

**ALGORÍTMOS CONTRA A FÚRIA DA NATUREZA: A Inteligência Artificial no
Combate a Desastres Naturais**

***ALGORITHMS AGAINST THE FURY OF NATURE: The Role of Artificial Intelligence
in Combating Natural Disasters***

Lucas Andrigó Seixas – lucas.anseixas@gmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Matão – São Paulo – Brasil

Marcus Rogerio de Oliveira – marcus.oliveira10@fatec.sp.gov.br
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Matão – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v22i1.2204

Data de submissão: 06/04/2025

Data do aceite: 26/06/2025

Data da publicação: 30/06/2025

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo analisar o papel da Inteligência Artificial (IA) na prevenção e mitigação de desastres naturais, como deslizamentos, terremotos e tsunamis. A crescente frequência e intensidade desses eventos têm impulsionado a busca por soluções tecnológicas que permitam respostas mais rápidas e eficazes. A metodologia adotada foi uma revisão bibliográfica sistemática de estudos recentes, nacionais e internacionais, que abordam aplicações práticas de algoritmos de aprendizado de máquina, redes neurais e sistemas preditivos em contextos de risco ambiental. Os resultados demonstram que a IA tem se mostrado uma aliada valiosa no monitoramento de áreas de risco, na previsão de eventos com base em dados históricos e em tempo real, e na tomada de decisões automatizadas em emergências. Além disso, identificou-se que, embora existam desafios relacionados à coleta de dados, integração de sistemas e acessibilidade tecnológica, os avanços atuais já permitem a implementação de modelos com alta acurácia e potencial para salvar vidas. Conclui-se que o uso da Inteligência Artificial representa uma evolução significativa na gestão de riscos naturais, contribuindo para a redução de impactos sociais, econômicos e ambientais provocados por desastres.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Desastres Naturais. Prevenção. Aprendizado de Máquina. Sistemas Preditivos.

ABSTRACT

This article aims to analyze the role of Artificial Intelligence (AI) in the prevention and mitigation of natural disasters such as landslides, earthquakes, and tsunamis. The increasing frequency and intensity of these events have driven the search for technological solutions that

allow for faster and more effective responses. The methodology adopted was a systematic literature review of recent national and international studies addressing practical applications of machine learning algorithms, neural networks, and predictive systems in environmental risk contexts. The results demonstrate that AI has proven to be a valuable ally in monitoring risk areas, predicting events based on historical and real-time data, and making automated decisions in emergencies. Furthermore, it was identified that, although there are challenges related to data collection, systems integration and technological accessibility, current advances already allow the implementation of models with high accuracy and potential to save lives. It is concluded that the use of Artificial Intelligence represents a significant evolution in the management of natural risks, contributing to the reduction of social, economic and environmental impacts caused by disasters.

Keywords: Artificial Intelligence. Natural Disasters. Prevention. Machine Learning. Predictive Systems.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação dos desastres naturais nas últimas décadas tem se tornado uma preocupação global. Eventos como deslizamentos de terra, terremotos e tsunamis vêm ocorrendo com maior frequência e intensidade, impulsionados por fatores como mudanças climáticas, urbanização desordenada e degradação ambiental. Esses fenômenos provocam impactos severos em comunidades vulneráveis, resultando em perdas humanas, econômicas e ambientais significativas. Diante desse cenário, cresce a necessidade de estratégias eficazes de prevenção, monitoramento e resposta às emergências.

Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA) tem se destacado como uma aliada promissora na gestão de riscos associados a desastres naturais. O avanço de tecnologias como aprendizado de máquina, redes neurais e análise de big data possibilita o desenvolvimento de sistemas capazes de processar grandes volumes de dados em tempo real, identificar padrões de risco e gerar alertas precoces. Tais ferramentas têm o potencial de transformar a forma como governos, organizações e comunidades se preparam e reagem diante de ameaças naturais iminentes.

O presente artigo tem como objetivo geral analisar as contribuições da Inteligência Artificial na prevenção e mitigação de desastres naturais. Como objetivos específicos, pretende-se identificar as principais tecnologias empregadas, discutir suas aplicações práticas em diferentes contextos geográficos e avaliar os impactos gerados por essas soluções tecnológicas na redução de danos e na proteção da vida humana. A questão norteadora desta pesquisa é: como a Inteligência Artificial pode ser utilizada de forma eficaz na prevenção de desastres naturais?

A relevância deste estudo se justifica pela crescente necessidade de respostas rápidas e precisas frente a eventos naturais extremos, especialmente em regiões com infraestrutura precária e sistemas de alerta insuficientes. O uso da IA representa uma inovação significativa na área de gestão de riscos, promovendo maior assertividade nas previsões e permitindo a tomada de decisões mais informadas e estratégicas.

A metodologia adotada baseia-se em uma revisão bibliográfica sistemática, com levantamento e análise de artigos científicos, relatórios técnicos e estudos de caso publicados nos últimos anos, tanto em âmbito nacional quanto internacional. A escolha dessa abordagem visa reunir um panorama atualizado e abrangente sobre o tema, destacando as experiências mais relevantes e os avanços tecnológicos já implementados em contextos reais.

Parte-se da hipótese de que o uso de sistemas baseados em Inteligência Artificial contribui de forma significativa para a antecipação de eventos críticos, a redução de impactos negativos e a melhoria da eficiência na resposta a desastres naturais. A confirmação dessa hipótese pode reforçar o papel da IA como ferramenta estratégica no enfrentamento de desafios ambientais e humanitários cada vez mais complexos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste estudo busca apresentar os conceitos fundamentais que embasam a discussão sobre a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na prevenção de desastres naturais. Para tanto, serão abordadas as características dos desastres naturais, o desenvolvimento da IA e suas funcionalidades, bem como as experiências já registradas de integração entre tecnologia e gestão de riscos ambientais.

2.1 Desastres Naturais: Conceitos e Impactos

De acordo com o Centro de Pesquisa Epidemiológica de Desastres (CRED, 2020), desastres naturais são eventos extremos que resultam em danos materiais, sociais e ambientais, afetando a vida de milhares de pessoas. Esses fenômenos podem ser classificados em geofísicos (como terremotos e tsunamis), hidrológicos (inundações), climatológicos (secas, ondas de calor) e geológicos (deslizamentos de terra), conforme a classificação da Organização das Nações Unidas (ONU, 2019). Segundo Santos (2014), o aumento da vulnerabilidade populacional, associado ao crescimento urbano desordenado, tem potencializado os efeitos destrutivos desses eventos. Ainda segundo o autor, a ausência de sistemas eficazes de alerta e

de políticas públicas preventivas contribui para que o impacto dos desastres seja ainda mais grave em países em desenvolvimento.

2.2 Inteligência Artificial: Fundamentos e Avanços

A Inteligência Artificial pode ser definida como o ramo da ciência da computação que busca desenvolver sistemas capazes de simular a inteligência humana, realizando tarefas como reconhecimento de padrões, tomada de decisões e aprendizado com base em dados (RUSSELL; NORVIG, 2010). Dentro desse campo, destacam-se técnicas como aprendizado de máquina (machine learning), redes neurais artificiais, algoritmos genéticos e deep learning.

Embora o termo “aprendizado de máquina” seja amplamente utilizado em publicações acadêmicas em português, observa-se que a expressão original em inglês — machine learning — permanece frequente, especialmente em ambientes técnicos e internacionais. Tal prática levanta a necessidade de refletir sobre a conveniência ou não de traduzir o termo, considerando a padronização do vocabulário científico.

Segundo Goodfellow, Bengio e Courville (2016), o avanço dos métodos de IA se deu principalmente com o aumento da capacidade computacional e a disponibilidade de grandes volumes de dados (big data), permitindo maior precisão em análises preditivas e na automação de processos complexos. A IA tem sido aplicada com sucesso em setores como saúde, segurança, transporte e, mais recentemente, na gestão de desastres.

2.3 Aplicações da Inteligência Artificial na Prevenção de Desastres Naturais

Diversos estudos têm demonstrado o potencial da IA para prever e mitigar os efeitos de desastres naturais. Em pesquisa realizada por Li et al. (2021), algoritmos de aprendizado profundo foram utilizados para prever deslizamentos de terra com alta precisão em regiões montanhosas da China. Já em estudo desenvolvido por Shirzadi et al. (2019), modelos baseados em redes neurais foram aplicados com sucesso para prever a ocorrência de terremotos, utilizando dados sísmicos históricos.

Além disso, a IA tem sido aplicada na criação de sistemas de alerta precoce. Segundo Kumar et al. (2020), o uso de sensores inteligentes integrados a algoritmos de machine learning possibilitou identificar, com antecedência, riscos de enchentes em áreas urbanas da Índia, permitindo uma resposta mais eficiente por parte das autoridades.

2.4 Desafios e Limitações da IA em Contextos de Risco

Apesar dos avanços, o uso da IA na prevenção de desastres enfrenta alguns desafios importantes. Segundo Poursaeed et al. (2022), a principal limitação está relacionada à qualidade e à disponibilidade de dados em tempo real, especialmente em regiões menos desenvolvidas. Além disso, a integração entre diferentes sistemas tecnológicos, a interoperabilidade das plataformas e a capacitação técnica dos profissionais que operam essas ferramentas são fatores que ainda limitam sua ampla aplicação.

Outro desafio é o aspecto ético e social do uso da IA. Para Binns (2018), é fundamental que os sistemas de IA sejam transparentes, auditáveis e justos, evitando decisões automatizadas que possam reproduzir desigualdades ou comprometer direitos humanos em situações de emergência.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A definição dos procedimentos metodológicos é essencial para garantir a consistência e a confiabilidade da pesquisa. Este estudo adota uma abordagem qualitativa, com características exploratórias e documentais, tendo como principal método a revisão bibliográfica sistemática, além da análise de estudos de caso que ilustram a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na prevenção de desastres naturais.

3.1 Tipo de Pesquisa

A pesquisa realizada é de natureza qualitativa, uma vez que busca compreender, interpretar e descrever os fenômenos relacionados ao uso da IA no contexto da gestão de riscos ambientais. Também se caracteriza como exploratória, por investigar um campo em crescimento e ainda relativamente novo no que diz respeito à aplicação tecnológica para fins preventivos. Segundo Gil (2008), esse tipo de pesquisa visa proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito.

3.2 Técnica de Pesquisa

Foi utilizada a pesquisa documental e bibliográfica, com base na análise de livros, artigos acadêmicos, dissertações, teses, relatórios técnicos e publicações de órgãos especializados, como a ONU, CRED e instituições de pesquisa em tecnologia e meio ambiente. Os materiais foram selecionados com base na sua relevância científica e atualidade, priorizando estudos publicados entre 2010 e 2024.

3.3 Procedimentos de Coleta de Dados

A coleta de dados ocorreu por meio de buscas em bases acadêmicas como Scielo, Google Scholar, IEEE Xplore e SpringerLink, utilizando palavras-chave como "Inteligência Artificial", "desastres naturais", "machine learning", "prevenção de riscos", "alerta precoce", "IA ambiental", entre outras. A seleção incluiu materiais em português e inglês, com foco em estudos que apresentassem aplicações práticas, resultados mensuráveis e discussões sobre os benefícios e limitações da IA.

3.4 Análise dos Dados

A análise qualitativa da literatura permitiu identificar aplicações concretas da Inteligência Artificial no monitoramento e prevenção de desastres naturais. Dois casos emblemáticos são o uso da IA no Japão para a previsão de terremotos e na Índia para a gestão de enchentes.

No Japão, um país altamente suscetível a terremotos, sistemas baseados em redes neurais vêm sendo empregados para analisar dados sísmicos em tempo real e prever tremores com poucos segundos de antecedência. Um exemplo é o sistema de Alerta Antecipado de Terremotos da Agência Meteorológica Japonesa, que utiliza algoritmos de aprendizado de máquina para interpretar sinais iniciais (ondas P) e prever a magnitude e localização de tremores. Segundo Shirzadi et al. (2019), essas soluções podem ganhar até 30 segundos de antecedência, o suficiente para parar trens, desligar equipamentos industriais e emitir alertas à população.

Na Índia, a aplicação da IA tem sido crucial para enfrentar o aumento da frequência e intensidade de inundações. Em Mumbai e outras regiões costeiras, modelos preditivos baseados em aprendizado profundo (deep learning) vêm sendo utilizados para monitorar níveis de chuvas, marés e ocupação urbana, permitindo alertas com maior precisão e antecedência. Kumar et al. (2020) destacam que essas ferramentas, integradas a dados de sensores e imagens de satélite, têm aumentado significativamente a capacidade de resposta das autoridades locais.

Esses exemplos reforçam o potencial transformador da IA na gestão de riscos ambientais, demonstrando que, com investimento em infraestrutura e dados de qualidade, é possível mitigar os impactos de desastres naturais, salvar vidas e proteger infraestruturas críticas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da revisão bibliográfica e da análise de estudos de caso, foi possível identificar padrões relevantes, desafios recorrentes e oportunidades emergentes na aplicação da Inteligência Artificial para a prevenção de desastres naturais. Os resultados obtidos reforçam a importância da IA como ferramenta estratégica na redução de riscos e no fortalecimento da resiliência urbana e ambiental.

4.1 Contribuições da IA para a Prevenção de Desastres

Os dados analisados demonstram que os algoritmos de IA, especialmente os de aprendizado de máquina e redes neurais, têm potencial para prever com maior precisão eventos como enchentes, terremotos e deslizamentos. Conforme apontado por Shirzadi et al. (2019), a capacidade preditiva da IA no Japão permitiu ganhos importantes no tempo de resposta a terremotos. Na Índia, como discutido por Kumar et al. (2020), o uso de sistemas baseados em IA ajudou a antecipar alagamentos em áreas urbanas densamente povoadas, permitindo evacuações rápidas e planejamento de contingência.

Tais aplicações confirmam e fortalecem os argumentos da literatura, que apontam a IA como um dos pilares para o avanço da gestão de riscos ambientais (BRITO, 2020; GOMES, 2019).

4.2 Desafios Técnicos e Éticos

Apesar do avanço significativo, os resultados também revelam entraves importantes. Entre os principais desafios técnicos estão a necessidade de grandes volumes de dados de qualidade, a integração com sensores e infraestrutura urbana, além da necessidade de atualização constante dos modelos preditivos.

Em termos éticos, emergem preocupações quanto à privacidade dos dados utilizados, à transparência dos algoritmos e à possibilidade de discriminação algorítmica em áreas socialmente vulneráveis. Isso se alinha aos debates teóricos abordados por Floridi e Cowls (2021), que alertam para os riscos de decisões automatizadas sem supervisão humana em contextos críticos como o de desastres naturais.

4.3 Validação dos Estudos de Caso

Os casos do Japão e da Índia são exemplares não apenas pela inovação tecnológica, mas pelo modelo de governança envolvido. Ambos os países possuem estruturas institucionais

robustas que permitem a aplicação da IA em larga escala e com confiabilidade. Esses fatores são cruciais para a validação dos sistemas e sua aceitação pela população.

Dessa forma, os resultados sugerem que a replicabilidade das tecnologias de IA em outros países depende não só de avanços técnicos, mas também de políticas públicas, financiamento contínuo e uma cultura institucional favorável à ciência de dados.

4.4 Síntese Crítica dos Resultados

Em síntese, os resultados da pesquisa reforçam os achados da literatura que apontam a Inteligência Artificial como uma aliada promissora na gestão de desastres naturais, especialmente quando combinada com políticas públicas eficientes e infraestrutura adequada. No entanto, a aplicação da tecnologia ainda está limitada a contextos com alto grau de desenvolvimento técnico e institucional. Isso indica a necessidade de adaptação dos modelos de IA para diferentes contextos socioeconômicos e institucionais, especialmente em países em desenvolvimento.

5. CONCLUSÃO (OU CONSIDERAÇÕES FINAIS)

Este artigo teve como objetivo principal analisar o papel da Inteligência Artificial na prevenção e mitigação de desastres naturais, com foco em deslizamentos, terremotos, enchentes e tsunamis. Por meio de uma abordagem qualitativa, com revisão bibliográfica sistemática e análise documental, buscou-se compreender como diferentes países têm adotado estratégias tecnológicas baseadas em IA para lidar com catástrofes ambientais, com ênfase nos casos do Japão, da Índia e do Brasil.

Os resultados revelaram que o Japão apresenta uma infraestrutura avançada no uso de IA para a previsão sísmica, com integração entre sensores, redes neurais e sistemas de alerta em tempo real. A Índia, ainda que enfrente limitações estruturais, tem se destacado no uso de machine learning para previsão de enchentes, principalmente em áreas urbanas. O Brasil, por sua vez, mostra potencial desenvolvimento, mas ainda enfrenta desafios significativos relacionados à fragmentação de dados, à falta de investimento e à baixa integração entre instituições públicas e privadas.

As análises permitem concluir que a IA representa um recurso promissor e eficaz no combate aos efeitos dos desastres naturais, sobretudo quando aliada à governança, políticas públicas eficientes e uma infraestrutura de dados sólida. No entanto, limitações como a escassez

de dados históricos em algumas regiões, o alto custo de implementação e a necessidade de mão de obra qualificada ainda são obstáculos relevantes, principalmente em países em desenvolvimento.

Como sugestão para pesquisas futuras, propõe-se investigar a aplicação da IA em tempo real para tomada de decisão em centros de gerenciamento de risco, bem como explorar o impacto social do uso dessas tecnologias em comunidades vulneráveis. Seria relevante aprofundar os estudos em cooperação internacional e transferência tecnológica como ferramentas para reduzir desigualdades no acesso a soluções inteligentes de prevenção.

REFERÊNCIAS

- BASTOS, T. C.; BASTOS, C. A. C. **Inteligência Artificial e desastres naturais: uma análise da prevenção e mitigação de riscos**. São Paulo: Atlas, 2021.
- BRITO, M. P. de. **Aplicações de machine learning em desastres naturais: estudo de caso no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, 2020.
- CHAKRABORTY, S. et al. **Application of Artificial Intelligence in Flood Forecasting in India**. *Journal of Environmental Management*, v. 260, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720301552>. Acesso em: 05 abr. 2025.
- KUMAR, A.; TRIPATHI, S. **Integration of AI with GIS for Disaster Management in Urban India**. *Procedia Computer Science*, v. 167, p. 1994–2003, 2020.
- KUMAR, S. et al. **AI-based earthquake prediction model for Japan: a deep learning approach**. *Seismological Research Letters*, v. 92, n. 2A, p. 612–619, 2021. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/srl/article/92/2A/612/595643>. Acesso em: 05 abr. 2025.
- MACHADO, D. R.; PEREIRA, J. R. **Inteligência Artificial e Desastres Naturais: Cenários e Perspectivas**. Belo Horizonte: UFMG, 2022.
- MIZUNO, K. **Smart disaster management in Japan using AI and Big Data**. In: *Proceedings of the International Conference on Disaster Risk Reduction and AI Technologies*, Tóquio, 2021.
- OLIVEIRA, M. C. de; SOUZA, P. R. **Sistemas inteligentes e políticas públicas para a redução de desastres no Brasil**. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 13, n. 2, p. 113–127, 2022.
- SILVA, L. M.; NASCIMENTO, F. A. **Desastres naturais e tecnologias emergentes: uma abordagem comparativa**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2023.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Plano Nacional de Internet das Coisas: Caderno Setorial – Cidades Inteligentes**. Brasília: MCTI, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/assuntos/inovacao/internet-das-coisas/publicacoes>. Acesso em: 05 abr. 2025.

WORLD BANK. **Artificial Intelligence in Disaster Response: Applications and Challenges.** Washington, DC: World Bank Group, 2020. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34479>. Acesso em: 05 abr. 2025.

GOVERNO DO JAPÃO. Japan Meteorological Agency (JMA). **Earthquake Early Warning (EEW).** Tóquio: JMA, 2024. Disponível em: <https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/eew.html>. Acesso em: 05 abr. 2025.

GOVERNO DA ÍNDIA. Ministry of Earth Sciences. **Artificial Intelligence Strategy for Disaster Risk Reduction.** Nova Deli: MoES, 2023. Disponível em: <https://moes.gov.in>. Acesso em: 05 abr. 2025.