, do histórico familiar de câncer e da exposição ocupacional cumulativa, visando a estratificação de risco individual.²
2. Exame dermatológico com exame da pele do corpo inteiro utilizando a dermatoscopia e mapeamento corporal em casos de alto risco para desenvolvimento de melanoma.²
3. Orientações para autoexame de lesões suspeitas de melanoma com a regra ABCDE (Assimetria, Bordas irregulares, Cor não uniforme, Diâmetro maior que 6mm, Evolução ao longo do tempo).

Figura 1.¹¹

Figura 1 – Regra ABCDE para autoexame de melanoma.



Fonte: elaboração própria pelos autores, com auxílio de inteligência artificial (ChatGPT).

3.6.3 Prevenção terciária

Medidas de prevenção terciária são intervenções após o adoecimento do trabalhador que tem como objetivo o tratamento e o seguimento adequado das lesões baseado em diretrizes. Evitar recidivas, novas lesões e complicações, além de buscar a qualidade de vida e reabilitação médica e ocupacional do trabalhador.¹²

Também fazem parte dos componentes da prevenção terciária estratégias que visam evitar resistência terapêutica, recorrência e progressão para tumores. Em especial, os pacientes com queratoses actínicas, lesões consideradas pré-malignas, devem realizar tratamentos de campo de cancerização, evitando o desenvolvimento de tumores como o CEC.¹³

3.7 Gestão institucional como vetor de prevenção

A efetividade das medidas individuais de fotoproteção é condicionada, em última análise, pela existência de um arranjo institucional que as tornem factíveis, sustentáveis e auditáveis. Em corporações militares, nas quais a atividade é conduzida sob hierarquia, escala de serviço e prontidão operacional, a prevenção do câncer de pele extrapola a esfera da conduta individual e configura-se como atribuição de gestão.¹⁴ Compete à instituição prover insumos de forma contínua e gratuita, em especial fotoprotetores de amplo espectro, vestuário com fator de proteção ultravioleta e dispositivos de sombreamento, organizar escalas que minimizem a exposição nas



horas de maior irradiância solar, monitorar o índice ultravioleta diário, padronizar normas internas de uso de equipamentos de proteção e instituir programas regulares de educação em saúde e vigilância dermatológica ocupacional. Esse conjunto de ações, quando incorporado a instrumentos formais de gestão, como diretrizes, planos de saúde ocupacional, perícias periódicas e indicadores assistenciais, transforma a fotoproteção em política institucional e desloca a responsabilidade da prevenção do plano estritamente individual para o plano organizacional, em consonância com a hierarquia da prevenção do *National Institute for Occupational Safety and Health*¹⁴ e com os princípios de proteção ao trabalhador previstos na legislação brasileira. **Quadro 1.**¹⁴

Quadro 1 – Plano institucional de prevenção do câncer de pele em guarda vidas do CBMERJ.		
Nível de prevenção	Ações Principais	Especificações técnicas Recomendações
PRIMÁRIA (Evitar a doença)	Gestão e Ambiente - Diária do Índice RUV - Escala de revezamento (evitar 10h às 14h) - Tendas fixas e postos com sombra Equipamentos (EPI) - Roupas com proteção UV (manga longa) - Chapéus de abas largas e óculos escuros - Fotoproteção: Uso de protetor solar FPS 30+ - Aplicar 30min antes da exposição e reaplicar a cada 2h	Logística - Garantir a disponibilidade de imediata e gratuita de protetor solar nos postos
SECUNDÁRIA (Diagnóstico Precoce)	Vigilância Médica - Exame dermatológico completo. - Mapeamento corporal digital (casos específicos). - Rastreamento de lesões suspeitas.	Estratificação de Risco: Sendo classificado como alto risco pacientes fototipo (I e II), histórico familiar e carga horária acumulada. - Mapeamento corporal total para pacientes com histórico prévio de melanoma, + de 100 nevos melanocíticos, síndrome do nevo atípico e portadores de mutações dos genes CDKN2a ou CDK4. - Autoexame: Treinar o guarda-vidas na regra ABCDE (Assimetria, Bordas, Cor, Diâmetro > 6mm, Evolução).
TERCIÁRIA (Tratamento e Reabilitação)	Gestão do Doente - Tratamento especializado das lesões – dermatologia, cirurgia plástica e oncologia. - Reabilitação ocupacional.	Redução de Carga RUV: Militares em tratamento devem ser remanejados para funções administrativas ou horários protegidos. - Seguimento: Rigoroso controle de recidivas com inspeções anuais e consultas com dermatologistas além de tratamento de "campo de cancerização" - Qualidade de Vida: Apoio médico focado em evitar a progressão da doença

4. CONCLUSÃO

A presente revisão evidencia que guarda-vidas constituem grupo profissional de elevada vulnerabilidade ao câncer de pele, em razão de exposição cumulativa e intermitente à radiação ultravioleta em níveis frequentemente superiores aos limites ocupacionais recomendados. As evidências analisadas sustentam a adoção integrada de medidas de prevenção primária, secundária e terciária, com ênfase na fotoproteção química e física, na reorganização das escalas de serviço, no sombreamento estrutural dos postos de trabalho, na vigilância dermatológica periódica e no manejo especializado das lesões pré-malignas e malignas. No contexto do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, a tradução dessas evidências em política institucional formal — por meio de diretrizes, indicadores e instrumentos de governança — configura-se como o caminho mais efetivo para a redução do risco ocupacional.

Destaca-se que a corporação já realiza inspeções dermatológicas anuais no âmbito dos exames periódicos de saúde. Entretanto, os achados desta revisão sugerem a ampliação das estratégias preventivas atualmente adotadas, por meio do estímulo ao autoexame cutâneo regular, do fortalecimento das ações de educação em saúde, e da otimização da gestão do trabalho, visando a identificação precoce de lesões suspeitas e a redução dos fatores de risco ocupacionais. A escassez de dados nacionais específicos sobre incidência e prevalência de câncer cutâneo em guarda-vidas brasileiros constitui lacuna relevante e justifica a condução de estudos epidemiológicos próprios, capazes de subsidiar o aprimoramento contínuo das políticas de saúde ocupacional da corporação.

CONFLITO DE INTERESSE: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

FINANCIAMENTO: Este estudo não recebeu financiamento externo.

USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: Os autores declaram que utilizaram a inteligência artificial ChatGPT para revisão linguística e criação de imagem/infográfico, sem prejuízo da análise crítica e responsabilidade intelectual dos autores pelo conteúdo.

APROVAÇÃO PELO COMITÉ DE ÉTICA EM PESQUISA: Por se tratar de um estudo de revisão da literatura, não houve necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, conforme as normas vigentes.



REFERÊNCIAS

1. Lee YS, Gu H, Lee YH, Yang M, Kim H, Kwon O, et al. Occupational risk factors for skin cancer: a comprehensive review. *J Korean Med Sci.* 2024;39:e316. doi:10.3346/jkms.2024.39.e316
2. Symanzik C, John SM. Sun protection and occupation: current developments and perspectives for prevention of occupational skin cancer. *Front Public Health.* 2022;10:1110158. doi:10.3389/fpubh.2022.1110158
3. Azulay RD, Azulay DR, Abulafia LA. *Dermatologia.* 7th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2022.
4. Grifoni D, Bacci L, Di Stefano V, Morabito M, Orlandini S, Messeri A, et al. Protective measures from solar ultraviolet radiation for beach lifeguards in Tuscany (Italy): shade and clothing strategies. *Saf Health Work.* 2022;13(4):421-8. doi:10.1016/j.shaw.2022.08.009
5. Garbe C, Amaral T, Peris K, Hauschild A, Arenberger P, Bastholt L, et al. Skin cancers are the most frequent cancers in fair-skinned populations, but we can prevent them. *Eur J Cancer.* 2024;204:114074. doi:10.1016/j.ejca.2024.114074
6. Kappelin J, Green AC, Ingvar Å, Nielsen K, Ahnslide I. Incidence and trends of basal cell carcinoma in Sweden: a population-based registry study. *Br J Dermatol.* 2022;186(6):963-9. doi:10.1111/bjd.20964
7. Liu C, Wang Y, Zhang J, Li X, Chen H, Zhao Y, et al. Global, regional, and national burden of cutaneous malignant melanoma from 1990 to 2021 and prediction to 2045. *Front Oncol.* 2024;14:1512942. doi:10.3389/fonc.2024.1512942
8. de Troya Martín M, Blázquez Sánchez N, García Harana C, Alarcón Leiva MC, Aguilera Arjona J, Rivas Ruiz F, de Gálvez Aranda MV. Beach lifeguards' sun exposure and sun protection in Spain. *Saf Health Work.* 2021;12(2):244-8. doi:10.1016/j.shaw.2020.10.003
9. Rocha R, Carvalho F, Costa C, Teixeira JP. Occupational exposure to solar ultraviolet radiation: a systematic review of protective measures. *Safety.* 2026;12(1):10. doi:10.3390/safety12010010
10. Verma C, Lehane J, Janda M. Skin cancer awareness and sun protection advice for outdoor workers in Australia: review of communication channels to optimise reach and relevance. *Digit Health.* 2026;12:20552076251404498. doi:10.1177/20552076251404498
11. Saeed W, Shahbaz E, Maqsood Q, Ali SW, Mahnoor M. Cutaneous oncology: strategies for melanoma prevention, diagnosis, and therapy. *Cancer Control.* 2024;31:10732748241274978. doi:10.1177/10732748241274978
12. Modenese A, Loney T, Rocholl M, et al. Protocol for a systematic review on the effectiveness of interventions to reduce exposure to occupational solar ultraviolet radiation (UVR) among outdoor workers. *Front Public Health.* 2021;9:756566. doi:10.3389/fpubh.2021.756566





13. Thamm JR, Schuh S, Welzel J. Epidemiology and risk factors of actinic keratosis: what is new for the management of sun-damaged skin. *Dermatol Pract Concept*. 2024;14(3 Suppl 1):e2024146S. doi:10.5826/dpc.1403S1a146S
14. National Institute for Occupational Safety and Health. Hierarchy of controls [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2024 [cited 2026 May 6]. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/index.html>



Imagem gerada por IA, meramente ilustrativa.



Corpo de Bombeiros
Militar do Estado do
Rio de Janeiro

2 de julho de 2026

Estudo da utilização de sonar subaquático portátil no apoio aos salvamentos marítimos nas praias do Rio de Janeiro

Autores:

Thiago Luis da Silva dos Santos

Graduação no Curso de Formação de Oficiais - CBMERJ

ORCID: [0009-0006-2890-7642](#)

Academia de Bombeiro Militar D. Pedro II - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

E-mail: thiago.eear108@gmail.com

Maria Clara Raposo Barcelos dos Reis

Graduação no Curso de Formação de Oficiais - CBMERJ

ORCID: [0009-0008-8254-1391](#)

Academia de Bombeiro Militar D. Pedro II - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Fábio Barbosa Louza

Doutor em Engenharia Eletrônica e Telecomunicações

ORCID: [0000-0002-7777-6654](#)

Marinha do Brasil, Ministério da Defesa, Brasil

Diego Martins da Cunha Gomes

Graduação no Curso de Formação de Oficiais - CBMERJ e Bacharelado em Educação Física

ORCID: [0009-0003-1125-900X](#)

Academia de Bombeiro Militar D. Pedro II - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

Thiago de Barros Ramos

Mestre em Educação Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

ORCID: [0000-0002-3850-4445](#)

Academia de Bombeiro Militar D. Pedro II - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil



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

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE SONAR SUBAQUÁTICO PORTÁTIL NO APOIO AOS SALVAMENTOS MARÍTIMOS NAS PRAIAS DO RIO DE JANEIRO

Thiago Luis da Silva dos Santos^{1*}, Maria Clara Raposo Barcelos dos Reis^{1*}, Fábio Barbosa Louza², Diego Martins da Cunha Gomes¹ e Thiago de Barros Ramos¹

¹ Academia de Bombeiro Militar Dom Pedro II - CBMERJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

² Marinha do Brasil, Ministério da Defesa, Brasil.

*Autor correspondente. E-mail: thiago.earl108@gmail.com

RESUMO: Introdução: O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro é responsável pelos salvamentos marítimos nas praias do estado, protegendo vidas em algumas das faixas de areia mais populares do Brasil e do mundo. O emprego de tecnologias no apoio ao resgate de vítimas submersas ainda é considerado escasso, aumentando a dependência das capacidades humanas. Objetivo: Avaliar a eficácia do sonar Aquaeye na localização de corpos submersos em praias, próximo à linha de arrebentação. Métodos: Foram realizados 180 testes na Praia de Copacabana, variando operadores do sonar, ângulo de varredura, tempo de operação, distância e tipo de objeto. As amostras incluíram manequins e corpos humanos. Os dados foram analisados quanto à normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e à diferença entre ensaios com desfechos positivo x negativo (Mann-Whitney). Em seguida, aplicou-se regressão logística para avaliar a influência das variáveis operacionais ($p < 0,05$). Resultados: Tempo de operação e ângulo de varredura mostraram-se fatores mais relevantes para a eficácia do sonar, enquanto a distância do objeto não apresentou significância estatística, embora resultados positivos se concentrem em menores distâncias. O equipamento não conseguiu distinguir manequins de corpos humanos. Conclusão: Embora o sonar Aquaeye apresente potencial em operações de salvamento aquático, existem limitações relevantes, especialmente quanto à precisão, à sensibilidade e à incapacidade de diferenciar tipos de corpos em diferentes condições ambientais.

Palavras-chave: Bombeiros, Salvamento aquático, Praias, Tecnologia sonar, Acústica submarina.

ABSTRACT: Introduction: The Military Fire Department of the State of Rio de Janeiro is responsible for maritime rescue operations along the state's beaches, protecting lives in some of the most popular coastal areas in Brazil and worldwide. The use of technological resources to support the rescue of submerged victims remains limited, increasing reliance on human capabilities. Objective: To evaluate the effectiveness of the Aquaeye sonar system in locating submerged bodies on beaches, particularly near the surf zone. Methods: A total of 180 tests were conducted at Copacabana Beach, varying sonar operators, scanning angles, operating time, distance, and target type. The samples included mannequins and human bodies. Data were assessed for normality using the Kolmogorov-Smirnov test and for differences between positive and negative outcome trials using the Mann-Whitney test. Subsequently, logistic regression analysis was performed to evaluate the influence of operational variables ($p < 0.05$). Results: Operating time and scanning angle proved to be the most relevant factors for sonar effectiveness, whereas target distance did not reach statistical significance, although positive detections were more frequent at shorter distances. The device was unable to differentiate mannequins from human bodies. Conclusion: Although the Aquaeye sonar system demonstrates potential for use in aquatic rescue operations, relevant limitations remain, particularly regarding accuracy, sensitivity, and the inability to distinguish different types of submerged bodies under varying environmental conditions.

Keywords: Firefighters, Water rescue, Beaches, Sonar technology, Underwater acoustics.





1. INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) é a principal instituição responsável pelos salvamentos marítimos nos 86 km de extensão de orla das praias do Rio de Janeiro. Segundo dados oficiais, publicados em Boletim Ostensivo, foram registrados, oficialmente, 24.789 socorros envolvendo operações marítimas¹. Neste cenário, é importante que o CBMERJ, além de prezar pelo aprimoramento físico, técnico e psicológico dos seus guarda-vidas, também esteja investindo constantemente em novos equipamentos operacionais que possuam melhores tecnologias, visando, sobretudo, aumentar a eficiência do serviço prestado².

O serviço aquático nas praias do Rio de Janeiro se dá com os guarda-vidas assumindo o serviço, nas praias, no seu devido posto de salvamento. De acordo com a sequência operacional definida no Manual de Salvamento no Mar³, o militar realizará eficaz prevenção, lançando mão de todo material disponível para este fim. No caso de avistar uma vítima em potencial situação de afogamento, o guarda-vidas realizará o salvamento dela.

Na circunstância de uma vítima submergir, o militar deverá prosseguir com o salvamento, na tentativa de encontrar a vítima submersa. Atualmente, caso esse procedimento não seja suficiente para localizar e emergir a vítima, o militar deve sinalizar a necessidade de apoio operacional com um simples giro da camiseta. Ainda, não havendo embarcações próximas, o militar deve retornar ao posto de salvamento e solicitar apoio para o salvamento, via contato telefônico ou rádio³.

De maneira empírica, podemos observar que, a contar do momento em que a vítima submerge e o guarda-vidas não consegue encontrá-la, cada minuto decorrido é determinante para as chances de sobrevivência da vítima⁴. Contudo, a única maneira que o militar tem de potencializar seus esforços individuais é recorrendo a apoio externo e isso leva tempo, que é a variante crucial para uma vítima submersa, uma vez que o tempo de submersão determina a gravidade do afogamento⁵. Além disso, reduzir o tempo de submersão é fundamental para prevenir complicações secundárias que podem ocorrer devido à falta de oxigenação prolongada. Assim, a rapidez no resgate é vital para preservar a saúde da vítima e minimizar as consequências adversas de um afogamento⁶.

Em relação ao panorama do salvamento aquático no Rio de Janeiro, nos primeiros nove dias do ano de 2024, o Estado enfrentou um aumento de 460% nos casos de afogamentos e resgates em relação ao mesmo período do ano de 2023, tendo sido realizados 2437 resgates⁷. Os números de afogamentos no Brasil não diferem significativamente do restante do mundo, mas por possuir uma das maiores áreas espelhadas banháveis durante o ano todo, apresenta o maior número de resgates aquáticos e um dos maiores números de óbitos no planeta⁸.





Considerando o cenário exposto, este estudo visa investigar a eficácia do sonar portátil nas operações de salvamento do CBMERJ, analisando como sua utilização pode impactar na localização de vítimas submersas. A tecnologia em questão trata-se de um sonar portátil que conta com tecnologia assistida por inteligência artificial na leitura das informações, podendo, segundo a empresa criadora, identificar corpos submersos, diferenciando-os de objetos e obstáculos⁹. O equipamento pode varrer uma área de até 8.000 metros quadrados de superfície de água em menos de 5 minutos, seja em ambientes marítimos ou lacustres, conforme informado no manual do fabricante, o que pode significar uma relevante mudança nas operações táticas de busca⁹. Ou seja, o sonar pode fornecer a localização de vítimas segundos após terem submergido, podendo aumentar significativamente as chances de sobrevivência de um afogado⁴.

No estudo realizado, o equipamento foi testado, analisado e avaliado em um simulado operacional que aproximou as condições de teste com as condições reais de um resgate. A intenção do estudo foi observar o desempenho do equipamento nas condições das praias do Rio de Janeiro, além disso, os usuários foram bombeiros militares especializados da corporação - guarda-vidas e mergulhadores - aqueles que, em geral, atuam nesse tipo de salvamento. Nos resultados obtidos no simulado foi possível observar que a operação não se mostrou tão simples como o produto sugeria, ainda, foi possível constatar padrões de condições de uso que trouxeram resultados mais ou menos precisos, como variações na distância do objeto, tempo de operação, ângulo de varredura e tipo de objeto a ser identificado.

Em relação às ferramentas existentes na área de busca e resgate de corpos submersos nas praias do Rio de Janeiro, há uma lacuna significativa de estudos abrangentes e detalhados sobre a eficácia e a eficiência das tecnologias disponíveis, incluindo, nesse contexto, estudos sobre sonares subaquáticos no salvamento aquático.

Este estudo teve como objetivo analisar a eficácia do sonar portátil nos socorros às vítimas submersas nas praias, realizado pelo Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro. Assim, ao abordar essa necessidade, os estudos realizados contribuirão para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes e seguras no processo de busca e resgate, fornecendo informações para futuras pesquisas e aplicações práticas nesse campo crítico, além de revelar oportunidades para otimização e aprimoramento do equipamento.

2. METODOLOGIA

2.1 Delineamento do Estudo

A primeira parte do estudo foi realizada a partir da revisão de literatura. Foram adotadas estratégias específicas na seleção e análise dos documentos. Inicialmente, os critérios de seleção incluíram estudos publicados nos últimos dez anos, com foco em tecnologias de busca e resgate





subaquático, especificamente o uso de sonares em operações de salvamento. Apenas artigos publicados em periódicos revisados por pares e que apresentavam resultados empíricos foram incluídos.

As bases de dados pesquisadas incluíram Scielo, IEEE Xplore, PubMed e Google Scholar, selecionadas pela relevância no campo de tecnologia e saúde. A qualidade dos artigos foi avaliada utilizando critérios como a clareza metodológica, tamanho da amostra, validade interna e externa dos estudos, além da relevância prática dos resultados. A estratégia de análise envolveu a leitura crítica dos artigos para identificar os principais achados, lacunas e recomendações, sendo utilizada uma análise qualitativa com categorização temática dos principais pontos discutidos na literatura sobre o uso de sonares em resgates subaquáticos.

A pesquisa foi estruturada em três etapas principais: a revisão da literatura sobre tecnologias de resgate, a análise de casos práticos em que o dispositivo foi utilizado e a realização de testes com o equipamento. Durante os testes, foram coletados dados sobre variáveis como a distância, medida por um medidor de distância; o tipo de objeto a ser identificado; o tempo de operação, cronometrado; e o ângulo de varredura, informado pelo equipamento sonar, com o objetivo de identificar padrões que influenciam a precisão do equipamento. Após os testes, as informações coletadas foram analisadas e utilizadas para a elaboração dos gráficos e análise dos resultados.

O local escolhido foi a Praia de Copacabana, Rio de Janeiro, considerado estratégico devido ao elevado número de incidentes que demandam operações de salvamento marítimo. Adotou-se, portanto, um delineamento experimental de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, para avaliar a eficácia de equipamentos sonar subaquáticos portáteis nas atividades de busca e resgate de vítimas submersas. O objetivo central foi identificar as vantagens e desafios associados ao uso de sonar portátil no contexto operacional dos guarda-vidas, e propor recomendações para sua implementação nas operações de resgate no litoral carioca.

2.2 Aspectos éticos

O objeto deste estudo foi o desempenho técnico de um equipamento de sonar portátil, e não os indivíduos que dele participaram. Os guarda-vidas e mergulhadores do CBMERJ atuaram exclusivamente como operadores e colaboradores técnicos na execução dos ensaios. As variáveis coletadas e tabuladas, a saber, ângulo de varredura, distância do alvo, tempo de operação e desfecho da detecção, referem-se ao funcionamento do dispositivo. Não foram mensurados, registrados ou analisados quaisquer dados pessoais, de saúde, biológicos, de identificação ou de desempenho individual dos participantes.

Por essa razão, o estudo não se caracteriza como pesquisa com seres humanos na acepção



que enseja apreciação obrigatória por Comitê de Ética em Pesquisa, nos termos do sistema CEP/CONEP (Resolução CNS nº 466/2012 e Resolução CNS nº 510/2016, no que aplicável).

Ainda assim, foram adotados cuidados éticos compatíveis com a natureza operacional do estudo. A participação foi voluntária e todos os colaboradores foram previamente informados sobre os objetivos, os procedimentos e os riscos, tendo manifestado seu consentimento por escrito. Foram fornecidos equipamentos de segurança durante a operação em ambiente aquático. As informações foram tratadas de forma confidencial, sem divulgação de qualquer dado individual identificável.

2.3 Princípios de funcionamento do sonar

O comportamento acústico no meio subaquático é regido por diversos fenômenos. A refração do som ocorre quando ondas acústicas mudam de direção ao atravessar camadas de água com diferentes velocidades de propagação¹⁰. Isso acontece devido às variações na temperatura, salinidade e profundidade, o que altera a velocidade do som no mar. Segundo a Lei de Snell, essa mudança de direção está diretamente relacionada à razão entre as velocidades do som nas diferentes camadas, podendo causar zonas de sombra ou focos de som em determinados locais¹¹.

Outro fenômeno importante é a reflexão, que ocorre tanto na superfície do mar quanto no fundo. Na superfície, a reflexão é fortemente influenciada pelo estado do mar, com ondas agitadas provocando variações rápidas na intensidade e frequência do sinal acústico recebido. Isso pode resultar em perdas significativas de energia do sinal, dependendo do grau de agitação¹².

As fontes de ruído que afetam a detecção acústica incluem a turbulência gerada por correntes marítimas, atividade biológica, e ruído de embarcações¹³. Esse ruído de fundo pode mascarar os sinais desejados, dificultando a detecção precisa de vítimas submersas. Em sistemas sonares ativos, as ondas acústicas transmitidas podem se dispersar em diferentes direções e sofrer interferência com o ruído ambiental, dificultando a análise do eco retornado¹⁴.

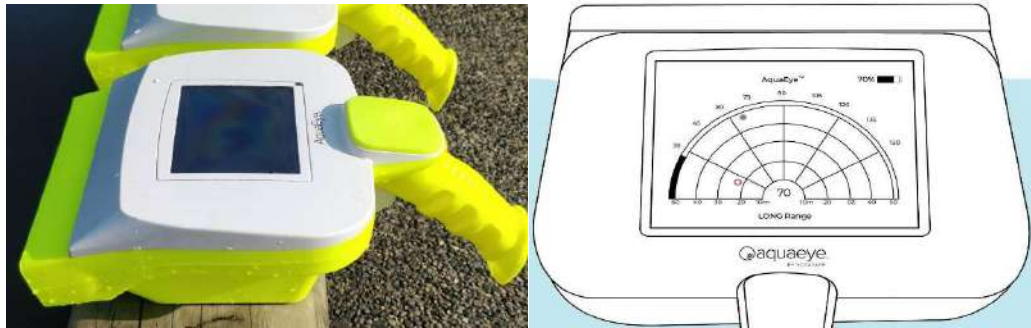
A velocidade do som no mar depende principalmente de três fatores: temperatura, salinidade e pressão. Em águas mais quentes e salinas, a velocidade do som tende a aumentar¹³. A cada grau de elevação na temperatura da água, a velocidade do som pode aumentar em aproximadamente 2,7 m/s. Em termos de salinidade, para cada aumento de uma parte por mil (ppt) na salinidade, a velocidade do som aumenta cerca de 1,13 m/s. Por fim, a pressão, que aumenta com a profundidade, também tem um efeito positivo na velocidade do som, com uma taxa de variação de 0,016 m/s por metro de profundidade¹².

Em regiões costeiras, como a praia, a variação da velocidade do som é relativamente menor devido à homogeneidade das condições ambientais, podendo-se considerar uma região isotérmica com velocidade média de 1500 m/s¹¹.

2.4 O SONAR - AquaEye®

O AquaEye®, conforme exposto na Figura 1, é um sonar portátil avançado, projetado para auxiliar em operações de resgate de vítimas submersas. Equipado com tecnologia de ultrassom e inteligência artificial, o AquaEye® é capaz de identificar corpos humanos embaixo d'água e fornecer uma representação visual em tempo real para os socorristas, facilitando uma resposta mais rápida em situações de afogamentos.

FIGURA 1 – SONAR PORTÁTIL



Fonte: SITE AQUAEYE® (2024)

O equipamento é composto por vários componentes, dentre eles estão: um sensor que emite e recebe sinais ultrassônicos (100 a 400 kHz), uma tela LCD que exibe as informações processadas, mostrando pontos de interesse com a possível localização de vítimas submersas, um botão para ajustar o alcance da varredura, um gatilho que ativa a varredura do ambiente subaquático, e uma alça que facilita o manuseio do dispositivo⁹.

Dentre as principais funcionalidades do AquaEye®, destaca-se a capacidade de realizar varreduras e identificar corpos submersos em um raio de até 50 metros, segundo o fabricante. O equipamento oferece modos de exibição que permitem ao usuário alternar entre a visualização detalhada dos alvos detectados (*Target Display*), conforme Figura 3, e uma visualização mais geral, no mapa de eco (*Echo Map Display*), conforme Figura 2¹⁵. Essas possibilidades, proporcionam uma compreensão mais ampla da área de busca. Além disso, o AquaEye® possui classificação IP68, o que garante sua resistência à água e à submersão de até 5 metros⁹.

CICLO DE OPERAÇÃO DO SONAR PORTÁTIL



1. TRANSMISSÃO: Transdutor emite pulso acústico (*chirp*)



2. PROPAGAÇÃO: Onda sonora viaja pelo meio aquático

↓

3. REFLEXÃO: Alvo reflete parte da energia acústica

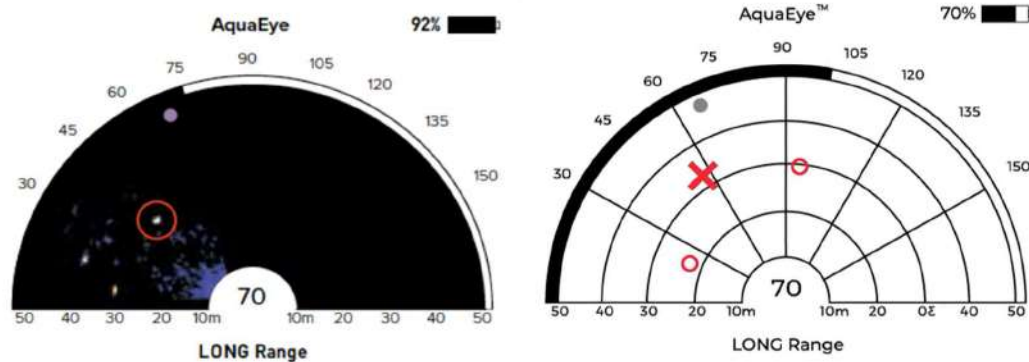
↓

4. RECEPÇÃO: Transdutor detecta eco de retorno

↓

5. PROCESSAMENTO: Filtro casado + IA identificam padrões

Figura 2 – Mapa eco (imagem à esquerda) e *Target Display* (imagem à direita)



Fonte: SITE AQUAEYE® (2024)

O AquaEye® é especialmente indicado para utilização em ambientes aquáticos variados, como lagos, oceanos, bacias de retenção e piscinas naturais¹⁵.

É importante seguir algumas precauções ao operar um sonar portátil, pois alguns fatores podem influenciar na operação do sonar, tais como a existência de correntes elétricas, substâncias ou detritos submersos e a exposição prolongada ao sol que pode causar o aumento da temperatura⁹.

2.5 Fenômenos de Interferência em Ambientes Costeiros

A literatura sobre o tema identifica cinco principais fontes de interferência em operações de sonar costeiro¹⁶:

- 1 Reverberação de Volume: Causada por bolhas, plâncton e partículas em suspensão
- 2 Reverberação de Superfície: Reflexões da superfície do mar agitada
- 3 Reverberação de Fundo: Ecos do fundo marinho e objetos bentônicos
- 4 Ruído Ambiente: Fontes biológicas, antropogênicas e hidrodinâmicas
- 5 Multipercurso: Múltiplas trajetórias do sinal entre fonte e receptor

Estudos sobre ruído oceânico, estabeleceram que curvas espectrais que demonstram que em frequências de 100 Hz a 1 MHz, o ruído ambiente em áreas costeiras pode variar de 40 a 80



dB re 1 μ Pa, dependendo das condições do mar e atividade antropogênica¹⁷.

2.6 Simulado operacional de busca e resgate de vítimas submersas em Copacabana

O simulado operacional realizado na praia de Copacabana teve como principal objetivo reproduzir as situações enfrentadas pelos guarda-vidas em cenários de emergência, envolvendo a busca e o resgate de vítimas submersas, permitindo a aquisição de dados para o experimento.

Durante o simulado, o sonar subaquático foi utilizado em três cenários distintos, com o intuito de testar sua eficácia na localização de corpos submersos em diferentes condições operacionais.

2.6.1 Primeiro cenário: localização de um manequim submerso

Neste cenário, foram conduzidos testes para avaliar a capacidade do sonar em detectar um manequim submerso, representando uma vítima que teria afundado cerca de quatro minutos após ser avistada por um guarda-vidas. Esse cenário reflete uma situação comum em resgates reais, onde a rápida reação e a precisão na localização são cruciais. O guarda-vidas, após observar a vítima a partir de seu posto de observação, percorreu uma distância de 350 metros na areia, seguida de uma natação de 10 metros no mar, carregando o sonar portátil. A eficácia do dispositivo foi testada ao tentar localizar o manequim submerso, com variações na distância e no ângulo de varredura.

2.6.2 Segundo cenário: detecção de um mergulhador submerso

O segundo cenário diferia do primeiro ao substituir o manequim por um mergulhador humano, simulando a presença de um corpo real submerso. Essa variação foi introduzida para verificar se o sonar conseguiria distinguir entre um corpo humano e outros objetos submersos. Mais uma vez, o guarda-vidas seguiu o mesmo procedimento operacional, com o sonar sendo utilizado para localizar o mergulhador após a mesma sequência de corrida e natação. Este teste avaliou a sensibilidade do equipamento em detectar alvos de diferentes densidades e composições.

2.6.3 Terceiro cenário: identificação com dois alvos

No terceiro e último cenário, um manequim e um mergulhador foram submersos simultaneamente em posições próximas. Este teste avaliou a capacidade do sonar em diferenciar e identificar múltiplos alvos submersos em uma situação mais complexa. A complexidade do cenário visava simular um ambiente de resgate onde múltiplas vítimas poderiam estar envolvidas ou um cenário no qual a vítima está presa junto a um objeto, exigindo do equipamento não apenas precisão, mas também a habilidade de discernir entre diferentes tipos de objetos.



2.7 Metodologia para coleta de dados experimentais

Os dados experimentais utilizados neste trabalho foram obtidos a partir de ensaios realizados por guarda-vidas e mergulhadores do CBMERJ, que se voluntariaram para os testes. Esse grupo foi escolhido por representar os profissionais que irão operar o equipamento nas operações de salvamento, assegurando que a avaliação da eficácia do sonar fosse conduzida em condições similares às do cenário real.

A amostra deste estudo foi composta por uma série de 180 ensaios, por conveniência operacional, já que foi considerado suficiente para analisar a precisão alcançada do sonar. As condições marítimas apresentavam temperatura média de 25°C¹⁸, ondas de aproximadamente 0,5 metro e água limpa, livre de impurezas visíveis. Os testes foram realizados em distâncias variando entre 5 e 45 metros, com o intuito de avaliar plenamente a eficácia do sonar, considerando que a empresa Aquaeye propõe que o dispositivo seja capaz de identificar vítimas a até 50 metros de distância.

É prudente informar que, embora o cenário típico de salvamento nas praias do Rio de Janeiro seja representado pelo local escolhido, configuram apenas um tipo de ambiente, não sendo possível generalizar os resultados para todos os cenários possíveis de afogamento.

Durante os testes, a angulação de varredura do sonar foi variada em seis níveis: 15°, 30°, 45°, 90°, 105° e 180°. Além disso, foram registrados outros dois fatores: a distância do objeto a ser identificado e o tempo de operação do sonar. A angulação foi medida pelo próprio aparelho com a sua tecnologia, o tempo foi medido com um cronômetro e a distância foi medida com um medidor de distância.

A amostra incluiu dois tipos de alvos para verificar a capacidade de diferenciar um ser humano de um objeto inanimado: 74 testes foram realizados com um manequim submerso e 106 testes com um corpo humano.

Por fim, foram realizados 20 testes adicionais com o sonar para avaliar sua capacidade de identificar um paredão rochoso, um píer e o fundo do mar. Embora todos os testes tenham apresentado resultados positivos, esses dados foram descartados, pois não se referem diretamente à atividade dos guarda-vidas, nem constituem um ponto de interesse para este estudo. O foco deste trabalho é exclusivamente a eficácia na detecção de corpos e objetos submersos, alinhada ao objetivo principal de avaliar o desempenho do sonar em situações de resgate nas praias do Rio de Janeiro.

Após a análise dos resultados, os participantes do estudo, guarda-vidas e mergulhadores do CBMERJ, receberam um relatório resumido com os principais achados da pesquisa, destacando as conclusões sobre a eficácia do sonar nas operações de salvamento. Isso permitirá que eles



compreendam como suas contribuições impactaram o estudo e auxiliará no aprimoramento das práticas de resgate.

2.8 Tratamento estatístico

Os dados coletados foram tabulados e exportados para análise estatística no software JASP Versão 0.19.1 (JASP Team, Amsterdam, Holanda), visando identificar os principais fatores que influenciam a eficácia do sonar. Inicialmente foram aplicados testes de aderência à normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e os resultados, não paramétricos, foram tratados como mediana e intervalos interquartis.

Posteriormente os resultados com desfechos positivos e negativos foram separados para análise de variância entre as características registradas para cada ensaio (Mann-Whitney Test) e para estudo de regressão logística, buscando evidenciar a influência do ângulo de varredura, tempo de operação e distância do objeto na predição do desfecho da busca. O nível de confiabilidade adotado para todas as análises foi de 95% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

Os dados expostos nas estatísticas descritivas, conforme a Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3, foram coletados através da realização dos 180 testes mencionados anteriormente. Embora a proposta da empresa criadora do sonar fosse de que o equipamento seria capaz de diferenciar entre o manequim e o corpo humano, essa distinção não foi alcançada. Assim, os resultados positivos (detecção positiva da vítima) e negativos (ausência de detecção) referem-se apenas à identificação de um ponto de interesse no Mapa Eco.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas gerais

	Mediana	Teste de Shapiro-Wilk	P-value do Shapiro-Wilk	25th percentile	75th percentile
Distância do Objeto (m)	26.000	0.955	< .001	15.000	35.000
Ângulo de varreduras	45.000	0.927	< .001	30.000	60.000
Tempo de operação (s)	55.000	0.963	< .001	34.000	70.000

Fonte: Os autores (2024)

Tabela 2 – Estatísticas descritivas por resultado





		Mediana	25th percentile	75th percentile
Distância do Objeto (m)	POSITIVO	21.000	11.000	30.750
Distância do Objeto (m)	NEGATIVO	29.000	20.000	38.000
Ângulo de varreduras	POSITIVO	45.000	15.000	60.000
Ângulo de varreduras	NEGATIVO	60.000	45.000	75.000
Tempo de operação (s)	POSITIVO	44.500	25.000	64.000
Tempo de operação (s)	NEGATIVO	69.000	47.000	82.000

Fonte: Os autores (2024)

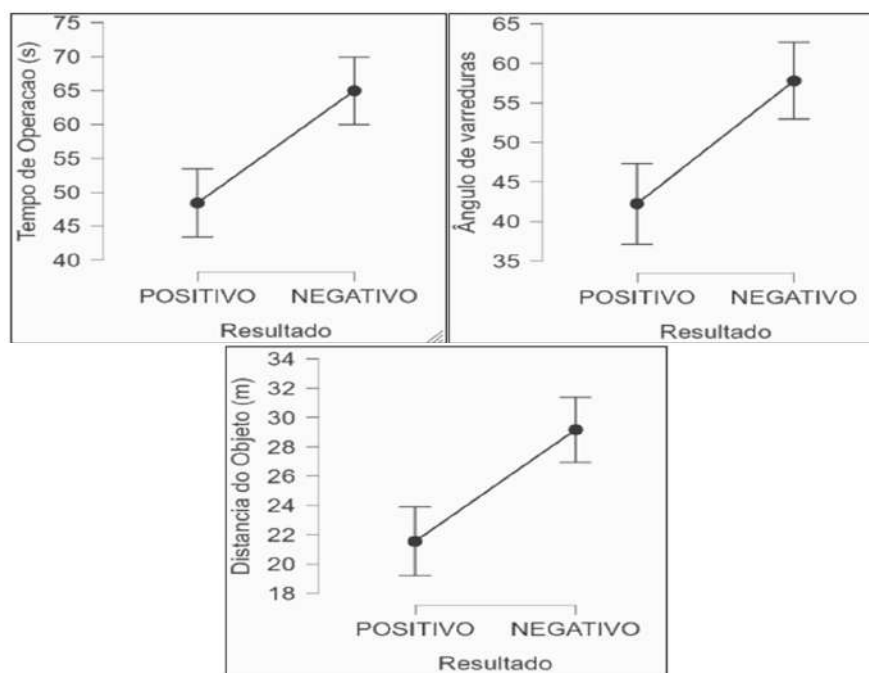
Tabela 3 – Estatísticas descritivas por objeto

		Mediana	25th percentile	75th percentile
Distância do Objeto (m)	CORPO HUMANO	25.000	13.000	35.000
Distância do Objeto (m)	MANEQUIM	26.000	17.250	34.000
Ângulo de varreduras	CORPO HUMANO	45.000	30.000	60.000
Ângulo de varreduras	MANEQUIM	52.500	30.000	60.000
Tempo de operação (s)	CORPO HUMANO	53.500	32.000	70.000
Tempo de operação (s)	MANEQUIM	59.500	40.000	71.500

Fonte: Os autores (2024)

Considerando a análise variância entre os dados registrados dos ensaios com ensaios positivos e negativos, foi possível observar diferenças estatisticamente significativas para as três variáveis mensuradas ($p < 0,001$). Este dado aponta para influência direta dos ângulos de varredura, tempo de operação e distância do objeto na busca com o sonar. As comparações estão representadas na Figura 4:

Figura 3 – Variância entre características de operação x resultado na detecção da vítima



Fonte: Os autores (2024)

A regressão logística foi utilizada para analisar a influência de quatro variáveis — ângulo de varredura, distância do objeto, tempo de operação e tipo de objeto — na probabilidade dos ensaios terem desfecho negativo conforme pode-se observar na figura 5. O modelo de regressão logística foi estatisticamente significativo, conforme indicado pelos valores de pseudo- R^2 : McFadden (0,117), Nagelkerke (0,156) e Tjur (0,143), demonstrando que a variação nos resultados pode ser explicada pelas variáveis incluídas. Além disso, o teste de razão de verossimilhança (LR $\chi^2 = 29,160$, com $p < 0,001$) confirmou que o modelo é estatisticamente significativo, ou seja, ao menos uma das variáveis tem um impacto relevante nos resultados.

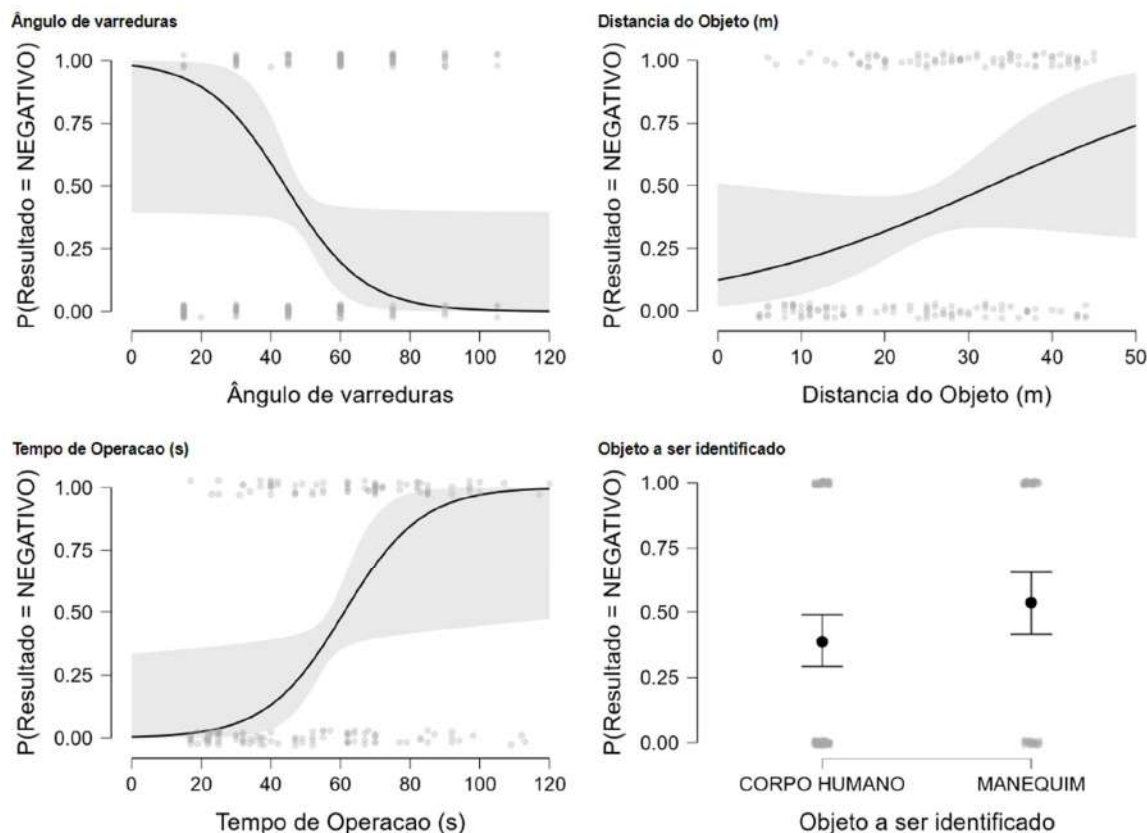
O ângulo de varredura reduzido aumenta 92,5% a chance de obter um resultado positivo ($p=0,080$). Isso indica que, à medida que o ângulo de varredura aumenta, a chance de um resultado negativo tende a aumentar. Já a distância do objeto, com um coeficiente de 0,060 ($p = 0,106$), não mostrou uma relação estatisticamente significativa.

Já o tempo de operação mostrou-se uma variável significativa, com um coeficiente de 0,060 ($p = 0,038$), revelando uma relação positiva com a probabilidade de resultados negativos. Isso indica que quanto maior o tempo de operação, maior é a chance de ocorrerem desfechos negativos. Portanto, essa variável se destaca como um fator relevante para otimizar a eficácia dos ensaios, sugerindo que tempos de operação mais curtos poderiam reduzir a probabilidade de resultados negativos.

Dessa forma, o resultado aumentou 14,4% a chance de êxito quando buscado o manequim e apenas 7,8% quando foi procurado um corpo humano ($p < 0,001$). Por fim, o desempenho preditivo do modelo foi satisfatório, com sensibilidade de 0,610 e especificidade de 0,884, indicando acurácia global de 85%.

A análise gráfica reforçou os resultados obtidos, evidenciando as relações identificadas entre as variáveis. Assim, o estudo demonstra que o tempo de operação e o tipo de objeto são os principais fatores que influenciam a probabilidade de desfechos negativos, enquanto o ângulo de varredura tem uma influência marginal e a distância do objeto não apresentou impacto significativo na regressão logística. Esses achados fornecem subsídios valiosos para a otimização dos procedimentos dos ensaios, visando aumentar a eficácia e a eficiência das operações.

Figura 4 – Gráficos de regressão logística entre o resultado negativo e as variáveis



Fonte: Os autores (2024)

3.1 Diagrama de Desempenho Operacional

Figura 5 – Melhores condições de detecção.

ZONAS DE DESEMPENHO DO SONAR

ZONA ÓTIMA (0-20m): Detecção > 90%

- Ângulo: 30-60° | Tempo: 60-120s | SNR > 15 dB

ZONA EFICAZ (20-35m): Detecção 70-90%

- Ângulo: 30-45° | Tempo: 80-120s | SNR 10-15 dB

ZONA LIMITE (35-50m): Detecção < 70%

- Ângulo: < 30° | Tempo: > 100s | SNR < 10 dB

Fonte: Os autores (2024)

4. DISCUSSÃO

Inicialmente, cabe destacar que, embora a distância do objeto não tenha se mostrado estatisticamente significativa na regressão logística ($p=0,106$), observou-se uma tendência prática de que menores distâncias favoreceram na detecção positiva das vítimas. Essa tendência é consistente com o esperado, dado que a propagação sonora é menos afetada por fenômenos de refração em distâncias menores¹¹. Ademais, os resultados obtidos corroboram estudos anteriores em ambientes similares. Em operações de busca realizadas na Coreia, o uso de sonar de imagem resultou em uma taxa de detecção de 85% para distâncias de até 30 metros. Esse desempenho é bastante semelhante ao observado no presente estudo, que registrou uma taxa de detecção de 82% na mesma faixa de distância, evidenciando a consistência dos resultados obtidos em diferentes contextos operacionais². Logo, o fato da distância não ter alcançado significância estatística indica que outros fatores, como o tempo de operação, o ângulo de varredura e o tipo de objeto, têm um impacto maior sobre os resultados negativos (ausência de detecção).

Essa observação está de acordo com o estudo anterior que destacou a maior eficácia dos sonares em menores distâncias devido a menor influência de fenômenos como refração, reflexão e absorção¹⁹. No entanto, a falta de significância estatística na regressão logística do presente estudo pode ter sido influenciada pela interação dessas variáveis ou por limitações no tamanho da amostra. Isso aponta para a necessidade de estudos adicionais, com uma amostra maior e maior variação nas distâncias, a fim de investigar de forma mais aprofundada o impacto da distância na detecção de vítimas submersas nas praias do Rio de Janeiro.

Um dos grandes obstáculos da busca por um corpo submerso nas praias é que, em sua maioria, sob a ação de fortes correntes marítimas o corpo de uma pessoa afogada pode ser deslocado constantemente. Por consequência, há uma dificuldade em relação à delimitação da área de busca. Assim, infere-se que, como a distância é importante para detecção do corpo pelo sonar,



essa pode ser uma limitação da eficácia nas operações de busca em ambientes costeiros, pois a área de busca pode ser imprecisa, sendo comum a tentativa de identificar corpos que não necessariamente estão próximos ao local estimado de busca.

Os resultados também podem ser compreendidos através da equação do sonar ativo, que relaciona o nível sonoro da fonte, as perdas de transmissão e o nível de ruído ambiente¹². As perdas de transmissão, que aumentam com a distância, explicam por que objetos mais distantes são mais difíceis de detectar, conforme observado na comparação das distâncias registradas entre os resultados positivos e negativos.

O ruído ambiente é um fator crítico que afeta diretamente a operação do sonar, reduzindo a precisão da detecção¹³. Esse ruído pode ser causado por fontes naturais e artificiais, e sua presença se reflete na relação sinal-ruído (SNR), um conceito fundamental que se refere à relação entre a potência do sinal desejado e a potência do ruído de fundo¹². À medida que a distância entre o sonar e o objeto aumenta, o sinal se atenua, reduzindo o SNR e tornando a detecção menos eficaz. Em situações em que o ruído ambiente se comporta como ruído branco, onde todas as frequências estão presentes com a mesma intensidade, o desafio de distinguir o sinal do ruído aumenta, especialmente em distâncias maiores²⁰.

Em praias, é prudente considerar ruídos como o de barcos, motos aquáticas, e até mesmo o som produzido pelas correntes marítimas e ondas, tanto próximo à orla, quanto em encostas de pedras. Esses ruídos de fundo podem interferir nos sinais captados pelo sonar, criando interferências e dificultando distinguir ecos relevantes dos irrelevantes¹². Ainda devemos considerar a complexidade do ambiente de busca, em áreas com muitos obstáculos submersos, como pedras e troncos, o sonar pode captar múltiplos ecos, causando ambiguidade entre um corpo humano e outros objetos.

Para minimizar esse problema existe o filtro casado, usado em sistemas de detecção de sinais como o sonar, para maximizar a relação sinal-ruído (SNR) na detecção de sinais fracos no meio de ruído¹⁹. No contexto de detecção sonar, o filtro casado é aplicado para detectar ecos de pulsos sonoros refletidos por objetos submersos. O funcionamento do filtro casado consiste de emissão de um pulso que pode ter uma forma específica, como um "*chirp*" (um sinal que varia em frequência ao longo do tempo), esse pulso viaja pela água, reflete em objetos submersos e cria um eco que é recepcionado pelo transdutor do sonar¹². Esse eco geralmente é fraco e está misturado aos ruídos de fundo. Assim, o filtro casado correlaciona o eco refletido com a forma do pulso transmitido, ajudando a rejeitar o ruído que não corresponde à forma do pulso transmitido, aumentando a sensibilidade à presença de objetos submersos²¹.

O ângulo de varredura também demonstrou ser um elemento significativo na detecção, com ângulos menores associados a uma maior taxa de sucesso. Estes dados indicam que varreduras





menores e parceladas são mais precisas e eficazes na identificação de corpos, uma vez que objetos próximos ao sensor e à linha central têm maior probabilidade de detecção²².

Neste sentido, ajustes no ângulo de varredura podem ser utilizados de maneira estratégica para aumentar a eficácia do sistema. Este ponto pode ser relacionado ao índice de diretividade do sonar, que se refere à capacidade do sistema de focar a energia acústica em uma direção específica¹². Um alto índice de diretividade pode melhorar a detecção em ângulos menores, alinhando-se com os achados de que ângulos de varredura menores aumentam a taxa de sucesso na identificação de objetos.

O tempo de operação do sonar está diretamente relacionado ao ângulo de varredura, pois ângulos menores exigem menos tempo para cobrir uma determinada área. Com ângulos de varredura reduzidos, a energia do sonar é concentrada em um ponto específico, o que aumenta a eficiência da detecção e, consequentemente, a probabilidade de resultados positivos em um tempo de operação mais curto. No entanto, essa eficiência não invalida a literatura que defende que a permanência prolongada na mesma posição pode aprimorar a detecção¹⁹. Quando o sonar opera em um local específico por um período mais longo, a repetição das emissões sonoras e a análise dos ecos recebidos permitem filtrar ruídos e reverberações indesejadas, resultando em uma detecção mais precisa de objetos¹¹. Assim, embora ângulos de varredura menores tenham um tempo de operação menor, a ampliação desse tempo na mesma posição é igualmente valiosa, pois maximiza a probabilidade de identificação de vítimas, minimizando as interferências provocadas por ruídos e melhorando a clareza dos sinais detectados.

O tempo de operação apresentou uma influência significativa nos resultados de detecção. Isso se dá, possivelmente, porque a duração da operação atenua ou intensifica as interferências provenientes da reverberação. Além disso, a reverberação — definida como o retorno do sinal emitido após reflexões aleatórias das partículas, superfícies e bolhas — constitui um dos principais desafios na detecção subaquática²⁰.

O nível de reverberação impacta diretamente na recepção dos sinais e na capacidade de detecção do sistema sonar, tornando essencial ajustar o tempo de operação para minimizar essas interferências²³. Deste modo, o sonar precisa emitir por algum período, na mesma posição, para que o filtro casado possa realizar a detecção do eco, mesmo em ambientes ruidosos e minimizar essa reverberação indesejada¹⁹. Assim, um aumento no tempo de uso, mesmo que sejam poucos milissegundos, permite que possam aparecer no display indicações mais confiáveis sobre a posição da vítima. Essa relação também pode ser mais bem compreendida por meio da equação do sonar ativo, levando em consideração o excesso de sinal (SE), caracterizado pela diferença entre o nível sonoro do sinal (SL) e a intensidade de ruído total (DI; NL; DT), sendo NL o nível de ruído de fundo¹².





$$SE = (SL - (NL - DI + DT)) - 2TL + TS$$

A detecção bem-sucedida depende de um excesso de sinal positivo, que pode ser comprometido por fatores como a refletividade do alvo (TS), as perdas de transmissão (TL) e o índice de diretividade (DI). Nesse cálculo também é considerado o limiar de detecção (DT), definido como o valor mínimo da SNR que permite a detecção de um sinal com uma probabilidade de 50%, que corresponde à relação sinal-ruído requerida para uma probabilidade de 50%¹². Portanto, ajustar o tempo de operação e o ângulo de varredura pode contribuir para o excesso de sinal positivo e, conseqüentemente, à eficácia do sistema em condições operacionais adversas¹⁹.

Além do excesso de sinal, outro fator que influencia diretamente a eficácia do sistema é a resposta impulsiva, que se refere à forma como o meio de propagação transforma o sinal emitido no sinal recebido¹². O meio subaquático, com suas propriedades variáveis, pode alterar significativamente o sinal ao longo de sua trajetória, afetando a precisão da detecção. O tempo de operação pode minimizar ou aumentar a reverberação, que está diretamente relacionada à otimização da resposta impulsiva do sonar. Essa otimização garante que o sistema consiga distinguir entre o eco verdadeiro e os múltiplos ecos de reverberação, resultando em uma detecção mais precisa, especialmente em ambientes costeiros²⁴.

No geral, a eficácia do sistema parece ser maximizada em distâncias menores, com ângulos de varredura menores e tempos de operação maiores. Apesar dos resultados, é importante considerar as limitações da análise. Esta pesquisa utilizou um conjunto de dados limitado no tempo e no espaço, de modo que o emprego do sonar em condições de mar adversas e em outras praias da cidade, com relevo e temperatura da água diferentes, podem impactar de forma diferente na detecção positiva da vítima. Além disso, a presença de variabilidade nos resultados obtidos neste primeiro experimento de campo sugere que há necessidade de estudos adicionais para explorar plenamente as potencialidades e limitações do sistema.

Embora o experimento tenha demonstrado que menores distâncias e ângulos de varredura mais estreitos aumentam a eficácia da detecção, as operações de salvamento raramente ocorrem em condições ideais. O uso do sonar em ambientes com altos níveis de ruído e distâncias maiores pode comprometer sua precisão, o que destaca a necessidade de treinamento contínuo e estudo aprofundado por parte dos guarda-vidas.

Portanto, apesar de o sonar ser um equipamento de fácil operação, a interpretação dos dados captados exige uma sensibilidade técnica considerável por parte do operador. A eficácia da detecção não depende apenas das configurações do equipamento, mas também do preparo técnico e da experiência do profissional que o manuseia. A capacidade de discernir entre ecos relevantes e interferências ambientais, como reverberações e ruídos de fundo, requer treinamento constante. Além disso, o conhecimento detalhado das características do relevo submarino nas áreas de





operação mais comuns é essencial para a correta interpretação dos sinais. Assim, é fundamental que os grupamentos marítimos invistam em capacitação contínua, tanto para o domínio operacional do sonar quanto para o aprendizado sobre as condições locais de busca, o que certamente impacta a eficácia das operações de resgate.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar o emprego do sonar portátil no apoio aos salvamentos aquáticos, bem como propor recomendações à sua implementação considerando as condições específicas das praias do Rio de Janeiro.

A análise dos resultados indicou que a maior eficácia do sonar está associada a uma relação ideal entre as variáveis analisadas, como a distância do objeto, o ângulo de varredura e o tempo de operação. Verificou-se que a detecção é mais eficiente em distâncias curtas, o que corrobora a menor influência da refração e das perdas de transmissão de sinal, permitindo que o sistema apresente melhor sensibilidade em identificar corpos submersos próximos ao sonar.

Além disso, ângulos de varredura menores demonstraram aumentar significativamente as chances de sucesso na detecção, uma vez que focam a energia acústica em uma área mais restrita e minimizam o impacto de ecos múltiplos e reverberações. Quanto ao tempo de operação, observou-se que durações mais longas podem amplificar interferências, mas, se bem ajustado, esse tempo pode ser otimizado para permitir que o filtro casado atue de forma eficaz, distinguindo o eco real dos ruídos de fundo.

Entretanto, apesar das limitações observadas em ambientes costeiros, onde fatores como correntes marítimas, relevo submarino e ruído ambiente afetam diretamente a operação do sonar, os resultados demonstram que o sonar pode se tornar uma ferramenta de grande valor para o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ). Em condições favoráveis — com distâncias curtas, ângulos otimizados e ruído controlado — o sonar mostrou um potencial significativo para apoiar as operações de busca e salvamento. No entanto, em cenários com distâncias maiores e ruído elevado, sua eficácia pode ser reduzida, o que reforça a necessidade de treinamento contínuo e de ajustes operacionais para maximizar o desempenho do equipamento.

Diante dos avanços tecnológicos, é crucial que novas pesquisas explorem outras configurações e tecnologias que possam auxiliar o CBMERJ nas atividades de salvamento. Este estudo fornece uma base preliminar, permitindo a identificação de ajustes técnicos e operacionais que otimizem o uso do sonar portátil, maximizando sua eficácia em condições reais. Além disso, os resultados apresentados podem contribuir para futuras investigações sobre o aprimoramento do uso de sonares em diferentes ambientes aquáticos, expandindo sua aplicabilidade a outras especialidades, como, por exemplo, atividades de mergulho.





Por fim, este trabalho espera contribuir para o conhecimento científico sobre sonares subaquáticos portáteis, oferecendo fundamentos para pesquisas futuras que aprimorem a tecnologia e sua operação. O avanço contínuo nesse campo pode expandir as aplicações desses dispositivos em condições adversas, tornando as atividades mais eficientes e menos arriscadas.

REFERÊNCIAS

1. Secretaria de Estado de Defesa Civil. Boletim da SEDEC/CBMERJ nº 238, 29 dez. 2023. Rio de Janeiro: SEDEC/CBMERJ; 2023.
2. Cho H, Gu J, Joe H, Asada A, Yu SC. Acoustic beam profile-based rapid underwater object detection for an imaging sonar. *J Mar Sci Technol*. 2015;20:180–197.
3. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro. Manual de salvamento no mar. Rio de Janeiro: CBMERJ; 2019. E-book. ISBN 978-85-68512-11-1.
4. Jalalifar S, Belford A, Erfani E, Razmjou A, Abbassi R, Mohseni-Dargah M, et al. Enhancing water safety: exploring recent technological approaches for drowning detection. *Sensors*. 2024.
5. Santos GGD, Amorim TCA. Afogamento: intervenções e técnicas de suporte à vida: uma revisão integrativa. *Cad Saúde Desenv*. 2018;12(7):68–84.
6. Szpilman D. Afogamento. *Rev Bras Med Esporte*. 2000;6(4):297–302.
7. Luciano L. Rio tem mais de 400% de aumento de afogamentos em 2024. *Enfoco* [Internet]. 12 jan. 2024 [acesso em 14 mar. 2024]. Disponível em: <https://enfoco.com.br/noticias/cidades/rio-tem-mais-400-de-aumento-de-afogamentos-em-2024-saiba-mais-103797?D=1>
8. Sobrasa. Boletim Brasil 11º – 2024 [Internet]. 2024 [acesso em 12 mar. 2024]. Disponível em: <https://sobrasa.org/afogamento-boletim-epidemiologico-no-brasil-ano-2024-ano-base-de-dados-2022/>
9. Vodasafe Inc. AquaEye: manual de instruções. Canadá: Vodasafe; 2021.
10. Halliday D, Resnick R, Walker J. Fundamentos de física: óptica e física moderna. 9. ed. Vol. 4. Rio de Janeiro: LTC; 2016.
11. Louza FB. As comunicações acústicas para o comando e controle de veículos autônomos submarinos: um comparativo entre o protocolo JANUS (OTAN) e o modem CSUB (MB) [monografia]. Rio de Janeiro: Escola de Guerra Naval; 2023.
12. Rodríguez OC. Fundamentos de acústica submarina. Faro: Universidade do Algarve; 2021.





13. Feynman RP, Leighton RB, Sands M. Lições de física: The Feynman lectures on physics. Vol. 1. Rio de Janeiro: Bookman; 2008.
14. Souza LAL. Princípios de sonar. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas da Marinha; 1997.
15. Lightwire. AquaEye: the first mobile search and rescue sonar with artificial intelligence [Internet]. 2024 [acesso em 21 fev. 2024]. Disponível em: <https://aquaeye-sonar.com/>
16. Lurton X. An introduction to underwater acoustics: principles and applications. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag; 2010.
17. Wenz GM. Acoustic ambient noise in the ocean: spectra and sources. J Acoust Soc Am. 1962;34(12):1936–1956.
18. Instituto Nacional de Meteorologia. Monitoramento da temperatura da superfície do mar (TSM) [Internet]. Brasília (DF): Instituto Nacional de Meteorologia; [acesso em 20 mar. 2024]. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/servicos/monitoramento-da-temperatura-da-superf%C3%ADcie-do-mar-tsm>
19. Hansen RE. Course material to INF-GEO4310. Oslo: University of Oslo; 2013.
20. Corrêa Junior C. Estudo da propagação acústica no mar na camada de mistura [dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2008.
21. Westerfield E, Prager R, Stewart J. Processing gains against reverberation (clutter) using matched filters. IEEE Trans Inf Theory. 1960;6(3):342–348.
22. Souza GG, Guimarães OR. Mapeamento de ambiente utilizando sonar embarcado em robô móvel. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 7., 2012, São Luís. Anais. São Luís: Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas; 2012.
23. Torres ACL. Modelação da acústica submarina e previsão sonar: desenvolvimento de uma ferramenta de modelação [dissertação]. Portugal: Departamento de Ciências do Mar, Escola Naval; 2019.
24. Souza LAL. Princípios de sonar. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas da Marinha; 1997.