

REGULAÇÃO JURÍDICA DA IA NA MITIGAÇÃO DE DESASTRES CLIMÁTICOS: ANÁLISE DOS VIÉS GLOBAIS E BRASILEIROS

LEGAL REGULATION OF AI FOR DISASTER MITIGATION: AN ANALYSIS OF GLOBAL AND BRAZILIAN BIASES

Wesley Antonio Gonçalves *

RESUMO: Este estudo analisou a literatura e o estado da arte na aplicação da Inteligência Artificial (IA) na gestão de desastres climáticos, destacando as lacunas regulatórias e tecnológicas no Brasil. O objetivo foi examinar como a IA pode aprimorar a previsão e resposta a desastres dentro de um contexto que permita a segurança jurídica por meio de marcos regulatórios. Utilizando uma metodologia qualitativa interpretativista e descritiva, realizou-se uma revisão sistemática da literatura e análise crítica das legislações vigentes por meio da técnica de análise de conteúdo de Bardin (2011). Os resultados indicaram que a integração da IA pode otimizar a gestão de desastres, mas exige um arcabouço legal robusto, adaptado às particularidades tecnológicas e ambientais do Brasil. A análise hermenêutica das legislações destacou a importância de uma interpretação flexível e adaptativa das normas jurídicas, promovendo segurança jurídica e proteção de dados no uso de tecnologias emergentes.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial; Gestão de Desastres Climáticos; Regulação Jurídica.

ABSTRACT: This study analyzed the literature and the state of the art in the application of Artificial Intelligence (AI) in disaster management, highlighting the regulatory and technological gaps in Brazil. The objective was to examine how AI can enhance disaster prediction and response within a context that ensures legal security through regulatory frameworks. Using a qualitative, interpretivist, and descriptive methodology, a systematic literature review and a critical analysis of current legislation were conducted using Bardin's (2011) content analysis technique. The results indicated that integrating AI can optimize disaster management but requires a robust legal framework adapted to Brazil's technological and environmental particularities. The hermeneutic analysis of the legislation emphasized the importance of a flexible and adaptive interpretation of legal norms, promoting legal security and data protection in the use of emerging technologies.

KEYWORDS: Artificial Intelligence; Climate Disasters Management; Legal Regulation.

274

SUMÁRIO: Introdução. 1 A mudança climática e a mobilidade humana. 2 Aspectos metodológicos. 3 Referencial teórico. 3.1 O estado da arte sobre o tema. 3.2 Revisão sistemática da literatura. 3.2.1. Desastres climáticos e Direito Ambiental. 3.2.2 Desastres climáticos, definição e impactos. 3.2.3 Consequências sociais e ambientais. 3.2.4 Inteligência Artificial na gestão de desastres. 3.2.5 Pesquisas recentes e desafios jurídicos. 3.2.6 Ações globais e o contexto brasileiro. 3.2.7 Modelos Preditivos, Análise de Dados e Otimização de Recursos em Desastres. 3.2.8 Exemplos Práticos de IA na Prevenção e Resposta a Desastres Climáticos. 3.2.9 Dos aspectos jurídicos a legislação nacional. a) Análise das Leis Relacionadas a Desastres Climáticos e IA. b) Desafios e propostas, problemas regulatórios. c) Hermenêutica jurídica. 4 Análise e discussão dos resultados. 5 Considerações finais. Referências.

INTRODUÇÃO

A crescente intensidade dos desastres climáticos, exacerbada pelas mudanças globais, desafia significativamente a gestão ambiental e a proteção de populações vulneráveis. Eventos como inundações, secas, tempestades e incêndios florestais causam impactos devastadores, exigindo respostas rápidas e eficazes. A aplicação da Inteligência Artificial (IA) na previsão e mitigação desses eventos surge como uma solução

* Advogado OAB/MG nº.226566, Professor Doutor no Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM, Campus Patrocínio. Membro de Comitê de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação. Membro de Comissões Gestoras de Pós-Graduação. Avaliador de Cursos Superiores pelo INEP/MEC. Parecerista Ad-hoc e membro de equipe editorial em periódicos Qualis CAPES. Pesquisador - CNPq. Membro de Grupo de Pesquisa. Lattes iD <http://lattes.cnpq.br/2614763812696687>.

promissora, capaz de transformar a gestão de desastres com previsões precisas e respostas eficientes.

A interseção entre IA e desastres climáticos combina tecnologias avançadas de análise de dados com a necessidade urgente de aprimorar a resposta a eventos extremos. Este estudo explora essa interseção, destacando como a IA pode ser integrada na gestão de desastres para melhorar a resiliência e minimizar impactos negativos. Além disso, aborda a importância dos aspectos jurídicos e regulatórios necessários para regulamentar a aplicação dessas tecnologias.

Por meio de estudos realizados em um projeto de ensino de uma instituição federal, percebeu-se uma lacuna significativa na compreensão de como a IA pode ser integrada de forma eficaz nas políticas públicas e no arcabouço jurídico para melhorar a resposta a desastres naturais. Assim, este artigo trata da aplicação da IA na gestão de desastres climáticos, focando na análise e na falta de clareza de mecanismos regulatórios que facilitem sua implementação no Brasil. A legislação existente, como a Lei de Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), embora abrangente, não aborda especificamente os requisitos da IA criando barreiras para sua adoção eficaz.

A regulação jurídica diante dos avanços tecnológicos e desafios climáticos é crucial. A legislação deve acompanhar a evolução tecnológica, garantindo proteção de dados, segurança jurídica e eficácia das soluções tecnológicas aplicadas à gestão de desastres. A análise hermenêutica deste estudo considera a interpretação e aplicação das normas jurídicas no contexto das mudanças climáticas e inovações tecnológicas, promovendo segurança jurídica e proteção dos direitos fundamentais.

Nesse sentido, o problema de pesquisa eleito para este estudo é a lacuna regulatória e tecnológica que impede a implementação eficaz da IA na gestão de desastres climáticos no Brasil. A infraestrutura tecnológica insuficiente e a falta de capacitação profissional também limitam a capacidade de prever e mitigar os impactos dos desastres climáticos de forma eficiente.

A importância deste estudo reside na contribuição para a gestão de desastres climáticos. A adoção da IA pode otimizar a alocação de recursos e minimizar danos sociais e ambientais. Cientificamente, o estudo contribui para o conhecimento sobre a aplicação de tecnologias emergentes em contextos de desastres, oferecendo insights valiosos para formuladores de políticas, pesquisadores e profissionais da área.

O objetivo deste estudo foi analisar como a IA pode auxiliar na gestão de desastres climáticos, promovendo discussões e análise jurídica a respeito da regulamentação que suporte sua implementação eficaz no Brasil, visando reduzir impactos negativos e aumentar a resiliência das comunidades vulneráveis.

2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para um artigo de natureza científica, a metodologia deve estar claramente alinhada com as concepções e conjecturas que se orientam para a realidade estudada. É essencial considerar as percepções sobre os aspectos socioculturais na produção do conhecimento que fundamenta uma pesquisa (SACCOL, 2009).

Este estudo adotou a abordagem qualitativa-descritiva sob a ótica interpretativista para analisar a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na gestão de desastres climáticos e a regulação jurídica associada (CRESWELL, 2013; GODOI, BANDEIRA-DE-MELO e SILVA, 2010; POUPART et al., 2008). Esta abordagem permite diversas interpretações hermenêuticas sobre os mecanismos jurídicos, sejam eles principiológicos ou normativos.

A pesquisa qualitativa foi escolhida por sua capacidade de analisar e interpretar dados sem quantificá-los estatisticamente, proporcionando uma compreensão progressiva e multifacetada (LAKATOS, 2003). A postura do pesquisador é central nesse método, interagindo ativamente com a realidade dos sujeitos (GODOI, BANDEIRA-DE-MELO e SILVA, 2010). Desta forma, optou-se pela realização de hermenêuticas e inferências que se emergiram dos dados.

Além disso, utilizou-se a revisão sistemática da literatura para descrever fenômenos qualitativos e responder a perguntas estruturadas por meio de métodos

sistemáticos e transparentes (CLARKE, 2001). As buscas foram realizadas nas bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (SciELO-BRASIL) e em revistas científicas jurídicas indexadas no QUALIS CAPES, utilizando palavras-chave como "Desastres Climáticos" and (e) / or (ou) "Inteligência Artificial" and (e) / or (ou) "legislação climática" para recuperar estudos relevantes.

Os dados coletados foram analisados seguindo técnicas de análise de conteúdo (BARDIN, 2011), permitindo identificar informações ocultas nos textos e compreender suas implicações.

A revisão sistemática envolveu a leitura de títulos, resumos e textos completos, selecionando os estudos que apresentavam relevância para a pesquisa e excluindo aqueles que não tinham relação com o tema.

O processo metodológico descrito visa garantir a rigorosidade científica e a validade dos resultados, fornecendo uma base sólida para as análises, hermenêuticas e discussões apresentadas neste estudo.

277

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O ESTADO DA ARTE SOBRE O TEMA

A revisão do estado da arte sobre a interseção entre desastres climáticos, Inteligência Artificial (IA) e direito revela uma diversidade de abordagens e contribuições significativas de autores clássicos e estudos recentes. Estudos específicos demonstram que a IA tem o potencial de transformar a gestão de desastres de maneira profunda, e essa seção será revisada e ampliada para abordar em maior profundidade o potencial dessa tecnologia, destacando a necessidade de um arcabouço regulatório robusto e uma aplicação eficaz de tecnologias emergentes, no qual foi compilado e sintetizado por meio do quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Publicações que revelam o estado da arte

FONTE	ASSUNTO	CONTEXTO DO ESTUDO
Fonseca, M. (2024)	Direito civil e desastres climáticos	Explorou como o direito civil pode ser ajustado para lidar com os desafios legais emergentes de desastres climáticos, destacando a necessidade de normas legais mais específicas para proteger vidas e direitos durante eventos extremos.
Carvalho, D. W. (2024)	Gestão de desastres naturais	Discutiu a importância do ciclo de gerenciamento de riscos no direito dos desastres, enfatizando a prevenção e a resposta eficaz para minimizar os impactos dos desastres.
Carvalho, D. W. (2024)	Direito dos Desastres no Brasil	Explicou como a legislação brasileira, especialmente a Lei de Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, foca na prevenção e mitigação de desastres climáticos, destacando a vulnerabilidade das comunidades afetadas.
Ruschemeier (2024)	IA na pesquisa de desenvolvimento sustentável	Analisou a transparência e a confiabilidade dos sistemas de IA na pesquisa de desenvolvimento sustentável, destacando a importância de gerenciar os riscos associados às novas tecnologias para beneficiar tanto as pessoas quanto o planeta.
MCTI (2024)	Ocorrências de desastres no Brasil	Relatou o aumento das ocorrências de desastres hidrológicos e geológicos em 2023, destacando a importância do monitoramento contínuo e da emissão de alertas para a mitigação dos impactos desses eventos.
IPCC (2024)	Mudanças Climáticas e Cidades	Descreveu a colaboração de cientistas brasileiras na elaboração de um relatório especial sobre mudanças climáticas e cidades, enfatizando a vulnerabilidade das áreas urbanas às mudanças climáticas devido à concentração populacional e infraestruturas críticas.
Ruschemeier (2023)	Regulação jurídica da IA	Discutiu os desafios legais na definição e regulação da IA enfatizando a necessidade de uma abordagem regulatória que considere as características específicas de diferentes aplicações de IA para garantir segurança e eficácia.
Ramos, D. (2021)	Responsabilidade civil dos fornecedores de IA	Analisou a possibilidade de responsabilização dos fornecedores de tecnologias de IA no mercado de consumo, abordando os desafios jurídicos da transformação digital da sociedade.

García e Garcia (2021)	VR e AR na gestão de desastres naturais	Explorou o uso de tecnologias de Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR) para melhorar a gestão de emergências em desastres naturais, permitindo simulações realistas para treinamento e resposta eficaz.
Almada, M. (2021)	Regulação da IA	Estudou a regulação da IA no contexto do direito internacional.
Rosa, A. M. (2020)	Desafios da IA na Administração Pública	Estudou a aplicação da IA na administração pública, observando os princípios da boa administração e a concretização de direitos fundamentais, especialmente na gestão de desastres.
Martinez, J. (2019)	IA para prevenção de desastres naturais	Analisou o potencial da IA na previsão e prevenção de desastres naturais, destacando sua capacidade de analisar grandes volumes de dados e fornecer previsões precisas.

Fonte: SciELO, Periódicos Qualis/CAPES e Academia.edu.

As publicações selecionadas foram escolhidas com base em critérios claros e objetivos, incluindo relevância histórica e impacto social, disponibilidade e qualidade dos dados, diversidade de tipos de desastres e contribuição para a discussão jurídica e tecnológica. Priorizaram-se eventos com grande impacto em termos de perdas humanas, econômicas e ambientais, garantindo que a análise abordasse situações de relevância prática para a gestão de riscos. Também foi essencial considerar publicações que apresentassem dados substanciais e confiáveis, assegurando a validade das análises. A diversidade de tipos de desastres, como inundações, secas e incêndios florestais, visou demonstrar a aplicabilidade da IA em diferentes contextos. Além disso, publicações que contribuíssem para a discussão dos desafios regulatórios e tecnológicos da integração da IA na gestão de desastres foram incluídas, alinhando a análise à necessidade de segurança jurídica e eficiência nas respostas a emergências climáticas. Esses critérios garantiram uma abordagem abrangente e fundamentada para explorar o uso da IA na mitigação de desastres ambientais.

Ao resgatar as publicações dos últimos cinco anos a respeito dos assuntos/temas, percebe-se que, houve uma carência quanto a essa área de pesquisa, o que já demonstra certa relevância e justificativa para continuidade do presente estudo. No entanto, as

poucas publicações sintetizam uma gama de estudos que abordam a interseção entre desastres climáticos, IA e direito, refletindo a complexidade e a multidimensionalidade desse campo de pesquisa. Vale ressaltar que, esta busca não foi realizada no intuito de tornar o estudo de cunho bibliométrico, mas sim proporcionar ao pesquisador um prévio conhecimento sobre os estudos e os seus direcionamentos, contribuindo assim para a análise e discussão do objetivo proposto.

Nesta perspectiva, observa-se que as pesquisas evidenciam a necessidade de continuar explorando a interseção entre desastres climáticos, IA e direito. Logo, este estudo se faz relevante porque aborda diretamente as lacunas existentes, propondo analisar tais questões. Ao combinar análises tecnológicas e jurídicas, o estudo oferece uma visão integrada essencial, não apenas para gerar contribuição para a literatura existente, mas também serve como uma fonte secundária valiosa para novos estudos sobre essa vertente. Desta forma, as recomendações propostas podem orientar futuras pesquisas e o desenvolvimento de políticas públicas, gerando contribuições significativas para a mitigação e gestão de desastres climáticos em um mundo cada vez mais impactado pelas mudanças climáticas.

280

3.2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA CLÁSSICA

3.2.1 Desastres Climáticos e Direito Ambiental

Autores como Délton Winter de Carvalho, Édis Milaré e Paulo Affonso Leme Machado, são referências fundamentais no campo do direito ambiental brasileiro. Carvalho (2020) destaca a importância da legislação na prevenção e mitigação de desastres naturais, enfatizando a Lei de Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Milaré (2015) aborda as bases jurídicas para a proteção do meio ambiente, ressaltando a importância de uma legislação robusta e eficaz. Machado (2014) complementa essa discussão, destacando a necessidade de atualização contínua da legislação ambiental para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas.

Esses autores oferecem uma base epistemológica sólida, evidenciando a necessidade de um arcabouço jurídico robusto que abranja a prevenção, a mitigação e a resposta a desastres naturais. A legislação ambiental deve ser continuamente atualizada e integrada com políticas públicas para garantir uma resposta eficaz e coordenada.

3.2.2 Desastres Climáticos, Definição e Impactos

Desastres climáticos incluem eventos extremos como inundações, secas, tempestades, furacões, tsunamis, deslizamentos de terra e incêndios florestais. Esses eventos são frequentemente exacerbados pelas mudanças climáticas, que aumentam sua frequência e intensidade (IPCC, 2024).

Inundações são causadas por chuvas intensas, transbordamento de rios ou falhas em barragens. Secas resultam da falta prolongada de precipitação. Tempestades e furacões são sistemas climáticos intensos com ventos fortes e precipitações pesadas. Tsunamis são ondas gigantes provocadas por terremotos ou erupções vulcânicas submarinas. Deslizamentos de terra ocorrem em encostas íngremes após chuvas fortes. Incêndios florestais são comuns em períodos secos e quentes, muitas vezes agravados por atividades humanas (Carvalho, 2020).

281

3.2.3 Consequências Sociais e Ambientais

Os desastres climáticos têm impactos devastadores. Socialmente, resultam em perdas de vidas, deslocamento de populações, destruição de infraestrutura e aumento da pobreza. Ambientalmente, causam degradação de ecossistemas, perda de biodiversidade, poluição de água e solo, e destruição de habitats naturais (Milaré, 2015).

Inundações podem levar à contaminação de fontes de água potável e à disseminação de doenças transmitidas pela água (MCTI, 2024). Secas afetam a agricultura, provocando escassez de alimentos e fome (BRASIL, 2018). Tempestades e furacões destroem habitações, redes elétricas e outras infraestruturas essenciais (NOAA,

2018). Tsunamis devastam áreas costeiras, destruindo vidas e bens (BMKG, 2019). Deslizamentos de terra soterram comunidades e destroem estradas e pontes (G1, 2022). Por sua vez, incêndios florestais resultam em perda de florestas, emissão de grandes quantidades de carbono e destruição de propriedades (IBAMA, 2020).

O quadro 2 a seguir resume as principais catástrofes e as suas implicações legais.

Quadro 2: Casos relevantes e suas implicações legais.

CASO	ASSUNTO	FONTE
Inundação em Petrópolis (2022)	Em fevereiro de 2022, a cidade de Petrópolis, no Rio de Janeiro, foi atingida por uma forte tempestade que resultou em inundações devastadoras. A tragédia causou mais de 230 mortes e deixou milhares de desabrigados. A falta de infraestrutura adequada e a ocupação irregular de áreas de risco foram fatores agravantes. Legalmente, o evento destacou a necessidade de revisão e rigor na aplicação das políticas de ocupação do solo e planejamento urbano	(G1, 2022)
Seca no Nordeste Brasileiro (2015-2017)	A seca prolongada entre 2015 e 2017 no Nordeste do Brasil causou enormes prejuízos à agricultura, resultando em crises de abastecimento de água e insegurança alimentar. Legalmente, a situação levou à implementação de políticas de emergência, como programas de auxílio financeiro aos agricultores e investimentos em infraestrutura hídrica. A seca também ressaltou a importância de políticas de gestão sustentável da água e adaptação às mudanças climáticas	(BRASIL, 2018)
Incêndios Florestais na Amazônia (2019)	Os incêndios florestais que assolaram a Amazônia em 2019 chamaram a atenção mundial para a devastação da floresta tropical. Esses incêndios foram exacerbados pelo desmatamento ilegal e pela falta de fiscalização ambiental. Legalmente, o evento resultou em pressões internacionais sobre o Brasil para fortalecer suas políticas ambientais e de conservação. O governo foi compelido a intensificar as ações de combate ao desmatamento e aumentar a fiscalização sobre atividades ilegais	(IBAMA, 2020)
Tempestade Harvey nos Estados Unidos (2017)	O furacão Harvey, que atingiu o Texas em agosto de 2017, causou inundações catastróficas, resultando em mais de 100 mortes e danos materiais estimados em 125 bilhões de dólares. As implicações legais incluíram reformas nas políticas de construção e zoneamento para	(NOAA, 2018)

	áreas propensas a inundações, além de debates sobre a necessidade de melhorias nos sistemas de alerta e resposta a desastres	
Tsunami em Palu, Indonésia (2018)	Em setembro de 2018, um terremoto seguido de tsunami atingiu Palu, na Indonésia, causando a morte de mais de 4.300 pessoas e deslocando milhares. A resposta legal envolveu a revisão das políticas de construção em áreas costeiras e a implementação de sistemas de alerta precoce mais eficientes. O evento também destacou a importância da educação e preparação das comunidades para desastres naturais	(BMKG, 2019)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas fontes citadas.

O quadro 2 apresenta uma análise de casos relevantes de desastres climáticos e suas implicações legais. Cada caso evidencia a complexidade e a urgência na implementação de políticas eficazes para a gestão de desastres. A inundação em Petrópolis, a seca no Nordeste Brasileiro, os incêndios florestais na Amazônia, a tempestade Harvey nos Estados Unidos e o tsunami em Palu, Indonésia, destacam falhas na infraestrutura, ocupação irregular, e a necessidade de políticas de emergência e fiscalização rigorosa.

Esses eventos sublinham a importância de uma abordagem integrada que combine a utilização de tecnologias avançadas, como a IA, com um arcabouço jurídico robusto, adaptado às necessidades e particularidades de cada contexto regional, para minimizar os impactos dos desastres climáticos e aumentar a resiliência das comunidades afetadas.

3.2.4 Inteligência Artificial na Gestão de Desastres

Estudos de autores como Peter H. Gleick, Harold Brookfield e Lawrence Susskind exploram a aplicação da IA na gestão de desastres. Gleick (2018) discute a aplicação da IA no monitoramento de recursos hídricos e na previsão de eventos hidrológicos extremos, destacando a capacidade da IA de fornecer previsões precisas e em tempo real. Brookfield (2019) pesquisou sobre a IA na análise de grandes volumes de dados ambientais, apontando que a IA pode ajudar a compreender e prever padrões climáticos extremos. Susskind (2020) discute a integração da IA na mediação de conflitos

ambientais, facilitando a tomada de decisões informadas e a construção de consenso entre diferentes *stakeholders*.

Esses autores destacam a importância da IA na análise e previsão de desastres, evidenciando sua capacidade de melhorar a resiliência e a resposta a eventos catastróficos. A integração de IA em modelos de previsão climática pode melhorar significativamente a resiliência das comunidades vulneráveis.

3.2.5 Pesquisas Recentes e Desafios Jurídicos

Pesquisas recentes, como as relatadas pelo MCTI (2024) e o IPCC (2024), confirmam o aumento das ocorrências de desastres naturais e a necessidade de monitoramento contínuo. Fonseca (2024) explora ajustes no direito civil para enfrentar desafios legais emergentes, enquanto Carvalho (2024) enfatiza a importância do ciclo de gerenciamento de riscos no direito dos desastres. Martinez (2019) e Rosa (2020) destacam o potencial da IA na previsão e prevenção de desastres, enquanto Ramos (2021) discute a responsabilidade civil dos fornecedores de tecnologias de IA.

Neste contexto, as pesquisas e a literatura revisada mostram um consenso sobre a importância de monitoramento contínuo, emissão de alertas e uso de tecnologias avançadas para prever e mitigar os impactos dos desastres naturais.

O papel da IA na gestão de desastres é destacado em vários estudos. Ela pode oferecer ferramentas poderosas para a análise de grandes volumes de dados, proporcionando previsões precisas e em tempo real que são essenciais para a resposta rápida e eficaz aos desastres naturais (POSADINU, 2023). Além disso, a aplicação de tecnologias como Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR) pode melhorar significativamente o treinamento e a preparação para emergências, oferecendo simulações realistas que ajudam a aprimorar as estratégias de resposta (García e García, 2021).

No entanto, a integração dessas tecnologias enfrenta desafios jurídicos significativos. A literatura revela a necessidade de um arcabouço regulatório que suporte

a utilização de IA e outras tecnologias emergentes na gestão de desastres. Isso inclui a definição de responsabilidades, a proteção de direitos fundamentais e a criação de normas específicas que considerem as características únicas das diferentes aplicações de IA (Fonseca, 2024; Ruschemeier, 2023).

3.2.6 Ações Globais e o Contexto Brasileiro

Os Estados ao redor do mundo têm adotado diversas abordagens para integrar tecnologias emergentes na gestão de desastres climáticos. Na União Europeia, a Estratégia de Adaptação às Mudanças Climáticas 2021 enfatiza a importância da IA e de outras tecnologias digitais para monitorar, prever e mitigar os impactos de desastres climáticos. Além disso, a Comissão Europeia propôs a Lei de IA, que visa regulamentar a utilização de sistemas de IA de alto risco, incluindo aqueles usados na gestão de desastres (European Commission, 2021).

Nos Estados Unidos, a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) utiliza tecnologias de IA para melhorar as previsões meteorológicas e climáticas (NOAA, 2021). A *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) tem investido em sistemas baseados em IA para otimizar a resposta a desastres e a recuperação de comunidades afetadas (FEMA, 2021).

O Estado do Japão, conhecido por sua propensão a desastres naturais como terremotos e tsunamis, a IA é utilizada para fortalecer os sistemas de alerta precoce e melhorar a coordenação de resposta a desastres. O governo japonês implementou programas para integrar IA em suas estratégias nacionais de gestão de riscos (Japão, 2021).

Por sua vez, no Brasil, o governo e os pesquisadores têm avançado em diversas frentes para integrar tecnologias de IA na gestão de desastres climáticos. O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), utiliza tecnologias de IA para monitorar riscos de desastres e emitir alertas precoces (MCTI, 2024). O relatório do

MCTI (2024) destaca o aumento das ocorrências de desastres e a necessidade de aprimorar os sistemas de monitoramento e alerta.

Além disso, iniciativas acadêmicas têm explorado o potencial da IA na gestão de desastres. Martinez (2019) analisou o uso de IA na previsão e prevenção de desastres naturais, destacando como a tecnologia pode analisar grandes volumes de dados meteorológicos para fornecer previsões precisas em tempo real, enquanto Ramos (2021) discute a responsabilidade civil dos fornecedores de tecnologias de IA abordando os desafios jurídicos da transformação digital. Martinez (2019) demonstrou que o uso de redes neurais e algoritmos de *machine learning* permite identificar padrões que seriam imperceptíveis para os métodos tradicionais, aumentando a precisão das previsões e a capacidade de resposta. Logo, estes estudos são exemplos claro de como a IA pode ser usada para melhorar a gestão de desastres climáticos, reduzindo significativamente os danos potenciais.

Outro estudo relevante é o de Gleick (2018), que explorou a aplicação da IA no monitoramento de recursos hídricos e na previsão de eventos hidrológicos extremos, como enchentes e secas. Gleick (2018) destacou que a IA pode processar e analisar dados hidrológicos em tempo real, permitindo uma resposta rápida às variações climáticas e ajudando na alocação eficiente de recursos hídricos durante períodos de seca. Esse tipo de aplicação é especialmente relevante no contexto brasileiro, onde a gestão da água é crucial para mitigar os efeitos dos desastres climáticos.

Susskind (2020) analisou a integração da IA na mediação de conflitos ambientais, facilitando a tomada de decisões informadas e a construção de consenso entre diferentes stakeholders. Sua pesquisa mostrou que sistemas baseados em IA podem ser usados para modelar cenários futuros e avaliar as consequências de diferentes ações, ajudando tomadores de decisão a adotar medidas mais eficazes na gestão de desastres. Esse tipo de abordagem é essencial para aumentar a resiliência das comunidades vulneráveis e melhorar a governança ambiental.

Brookfield (2019) também contribuiu significativamente ao analisar a IA na interpretação de grandes volumes de dados ambientais para prever padrões climáticos

extremos. O estudo demonstrou que a análise de dados com IA pode ajudar a prever tempestades e outros eventos climáticos extremos com uma antecedência muito maior do que as técnicas convencionais. Esse tipo de previsão antecipada pode salvar vidas e permitir uma melhor preparação dos sistemas de resposta a emergências.

Além disso, um estudo conduzido pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA, 2021) forneceu um exemplo prático de como a IA estar sendo aplicada para melhorar as previsões meteorológicas. A NOAA utiliza redes neurais para interpretar grandes quantidades de dados meteorológicos, resultando em previsões mais precisas e na emissão de alertas antecipados. Esses avanços têm um impacto direto na capacidade de preparar e proteger comunidades contra desastres climáticos iminentes.

Pesquisas recentes realizadas pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) no Brasil também exploram o potencial da IA para melhorar o monitoramento de desastres naturais. No entanto, ao contrário de países como Estados Unidos e Japão, os estudos indicam que o Brasil enfrenta limitações significativas devido à falta de investimentos em infraestrutura tecnológica e capacitação profissional (MCTI, 2024). Para que o Brasil alcance um nível similar de eficácia, é necessário superar essas barreiras por meio de políticas públicas robustas que promovam a pesquisa e a implementação de tecnologias emergentes.

Ao aprofundar a análise da literatura, é possível concluir que a IA tem um potencial significativo para transformar a gestão de desastres climáticos, desde a previsão até a mitigação e resposta. Exemplos práticos, como os sistemas de previsão da NOAA, a integração de IA no Japão para a gestão de riscos e os avanços em monitoramento hidrológico demonstrados por Gleick (2018), mostram que a aplicação eficaz da IA pode não apenas salvar vidas, mas também aumentar a resiliência das comunidades. Todavia, para que isso ocorra, é fundamental que exista um arcabouço regulatório adequado e investimentos contínuos em infraestrutura e capacitação.

No entanto, o Brasil enfrenta desafios significativos na regulamentação e implementação dessas tecnologias. A legislação atual ainda precisa ser atualizada para

abordar as especificidades das tecnologias de IA e garantir uma integração eficaz nos sistemas de gestão de desastres. Fonseca (2024) e Carvalho (2024) ressaltam a necessidade de normas legais mais específicas e uma abordagem integrada de gestão de riscos.

Hermeneuticamente comparando as ações globais com o contexto brasileiro, é evidente que o Brasil está avançando na direção correta ao integrar tecnologias de IA na gestão de desastres. No entanto, o país ainda enfrenta desafios significativos, especialmente no que diz respeito à regulamentação e implementação eficaz dessas tecnologias. Enquanto países como a União Europeia e os Estados Unidos possuem estratégias mais robustas e regulamentações específicas para a IA, o Brasil precisa avançar mais rapidamente para alinhar suas políticas com as melhores práticas internacionais.

3.2.7 Modelos Preditivos, Análise de Dados e Otimização de Recursos em Desastres

288

A IA tem desempenhado um papel crucial na previsão e mitigação de desastres climáticos. Modelos preditivos baseados em IA utilizam grandes volumes de dados para prever a ocorrência de eventos climáticos extremos com maior precisão. A análise de dados possibilita a identificação de padrões e tendências, auxiliando na tomada de decisões rápidas e informadas.

Os sistemas de IA também são utilizados para otimizar a alocação de recursos durante e após desastres, garantindo uma resposta mais eficaz e eficiente. Por exemplo, a IA pode ser usada para prever a trajetória de furacões e tempestades, permitindo evacuações antecipadas e a proteção de infraestruturas críticas (Gleick, 2018; Brookfield, 2019).

3.2.8 Exemplos Práticos de IA na Prevenção e Resposta a Desastres Climáticos

Para apresentar exemplos realísticos, optou-se por compilar um quadro exemplificativo. Por tanto, o quadro 3 a seguir apresenta uma análise das aplicações

práticas da IA na prevenção e resposta a desastres climáticos. Estas tecnologias emergentes têm demonstrado um potencial significativo para melhorar a eficiência e precisão das medidas de mitigação e resposta a eventos climáticos extremos. A análise abrange diversas áreas, incluindo a previsão de inundações, o monitoramento de secas, a detecção de incêndios florestais, os sistemas de alerta de tsunamis, a análise de dados de tempestades e as simulações de desastres utilizando Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR).

Quadro 3: exemplos de utilização de IA para prever desastres climáticos

IA PARA	ANÁLISE	FONTE
Previsão de Inundações	Utilizando dados meteorológicos e de sensores de nível de água, sistemas de IA podem prever inundações com alta precisão, permitindo a emissão de alertas antecipados e a implementação de medidas de mitigação. Por exemplo, o sistema desenvolvido pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA) utiliza IA para monitorar condições climáticas e emitir alertas de inundações	(NOAA, 2021)
Monitoramento de Secas	A IA pode analisar dados de precipitação e umidade do solo para prever períodos de seca, auxiliando na gestão de recursos hídricos e na implementação de políticas de conservação. No Brasil, o sistema do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) utiliza IA para monitorar condições de seca e orientar a gestão de recursos hídricos	(MCTI, 2024)
Detecção de Incêndios Florestais	Sensores e drones equipados com IA podem detectar incêndios florestais em estágios iniciais, permitindo uma resposta rápida e eficiente para minimizar danos. Por exemplo, o sistema desenvolvido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) utiliza IA para monitorar áreas florestais e detectar focos de incêndio.	(IBAMA, 2020)
Sistemas de Alerta de Tsunami	Sistemas de IA integrados a redes de sensores submarinos podem prever a ocorrência de tsunamis, permitindo a evacuação antecipada de áreas costeiras e a minimização de perdas humanas e materiais. O sistema de alerta de tsunamis do Japão utiliza IA para analisar dados de sensores submarinos e emitir alertas precoces.	(JAPÃO, 2021)

Análise de Dados de Tempestades	Utilizando dados históricos e meteorológicos, sistemas de IA podem prever a formação e trajetória de tempestades. A Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) nos Estados Unidos desenvolveu um modelo preditivo que utiliza IA para analisar grandes volumes de dados meteorológicos, permitindo a previsão precisa de tempestades e a emissão de alertas antecipados. Isso permite que as autoridades locais tomem medidas preventivas, como evacuações e reforço de infraestrutura, para minimizar os impactos.	(NOAA, 2021)
Simulações de Desastres com Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR)	Tecnologias de IA integradas com VR e AR são utilizadas para criar simulações realistas de desastres. Essas simulações são usadas para treinamento de equipes de resposta a emergências, permitindo que pratiquem suas habilidades em ambientes virtuais seguros. Por exemplo, no Japão, simulações de terremotos e tsunamis são utilizadas para treinar equipes de resgate, melhorando sua prontidão e capacidade de resposta.	(JAPÃO, 2021)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas fontes citadas.

As aplicações de IA na gestão de desastres climáticos destacadas no quadro 3 mostram como estas tecnologias podem transformar a forma como as autoridades preveem e respondem a eventos extremos. A previsão de inundações pela NOAA, por exemplo, permite a emissão de alertas antecipados e a implementação de medidas preventivas que podem salvar vidas e reduzir danos materiais (NOAA, 2021). Similarmente, o monitoramento de secas pelo CEMADEN no Brasil auxilia na gestão eficiente dos recursos hídricos, mitigando os impactos das secas prolongadas (MCTI, 2024).

A detecção precoce de incêndios florestais através de sensores e drones equipados com IA, como implementado pelo IBAMA, facilita uma resposta rápida e eficaz, minimizando os danos ao meio ambiente (IBAMA, 2020). Os sistemas de alerta de tsunamis no Japão, que utilizam IA para analisar dados de sensores submarinos, permitem evacuações antecipadas, reduzindo significativamente as perdas humanas e materiais (Japão, 2021).

Além disso, a análise de dados de tempestades pela NOAA possibilita previsões precisas e medidas preventivas adequadas, como evacuações e reforço de infraestrutura

(NOAA, 2021). As simulações de desastres com VR e AR, utilizadas no Japão, proporcionam um ambiente seguro para o treinamento de equipes de resposta a emergências, melhorando sua prontidão e capacidade de resposta (Japão, 2021).

Esses exemplos evidenciam o papel crucial da IA na mitigação dos impactos dos desastres climáticos, ressaltando a necessidade de investimentos contínuos em infraestrutura tecnológica e capacitação profissional. Para maximizar os benefícios dessas tecnologias, é fundamental desenvolver um arcabouço regulatório que garanta a segurança jurídica e a proteção de dados, promovendo a integração eficaz da IA na gestão de desastres.

3.2.9 Dos Aspectos Jurídicos a Legislação Nacional

a) Análise das Leis Relacionadas a Desastres Climáticos e IA

A legislação vigente sobre desastres climáticos e o uso de IA é diversa e varia entre jurisdições, mas existe um esforço global para integrar novas tecnologias na gestão de desastres.

No Brasil, a Lei de Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608/2012) estabelece diretrizes para a gestão de desastres, enfatizando a prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Esta lei destaca a importância da cooperação entre os governos federal, estadual e municipal, além da participação da sociedade civil (Brasil, 2012).

A Lei nº 12.187/2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima, visa à adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, e incentiva a utilização de tecnologias avançadas para monitoramento e resposta a desastres climáticos (Brasil, 2009).

Recentemente, a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD, Lei nº 13.709/2018) passou a regulamentar o uso de dados pessoais, incluindo aqueles utilizados

por sistemas de IA, garantindo a privacidade e a proteção de informações sensíveis (Brasil, 2018).

Na União Europeia, a estratégia de adaptação às mudanças climáticas 2021 destaca a importância de tecnologias digitais, incluindo IA, para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas. A Comissão Europeia propôs a Lei de IA, que visa regulamentar o uso de sistemas de IA de alto risco, garantindo segurança, transparência e direitos fundamentais (European Commission, 2021).

Nos Estados Unidos, a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) e a *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) utilizam IA para melhorar previsões meteorológicas e a resposta a desastres. A legislação, como a Lei Stafford (*Stafford Disaster Relief and Emergency Assistance Act*), fornece um arcabouço legal para a gestão de desastres, incentivando o uso de tecnologias avançadas (NOAA, 2021).

No Japão, a Lei Básica de Gestão de Desastres (*Disaster Countermeasures Basic Act*) orienta a integração de tecnologias emergentes, como IA, em sistemas de alerta precoce e resposta a desastres, garantindo uma preparação e mitigação eficaz (Japão, 2021).

292

b) Desafios e Propostas, Problemas Regulatórios

A integração da IA na gestão de desastres climáticos apresenta vários desafios regulatórios. A falta de normas específicas para o uso de IA e a proteção de dados são questões críticas. Além disso, a definição de responsabilidades em caso de falhas nos sistemas de IA é uma área que necessita de atenção jurídica.

No Brasil, a LGPD estabelece diretrizes para a proteção de dados pessoais, mas ainda há necessidade de regulamentação específica para o uso de IA em contextos de gestão de desastres. Além disso, a falta de infraestrutura tecnológica e capacitação profissional são barreiras significativas (Brasil, 2018).

Para melhorar a integração da IA na gestão de desastres climáticos, é necessário desenvolver um marco regulatório específico que considere as peculiaridades dessas

tecnologias. Isso inclui a atualização das leis existentes para incorporar novas tecnologias, além de promover parcerias entre governo, academia e setor privado.

A criação de políticas públicas que incentivem a pesquisa e o desenvolvimento de IA aplicada à gestão de desastres é essencial. Além disso, é importante garantir que as tecnologias sejam transparentes e seguras, respeitando os direitos fundamentais e a privacidade dos dados.

c) Hermenêutica Jurídica

A análise jurídica das legislações nacionais e internacionais revela uma tendência crescente de integração de tecnologias emergentes na gestão de desastres climáticos. No Brasil, a legislação existente oferece uma base sólida, mas necessita de aprimoramentos para abordar as especificidades das tecnologias de IA.

A hermenêutica jurídica, que interpreta e aplica as normas jurídicas, deve considerar o contexto dinâmico das mudanças climáticas e das inovações tecnológicas. A interpretação das leis deve ser flexível e adaptativa, promovendo a segurança jurídica e a proteção dos direitos fundamentais.

A legislação internacional, como a proposta da Lei de IA na União Europeia, serve como referência para a criação de marcos regulatórios robustos e abrangentes. No entanto, é crucial adaptar essas normas ao contexto brasileiro, considerando as particularidades locais e os desafios específicos do país.

A integração efetiva da IA na gestão de desastres climáticos exige um esforço conjunto de todos os setores da sociedade, incluindo legisladores, reguladores, cientistas e a sociedade civil. Somente através de uma abordagem holística e colaborativa será possível enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e garantir a segurança e o bem-estar das populações vulneráveis.

Ao aprofundar a análise da literatura, é possível concluir que a IA tem um potencial significativo para transformar a gestão de desastres climáticos, desde a previsão até a mitigação e resposta. Exemplos práticos, como os sistemas de previsão da NOAA, a

integração de IA no Japão para a gestão de riscos e os avanços em monitoramento hidrológico demonstrados por Gleick (2018), mostram que a aplicação eficaz da IA pode não apenas salvar vidas, mas também aumentar a resiliência das comunidades. No entanto, para que isso ocorra, é fundamental que exista um arcabouço regulatório adequado e investimentos contínuos em infraestrutura e capacitação.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos dados coletados neste estudo revela que, embora existam avanços significativos na aplicação de IA na gestão de desastres climáticos, há ainda desafios complexos que precisam ser superados.

A legislação brasileira enfrenta vários limites significativos no que concerne ao uso da Inteligência Artificial (IA) para a gestão de desastres ambientais. Primeiramente, a Lei de Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608/2012) e a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais - LGPD (Lei nº 13.709/2018), embora essenciais, não abordam de forma específica os requisitos e desafios da integração da IA na gestão de desastres. A LGPD, por exemplo, impõe exigências rigorosas quanto ao uso e processamento de dados pessoais, que podem restringir a coleta e utilização de grandes volumes de dados necessários para algoritmos de IA. O uso de dados meteorológicos e de monitoramento ambiental para prever desastres muitas vezes exige a coleta de informações de indivíduos, como localização e outras características pessoais, o que entra em conflito com as diretrizes de privacidade e proteção de dados da LGPD. Essa limitação dificulta a utilização de ferramentas preditivas que dependem do uso massivo de dados para fornecer alertas antecipados de desastres.

Além disso, não existe atualmente um marco regulatório específico que estabeleça diretrizes claras para o uso de IA em situações de emergência e na mitigação de desastres. A ausência de uma regulamentação detalhada sobre responsabilidades e deveres no desenvolvimento e na utilização de sistemas de IA cria uma insegurança jurídica que dificulta a adoção dessa tecnologia em larga escala. Por exemplo, em um cenário de falha

do sistema de IA que resulte na falta de emissão de um alerta antecipado de desastres, não há clareza sobre quem seria o responsável legal — se os desenvolvedores do sistema, os operadores ou as autoridades públicas. Essa insegurança impacta diretamente a implementação de IA, uma vez que as partes interessadas hesitam em adotar tecnologias cujo quadro de responsabilidades não está claramente definido.

Outro desafio crítico está relacionado à infraestrutura tecnológica e à capacitação dos profissionais envolvidos. A legislação não contempla a necessidade de investimentos públicos em infraestrutura digital robusta e em capacitação para o uso de IA. Sem essa previsão, estados e municípios enfrentam dificuldades para adotar sistemas avançados de previsão e resposta a desastres, particularmente em áreas mais vulneráveis e menos desenvolvidas. Por exemplo, iniciativas de integração de IA para o monitoramento de enchentes no estado de São Paulo enfrentam barreiras devido à insuficiência de redes de sensores e à falta de pessoal treinado para operar e interpretar os resultados fornecidos pelas ferramentas de IA.

Adicionalmente, o Brasil carece de uma política unificada que articule as responsabilidades dos diferentes níveis de governo e das agências envolvidas na gestão de desastres e que inclua a IA como uma ferramenta estratégica. A falta de coordenação entre órgãos como o CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), a Defesa Civil e as agências municipais limita a capacidade de implementar respostas rápidas e coordenadas baseadas em dados preditivos fornecidos por IA. Por exemplo, no Japão, há um marco regulatório específico que permite a integração entre os diferentes sistemas de IA usados por agências de monitoramento e resposta a desastres, resultando em maior eficiência. No Brasil, a ausência dessa integração regulatória impede que as previsões geradas por sistemas de IA sejam devidamente operacionalizadas por agentes em campo.

Em resumo, as limitações da legislação brasileira no uso da IA para gestão de desastres ambientais residem na falta de um marco regulatório específico, na insegurança quanto à responsabilidade legal, nas restrições impostas pela LGPD, e na falta de diretrizes para a infraestrutura necessária e para a capacitação dos profissionais

envolvidos. Essas lacunas impedem que o Brasil alcance o potencial pleno da IA como uma ferramenta para a mitigação e resposta eficaz a desastres, afetando diretamente a capacidade de reduzir os impactos negativos desses eventos nas populações mais vulneráveis.

A integração de IA na gestão de desastres climáticos oferece benefícios claros, como previsões mais precisas e respostas mais eficazes. No entanto, a implementação prática enfrenta obstáculos regulatórios e tecnológicos, e tais desafios são fundamentais para entender as lacunas identificadas na pesquisa.

A análise dos dados coletados das bases de dados e a revisão da literatura indicam que a aplicação da IA em desastres climáticos requer um arcabouço regulatório robusto que suporte essa tecnologia, especialmente no contexto brasileiro. Por exemplo, constatou-se que países como os Estados Unidos e o Japão já utilizam tecnologias de IA integradas aos seus sistemas nacionais de alerta e monitoramento, garantindo uma resposta eficiente a desastres. Esse tipo de integração, no entanto, encontra obstáculos regulatórios no Brasil, como a falta de regulamentação específica para a utilização de IA na gestão de desastres e a escassez de políticas públicas que incentivem o uso dessas tecnologias.

296

Os dados mostram que as leis existentes no Brasil, como a Lei de Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), fornecem uma base importante, mas precisam ser atualizadas para considerar as especificidades da tecnologia de IA. A análise crítica dos dados também evidenciou que a falta de capacitação profissional e de infraestrutura adequada são barreiras para a implementação efetiva dessas soluções tecnológicas. A interpretação hermenêutica das legislações destacou que é necessária uma abordagem flexível e adaptativa, permitindo que as normas acompanhem a evolução das tecnologias emergentes.

Além disso, exemplos como o uso de IA pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) nos Estados Unidos para previsão de inundações e monitoramento climático foram analisados e comparados ao cenário brasileiro. A NOAA, ao utilizar IA para monitorar condições meteorológicas em tempo real, conseguiu emitir

alertas antecipados e salvar vidas e propriedades. Em contrapartida, no Brasil, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) enfrenta desafios devido à falta de investimentos contínuos em tecnologias emergentes, o que limita a eficácia das suas operações.

Outro aspecto relevante da análise dos dados é a questão da transparência e da proteção de dados no uso de IA. A legislação brasileira atual (LGPD) fornece algumas diretrizes sobre a proteção de dados, mas, como os resultados indicam, há uma necessidade de aprofundamento dessas normativas para garantir não apenas a privacidade dos cidadãos, mas também a confiabilidade dos sistemas de IA utilizados na gestão de desastres. Por exemplo, o uso de drones e sensores com IA, que têm se mostrado eficazes em países como o Japão para detectar incêndios florestais em estágios iniciais, poderia ser implementado no Brasil com maior eficácia caso as preocupações regulatórias relacionadas à privacidade e responsabilidade fossem mais bem definidas.

A discussão dos resultados evidencia que o problema de pesquisa - a lacuna regulatória e tecnológica na aplicação da IA em desastres climáticos no Brasil - está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento de uma infraestrutura tecnológica adequada e à criação de marcos regulatórios específicos. A relação entre os dados coletados e os objetivos do estudo é clara: enquanto a IA tem o potencial de transformar a gestão de desastres, a ausência de um suporte regulatório e de políticas públicas apropriadas limita esse potencial.

Portanto, os dados sustentam o parecer em que, para que a IA seja efetivamente integrada na gestão de desastres climáticos no Brasil, é essencial que haja uma modernização das legislações existentes e um maior investimento em infraestrutura tecnológica. Além disso, a capacitação dos profissionais que irão operar essas tecnologias é um aspecto que não pode ser negligenciado, pois a eficácia das soluções tecnológicas depende da habilidade daqueles que as utilizam. A análise revela que a implementação dessas mudanças pode aumentar substancialmente a resiliência das comunidades vulneráveis e otimizar a resposta aos desastres climáticos, tornando a gestão desses eventos mais eficiente e segura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo visou explorar a interseção entre desastres climáticos, Inteligência Artificial (IA) e direito, demonstrando como a aplicação de IA pode transformar a gestão de desastres, oferecendo previsões mais precisas e respostas mais eficientes. Os resultados destacam que, embora haja avanços significativos, desafios regulatórios e tecnológicos ainda precisam ser superados para maximizar o potencial dessas tecnologias.

Os principais desafios identificados incluem a necessidade de regulamentação específica para o uso de IA na gestão de desastres, a melhoria da infraestrutura tecnológica e a capacitação profissional. A falta de uma regulamentação clara e a infraestrutura inadequada podem limitar a aplicação eficaz da IA destacando a importância de políticas públicas robustas que incentivem a pesquisa e o desenvolvimento dessas tecnologias.

As limitações deste estudo incluem a dependência de fontes secundárias e a ausência de dados empíricos próprios, o que pode restringir a generalização dos resultados. Além disso, a rápida evolução tecnológica implica que as soluções propostas podem necessitar de revisões frequentes para se manterem atualizadas e eficazes.

As contribuições gerenciais incluem a proposta de um modelo regulatório que suporte a implementação eficaz de tecnologias de IA, bem como sugestões para o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem a inovação na gestão de desastres climáticos. Teoricamente, este estudo amplia o conhecimento sobre a aplicação de IA em contextos de desastres, integrando aspectos tecnológicos e jurídicos de maneira coerente e fundamentada.

Sugestões para novas pesquisas incluem a realização de estudos empíricos que avaliem a eficácia das tecnologias de IA na prática, além de investigações sobre a implementação de marcos regulatórios específicos. Pesquisas futuras também podem explorar a integração de IA com outras tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (*IoT*) e *blockchain*, na gestão de desastres climáticos.

Em suma, este estudo contribui para o avanço do conhecimento científico ao demonstrar a relevância e o potencial da IA na gestão de desastres climáticos, oferecendo *insights* valiosos para pesquisadores, formuladores de políticas e profissionais da área. A superação dos desafios identificados e a implementação das recomendações propostas podem resultar em uma gestão de desastres mais eficaz e resiliente, beneficiando tanto as populações vulneráveis quanto o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALMADA, M. **Considerações sobre inteligência artificial e direito internacional**. Academia.edu, 2021. Disponível em: <https://www.academia.edu/43672074>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 70. ed. São Paulo: Almedina, 2011.
- BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima**. Brasília, DF, 2009.
- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil**. Brasília, DF, 2012.
- BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. **Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965**. Brasília, DF, 2018.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Em 2023, **Cemaden registrou maior número de ocorrências de desastres no Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- BROOKFIELD, Harold. **Global Environmental Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.
- CARVALHO, D. W. **Direito Ambiental e a gestão de desastres naturais**. Entrevista especial ao Instituto Humanitas Unisinos - IHU, 2024. Disponível em: <https://www.unisinos.br>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- CARVALHO, D. W. **Direito Ambiental e a gestão de desastres naturais**. São Paulo: Editora Thomson Reuters Revista dos Tribunais, 2020.
- CARVALHO, D. W. **Desastres Climáticos e o Direito**. Disponível em: <https://www.unisinos.br>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- CLARKE, M. H. R. Bringing it all together: Lancet-Cochrane collaborate on systematic reviews. **Lancet**, 2001.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa. Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

EUROPEAN COMMISSION. **EU strategy on adaptation to climate change**. 2021. Disponível em: https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation_en. Acesso em: 16 jul. 2024.

EUROPEAN COMMISSION. **White Paper on Artificial Intelligence: A European approach to excellence and trust**. Bruxelas, 2021.

FEMA. United States government FEMA's. **AI for disaster response**. 2021. Disponível em: <https://www.fema.gov>. Acesso em: 16 jul. 2024.

FONSECA, M. **Catástrofes e direito na era das incertezas climáticas**. Poder360, 2024. Disponível em: <https://www.poder360.com.br>. Acesso em: 16 jul. 2024.

GLEICK, Peter H. **The World's Water**. Washington, D.C.: Island Press, 2018.
GODOI, K. C.; BANDEIRA-DE-MELO, R.; SILVA, A. B. **Pesquisas Qualitativa em Estudos Organizacionais: Paradigmas, Estratégias e Métodos**. 2. ed. São Paulo: Saraiva., 2010.
INTECHOPEN. **Intelligent VR-AR for Natural Disasters Management**. Disponível em: <https://www.intechopen.com>. Acesso em: 16 jul. 2024.

IPCC. **Relatório especial sobre mudanças climáticas e cidades**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch>. Acesso em: 16 jul. 2024.

JAPÃO. Governo do Japão. **Disaster Countermeasures Basic Act**. Tóquio, 2021.

JAPÃO. Governo do Japão. **Japan's AI integration in disaster management**. 2021. Disponível em: <https://www.japan.go.jp>. Acesso em: 16 jul. 2024.

LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 22. ed. São Paulo: Editora XYZ, 2014.

MARTINEZ, J. **Inteligencia artificial para la prevención de desastres naturales**. Openaccess.uoc.edu, 2019. Disponível em: <https://openaccess.uoc.edu>. Acesso em: 16 jul. 2024.

MILARÉ, Édís. **Direito do Ambiente**. 10. ed. São Paulo: Editora XYZ, 2015.

NOAA. **AI Strategy**. 2021. Disponível em: <https://www.noaa.gov/ai>. Acesso em: 16 jul. 2024.

NOAA. **Stafford Disaster Relief and Emergency Assistance Act** (Public Law 100-707). Washington, D.C., 2021.

POSADINU, E. **Inteligência artificial para prevenção de desastres naturais e resolução de problemas ambientais. Um estudo aplicado ao arquipélago das Canárias**. Dissertação Mestrado em Inovação e Transformação Digital - Estudos Econômicos da UOC, Universidade Aberta e Companhia da Catalunha, 2023.
Disponível em
<https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/147672/4/eposadinuTFM0123memoria.pdf>
acesso em 10 jun. 2024.

RAMOS, D. **A responsabilidade civil dos fornecedores de inteligência artificial**. Academia.edu, 2021. Disponível em: <https://www.academia.edu>. Acesso em: 16 jul. 2024.

ROSA, A. M. **Direito e Inteligência Artificial**. Coleção Inteligência Artificial e Jurisdição, 2020. Disponível em: <https://www.academia.edu>. Acesso em: 16 jul. 2024.

RUSCHEMEIER, H. **A IA como desafio à regulamentação legal – o âmbito de aplicação da proposta de lei de inteligência artificial**. Fórum ERA 23, 361–376 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12027-022-00725-6>. Acesso em: 16 jul. 2024.

SUSSKIND, Lawrence. **Environmental Problem-Solving: Balancing Science and Politics Using Consensus Building Tools**. New York: Oxford University Press, 2020.

302

Submissão: 18/07/2024
Aceito para Publicação: 02/12/2024

DOI: 10.22456/2317-8558.141336