01

NUVENS DE DADOS, TEMPESTADES DE SOLUÇÕES: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO OLHO DO FURACÃO CLIMÁTICO

Nádja Cajado da Silva
Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

Jáder Barrozo de Carvalho
Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

Katiane Amorim Coelho
Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

Timna da Paixão Fagundes Pereira
Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

10.37885/250719821

RESUMO

Este capítulo analisa as interfaces entre inteligência artificial (IA) e mudanças climáticas a partir de uma revisão de literatura com foco na produção acadêmica nacional recente. A discussão situa-se no campo das tecnologias digitais aplicadas à mitigação e adaptação climática, com especial atenção às implicações sociais, éticas e epistêmicas desses recursos no contexto brasileiro. A análise evidencia três grandes eixos de aplicação da IA: a modelagem e previsão climática, o monitoramento ambiental em tempo real e os sistemas de alerta e gestão de desastres. No entanto, ao explorar o uso da IA em sistemas agroecológicos, o trabalho problematiza os riscos da tecnocratização das práticas e a invisibilização de saberes locais. Traz-se à tona o debate sobre a colonialidade dos dados, que alerta para as assimetrias de poder na coleta, controle e uso de informações climáticas e ambientais. Argumenta-se que é necessário integrar abordagens tecnológicas com epistemologias plurais e governança de dados sensível aos territórios, de modo a fortalecer a justiça climática e a soberania informacional.

Palavras-chave: Justiça climática; governança de dados; epistemologias plurais; sistemas agroecológicos.

INTRODUÇÃO

A intensificação de variações climáticas representa um dos maiores desafios contemporâneos à sustentabilidade planetária, exigindo respostas articuladas entre ciência, tecnologia e políticas públicas. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) destaca que os efeitos do aquecimento global, como eventos climáticos extremos, aumento da desigualdade social e migração involuntária, afetam de forma mais severa as populações historicamente vulnerabilizadas, como comunidades negras e povos originários (Sarlet; Filter, 2023).

Embora o IPCC sustente que as mudanças climáticas são, em grande parte, decorrentes da ação humana, há correntes científicas que consideram os modelos existentes como propensos a superdimensionar essa influência. Ainda assim, alterações nos padrões climáticos são inegávelmente perceptíveis em escalas locais. Chuvas torrenciais em períodos historicamente secos, ondas de calor prolongadas ou alterações nos ciclos agrícolas tradicionais, impactam especialmente áreas urbanas, onde ilhas de calor e a impermeabilização do solo amplificam esses efeitos.

Neste cenário, o uso de soluções tecnológicas emergentes, como a inteligência artificial (IA), tem sido considerado uma estratégia promissora para mitigar impactos ambientais e promover a adaptação climática em diferentes setores. A IA, compreendida como um campo multidisciplinar capaz de desenvolver sistemas que realizam tarefas com base em padrões de dados e aprendizado automatizado, já vem sendo incorporada em práticas de previsão climática, monitoramento de recursos naturais e otimização de processos produtivos (Saraiva *et al.*, 2024).

Na agricultura, por exemplo, a tecnologia tem potencial para contribuir consideravelmente na gestão hídrica, no monitoramento de cultivos e na modelagem de demandas frente aos cenários climáticos futuros, conforme demonstrado por estudos na região do Vão do Paranã (GO), onde se observou aumento expressivo na necessidade de irrigação para culturas perenes (Battisti *et al.*, 2024).

Particularmente, em contextos agroecológicos e de agricultura familiar, a IA pode fortalecer sistemas produtivos sustentáveis ao viabilizar práticas mais

eficientes e resilientes. Tais sistemas são marcados pela complexidade ecológica e pela diversidade de perfil dos produtores, exigindo que a aplicação de tecnologias considere não apenas a eficiência técnica, mas também os princípios da justiça ambiental e da governança de dados sensíveis (Saraiva *et al.*, 2024).

A adoção dos princípios FAIR (*Findable* – Encontráveis; *Accessible* – acessíveis; *Interoperable* – interoperáveis; e *Reusable* – reutilizáveis) e CARE (que abrangem o *Coletive benefit* – benefício coletivo; a *Authority to control data management* – autoridade para controlar a gestão de dados; a *Responsibility* – responsabilidade; e a *Ethics* – ética), são apontados como imprescindível para a incorporação responsável da IA em territórios rurais (Fao, 2023 *apud* Saraiva *et al.*, 2024).

Este capítulo apresenta os resultados de um estudo dedicado a examinar como a inteligência artificial tem sido mobilizada em pesquisas voltadas para os fenômenos associados às mudanças climáticas, considerando seus desdobramentos nas práticas e nos territórios vinculados à agroecologia. Além de explorar soluções técnicas para um "problema ambiental", a proposta buscou compreender de que maneira a IA pode ser apropriada (ou tensionada) como ferramenta estratégica no contexto da transição agroecológica e da sustentabilidade territorial.

Configura-se, assim, como uma pesquisa qualitativa, de natureza exploratória e fundamentada em revisão de literatura. A coleta de dados foi realizada em fontes de acesso aberto, com ênfase no Portal de Periódicos da Capes e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), por meio da combinação dos descritores "Inteligência Artificial" e "Mudanças Climáticas", em junho/2025. O recorte privilegiou produções acadêmicas vinculadas ao contexto brasileiro, com o intuito de identificar tendências, abordagens metodológicas predominantes e lacunas presentes na literatura.

Importa destacar que este estudo não se propõe a discutir a existência ou não de um processo de mudança climática em escala global, tema divergente e amplamente debatido nos comitês científicos internacionais. O foco da análise recai, antes, sobre os efeitos climáticos concretos e perceptíveis que vêm se manifestando nas cidades e territórios, com impactos sobre os sistemas socioecológicos e as dinâmicas urbanas e rurais.

ISBN 978-65-83998-84-2 - Vol. 1 - Ano 2025 - www.cientificadigital.org

Sistematização dos achados da pesquisa

Os trabalhos apresentados no Quadro 1, compostos predominantemente por artigos, teses e dissertações, revelam a natureza ainda em consolidação, e notadamente interdisciplinar, do campo. Observa-se uma diversidade de enfoques, os quais podem ser agrupados em três grandes categorias. A primeira reúne estudos de natureza teórica ou analítica, que realizam revisões bibliográficas e mapeamentos bibliométricos voltados à sistematização do conhecimento acumulado, identificação de lacunas e proposição de agendas de pesquisa.

A segunda categoria contempla investigações empíricas, que aplicam técnicas de IA, como, *machine learning*, *deep learning* e modelagem preditiva, em cenários concretos: monitoramento de secas em áreas semiáridas, detecção de incêndios florestais, gestão urbana baseada em Gêmeos Digitais e otimização de processos agrícolas via sensoriamento e automação. E a terceira diz respeito a estudos voltados à modelagem e simulação computacional, os quais empregam IA na melhoria de previsões climáticas, análise de imagens de satélite e simulação de cenários futuros com vistas à gestão de riscos e recursos.

Quadro 1 - Achados da revisão sobre IA e Mudanças Climáticas.

TÍTULO	TIPO	PRIMEIRO AUTOR	ANO
Inteligência artificial e mudanças climáticas	Artigo	ARTAXO, Paulo	2024
Humanidade e tecnologia: implicações éticas e filosóficas	Artigo	SOUZA, Saulo Dias	2024
Utopias climáticas: Observatório do Clima e Ato pela Terra	Artigo	SALMI, Frederico	2022
O Digital Twin no Planejamento e Gestão Urbana: Recurso chave para as atuais demandas climáticas, sociais e tecnológicas	Dissertação de Mestrado	PASCOLI, Pedro Rattes	2024
A inteligência artificial na pesquisa agrícola	Artigo/Capítulo	SARAIVA, António Mauro	2024
Inteligência artificial para gestão de resíduos em cidades inteligentes no contexto das mudanças climáticas: uma revisão da literatura	Artigo	MARANHÃO, Romero de Albuquerque	2024
Utilização de machine learning para identificação de focos de queimadas por imagens	Artigo	LUCAS, Lucas Neira de	2024
Análise e previsão de secas no norte de minas gerais utilizando machine learning	Dissertação de Mestrado	RIBEIRO, Peterson Logullo	2024
Cidades inteligentes: uma abordagem bibliométrica da utilização de indicadores de performance	Artigo	PEREIRA, Thaís Helena Zero de Oliveira	2024

TÍTULO	TIPO	PRIMEIRO AUTOR	ANO
Inteligência Artificial em Cidades Inteligentes e Sustentáveis: uma análise bibliométrica	Artigo	MANTOVANI, Daielly	2025
Avaliação e modelagem da evapotranspiração de referência usando diferentes técnicas de aprendizado de máquina para uma savana tropical brasileira	Tese de Doutorado	SPONTONI, Thiago Alves	2023
Modelagem de ocorrência de incêndios na amazônia legal usando aprendizagem de máquina	Dissertação de Mestrado	BRITO, Wilkison Queiroz de	2023
Utopias ciberclimáticas e interdisciplinaridade	Artigo	SALMI, Frederico	2023
Inteligência Artificial e aquecimento global	Artigo/Capítulo	WEDY, Gabriel	2023
A utilização da inteligência artificial como um instrumento de proteção climática	Artigo/Capítulo	SARLET, Ingo Wolfgang	2023
Irrigation demand for fruit trees under a climate change scenario using artificial intelligence	Artigo	BATTISTI, Rafael	2024
Segurança alimentar: reflexões sobre um problema complexo	Artigo	DOMENE, Semíramis Martins Álvares	2023
Enfermagem e mudanças climáticas: a inteligência artificial generativa como ferramenta para formação crítica sobre justiça climática	Ensaio Reflexivo	CASTRO, Nádile Juliane Costa de	2025
Efetivação de direitos fundamentais e difusão de conhecimento empírico	Comentário Editorial	FREIRE, Alexandre	2023
No que está por vir, seremos todos filósofos-engenheiros-dançarinos ou não seremos nada	Artigo	TADDEI, Renzo	2019
A contribuição da inteligência artificial, big data e internet das coisas para o estudo do clima urbano em *smart cities*	Artigo (Encontro/ Congresso)	DEBIAZI, Pedro Renan	2023
10 Inteligência artificial e governança global para o desenvolvimento sustentável	Artigo	GARCIA, Denise Schmitt Siqueira	2020
O uso de inteligência artificial no desenvolvimento de métodos de avaliação de impactos ambientais (aia) e na elaboração de relatórios técnicos	Monografia	MILANI, José Leonardo Botter	2025

Fonte: Elaboração própria (2025).

Aplicações da Inteligência Artificial frente às mudanças climáticas

A análise dos achados da revisão demonstra que a Inteligência Artificial (IA) é reconhecida como um instrumento catalisador e multifacetado na mitigação e adaptação aos efeitos de mudanças climáticas, primacialmente pela sua capacidade de processamento e análise de megadados oriundos de diversas fontes, desde sensoriamento remoto a redes de observação (Artaxo *et al.*, 2024; Wedy; Iglecias, 2024; Spontoni, 2023).

Algoritmos de aprendizado de máquina aprimoram substancialmente modelos de previsão climática e meteorológica, discernindo padrões complexos

ISBN 978-65-83998-84-2 - Vol. 1 - Ano 2025 - www.cientificadigital.org

e capacitando a formulação de políticas públicas e estratégias proativas (Artaxo *et al.*, 2024; Ribeiro, 2024).

As contribuições setoriais apresentaram-se diversificadas. Na gestão de recursos naturais, permite o monitoramento em tempo real do desmatamento, a avaliação ecossistêmica e a quantificação de poluentes (Sarlet; Filter, 2024). No setor energético, otimiza a eficiência e confiabilidade das fontes renováveis e as redes de distribuição elétrica (Wedy; Iglecias, 2024; Debiazi, Masiero, 2024).

Na agricultura, promove a produção sustentável e de baixas emissões, aprimorando a gestão hídrica, a produtividade e o desenvolvimento de culturas resilientes (Saraiva *et al.*, 2024; Ribeiro, 2024; Sarlet; Filter, 2024; Domene *et al.*, 2023). Em ambientes urbanos, a IA apresentou-se relevante para a gestão inteligente de resíduos e o desenvolvimento de *Digital Twins* que simulam cenários e aprimoram a resiliência (Maranhão, 2024; Pascoli, 2024).

Ademais, foi identificada a utilização da IA como forma de aprimorar sistemas de alerta para desastres naturais como secas e incêndios florestais (Ribeiro, 2024; Brito, 2023; Castro; Braga Júnior, 2025). Contudo, a sua implementação exige atenção a desafios éticos, vieses algorítmicos e ao impacto ambiental de seu treinamento, salientando a imperatividade de uma abordagem interdisciplinar e responsável, com foco na equidade e inclusão, especialmente no Sul Global (Artaxo *et al.*, 2024; Souza *et al.*, 2024; Salmi; Coelho, 2023; Castro; Braga Júnior, 2025).

Tecnologias baseadas em IA aprimoram o desempenho de parques solares e eólicos ao projetar padrões climáticos e, assim, otimizam a produção energética conforme a disponibilidade de vento e radiação solar. Um exemplo disso é o trabalho do Centro Nacional de Pesquisas Atmosféricas dos EUA, que realiza previsões que apoiam a indústria, mitigando riscos associados a variações atmosféricas. Além disso, contribui para a redução do consumo energético e o uso mais eficiente de recursos, promovendo a implementação de práticas sustentáveis em processos industriais e agroindustriais, desde o projeto de edifícios energeticamente mais eficientes até o desenvolvimento de tecnologias avançadas de captura de carbono (UNDP, 2025).

Na Agricultura e Produção Alimentar, a IA se estabelece como um fator de transformação, oferecendo soluções inovadoras para os desafios impostos

pelas alterações climáticas. Tornando-se aliada estratégica para uma produção alimentar sustentável e com baixas emissões, especialmente na gestão de recursos hídricos e de nutrientes. Sistemas baseados em IA analisam dados climáticos, condições do solo e a saúde das culturas em tempo real, fornecendo informações com maiores índices de precisão aos agricultores para tomadas de decisão.

No contexto brasileiro, pesquisas desenvolvidas pela Embrapa (2019) têm subsidiado a aplicação da inteligência artificial em sistemas produtivos, contribuindo para a otimização de processos e o fortalecimento da sustentabilidade no campo. Essas tecnologias vêm sendo empregadas no monitoramento e na gestão mais precisa das lavouras, permitindo, por exemplo, a contagem automatizada de frutos, a irrigação localizada, a adubação sob medida e o uso criterioso de insumos naturais.

Dessa forma, a gestão de resíduos também é beneficiária dessa tecnologia, superando as ineficiências dos sistemas tradicionais, otimizando a coleta e a reciclagem de resíduos sólidos, analisando dados de sensores e câmeras para identificar pontos críticos e programar rotas de coleta mais eficientes. Robôs equipados com IA já demonstram alta precisão na classificação de resíduos, enquanto lixeiras inteligentes, com sensores de peso e volume, podem reduzir viagens desnecessárias de coleta e diminuir a poluição associada a essa operação (Fang *et al.*, 2023).

Monitoramento e Previsão Climática

O emprego de técnicas de inteligência artificial (IA) no campo climático já demonstra avanços substanciais na forma como se observam, interpretam e projetam fenômenos atmosféricos e alterações ambientais. Esse conjunto de ferramentas tem ampliado a capacidade analítica dos modelos existentes, tanto na antecipação de eventos extremos quanto na observação contínua de processos ambientais em curso (Artaxo *et al.*, 2024; Barros, 2023; Milani, 2025; Soares, 2022).

No campo da previsão numérica do tempo e dos modelos climáticos de abrangência global, tradicionalmente ancorados em equações físico-matemáticas de alta complexidade, o uso de IA tem saldo qualitativo em sua

ISBN 978-65-83998-84-2 - Vol. 1 - Ano 2025 - www.cientificadigital.org

contribuição. Modelos como o *GraphCast*, desenvolvido pela *DeepMind/Google*, e o *Pangu-Weather*, da Huawei, operam com base em grandes conjuntos de dados de reanálise atmosférica e demonstram desempenho comparável aos sistemas convencionais, realizando projeções em tempo reduzido e com menor demanda computacional.

Esses modelos alcançam resultados expressivos em métricas como rastreamento de furacões e estimativas de temperatura extrema, com horizontes de previsão que chegam a dez dias (Artaxo *et al.*, 2024). Trata-se de um novo estágio no desenvolvimento de previsões climáticas baseadas em aprendizado estatístico.

No Brasil, iniciativas de previsão de curtíssimo prazo, conhecidas como *nowcasting*, utilizam IA para identificar tempestades e descargas elétricas, com base na interpretação dinâmica de dados meteorológicos. Há também pesquisas voltadas ao aperfeiçoamento de modelos climáticos regionais de alta resolução, com perspectiva de ampliação para escalas temporais mais extensas, inclusive no plano de décadas ou séculos (Milani, 2025).

A IA também vem sendo aplicada ao monitoramento ambiental contínuo, com uso de dados obtidos por satélites, sensores de superfície e redes integradas de observação. Técnicas de aprendizado profundo têm permitido cobrir lacunas de observação em áreas de difícil acesso, como a floresta amazônica. A partir de imagens de alta resolução espacial, esses sistemas conseguem distinguir diferentes formas de degradação, inclusive em áreas sob cobertura vegetal densa ou em pequenas clareiras. O reconhecimento de padrões de desmatamento, a identificação de vetores de pressão antrópica e a avaliação de processos de restauração ecológica, por meio de dados bioacústicos e indicadores vegetacionais, fazem parte do escopo dessas aplicações (Artaxo *et al.*, 2024).

Outro campo de aplicação está nos sistemas de alerta e de gestão de riscos, nos quais a IA contribui com mecanismos preditivos para auxiliar decisões em contextos de crise. Um exemplo relevante é o programa *Destination Earth*, da Agência Espacial Europeia, que propõe a construção de um modelo digital da Terra para simular a interação entre fenômenos naturais e atividades humanas. O sistema prevê áreas de risco para incêndios florestais, acompanha sua propagação e apoia ações de resposta em tempo real, oferecendo informações

geoespaciais sobre localização de pessoas, infraestrutura impactada e alocação de recursos emergenciais (Soares, 2022).

Com isso, observa-se um deslocamento nas formas tradicionais de lidar com os desafios climáticos, na medida em que a inteligência artificial passa a integrar processos decisórios e operacionais, articulando conhecimento técnico com intervenções orientadas por dados em múltiplas escalas territoriais.

Considerações éticas na aplicação da IA em Agroecologia

Embora promissora, a aplicação da inteligência artificial na adaptação às mudanças climáticas, sua implementação permanece atravessada por entraves estruturais e epistemológicos. Dentre eles, sobressaem as implicações éticas decorrentes do uso intensivo de dados sensíveis, as controvérsias relacionadas à governança e à privacidade informacional, bem como, os impactos ambientais associados à elevada demanda energética requerida nos processos de treinamento e operacionalização de modelos de larga escala.

Em contextos agroecológicos e na agricultura familiar, o uso de tecnologias digitais deve considerar não apenas a eficiência técnica, mas também princípios de justiça ambiental e gestão ética dos dados. A adoção dos princípios *FAIR* (encontrável, acessível, interoperável e reutilizável) e *CARE* (benefício coletivo, controle pelos próprios povos, responsabilidade e ética) busca assegurar que os dados sejam utilizados de forma transparente, respeitando os direitos e as especificidades de comunidades tradicionais, povos indígenas e grupos minorizados (Wilkinson *et al.*, 2016; Carroll *et al.*, 2020a).

Ainda no âmbito dos desafios éticos, destaca-se a problemática do colonialismo de dados, que reproduz estruturas de poder históricas ao converter informações de comunidades tradicionais e agricultores familiares em mercadoria controlada por corporações transnacionais. Como alerta Rosa (2023, p. 136) "o colonialismo de dados se apropria da existência humana, padronizando-a e convertendo-a em dados, da mesma forma que o colonialismo histórico se apropriou da força do trabalho e dos recursos naturais".

Levando em consideração essa perspectiva e fundamentando-se em tais princípios, os trabalhos de Torino, Coneglian e Vidotti (2020) e Carroll *et al.*

ISBN 978-65-83998-84-2 - Vol. 1 - Ano 2025 - www.cientificadigital.org

(2020b) demonstram, respectivamente, o que apontam essas diretrizes - FAIR na Figura 1 e CARE na Figura 2.

Figura 1 - Princípios FAIR.



Fonte: Elaboração própria (2025). Adaptada de Torino, Coneglian e Vidotti (2020).

Figura 2 - Princípios CARE para governança de dados

C **Benefício Coletivo** *Collective Benefit*	• **C1:** Para desenvolvimento inclusivo e inovação • **C2:** Para melhorar a governança e o envolvimento do cidadão • **C3:** Para resultados equitativos
A **Autoridade para Controlar** *Authority to Control*	• **A1:** Reconhecimento de direitos e interesses • **A2:** Dados para governança • **A3:** Governança de dados
R **Responsabilidade** *Responsibility*	• **R1:** Para relacionamentos positivos • **R2:** Para expandir a competência e a capacidade • **R3:** Para línguas e visões de mundo indígenas
E **Ética** Ethics	• **E1:** Para minimizar danos e maximizar benefícios • **E2:** Por justiça • **E3:** Para uso futuro

Fonte: Elaboração própria (2025). Adaptado de Carroll *et al.* (2020b).

Como destacado por Carroll *et al.* (2020b), os princípios CARE, originalmente desenvolvidos para a gestão de dados indígenas, apresentam aplicabilidade ampliada. Sua estrutura é adaptável a outros grupos sociais vulneráveis que demandam controle sobre suas informações para garantir autonomia e desenvolvimento com base em seus próprios dados. Essa abordagem abrange, entre outros, comunidades quilombolas, populações ribeirinhas e habitantes de assentamentos rurais, cujas especificidades demandam modelos específicos de governança de dados.

Por ser uma criação humana, a IA encontra-se, inevitavelmente, suscetível aos vieses cognitivos de seus desenvolvedores, podendo resultar em efeitos discriminatórios ou distorcer os processos de decisão. Essa é uma preocupação latente, pois o uso acrítico dessas tecnologias tende a reduzir o engajamento com os fenômenos naturais e sociais estudados. Ainda que capazes de previsões com elevado nível de exatidão, muitos sistemas operam como "caixas pretas", com lógica interna opaca que obsta a compreensão causal. Esse cenário tem impulsionado o desenvolvimento de novas abordagens técnicas na área (Garcia, 2020).

Outro ponto crítico é que, por serem construídos com base em dados históricos, os modelos de aprendizagem de máquina podem reproduzir condições já observadas, mas falharem diante de situações atípicas ou sob condições de mudança climática não previstas no histórico de dados existentes. Nesses cenários, modelos matemáticos tradicionais, fundamentados em conhecimento físico, podem apresentar desempenho superior. Essa constatação também convida à valorização de formas de conhecimento desenvolvidas fora do escopo técnico-científico.

O meteorologista Mário Miranda[1], em uma de suas aulas-memória, afirmou que os maiores aprendizados durante sua trajetória de vida, para leitura e interpretação do tempo são provenientes da observação atenta dos fenômenos

[1] Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão é meteorologista, com formação técnica, graduação, mestrado e doutorado na área. Atuou no INMET e foi docente da UFPB, UFCG e, desde 2004, é professor da UNIVASF, onde foi fundador, primeiro Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e idealizador do Laboratório de Meteorologia (LABMET). Tem ampla atuação nas áreas de climatologia, agrometeorologia e meteorologia aplicada ao Semiárido.

ISBN 978-65-83998-84-2 - Vol. 1 - Ano 2025 - www.cientificadigital.org

naturais e também das experiências e saberes das pessoas com quem conviveu no campo. Observar o surgimento de tarântulas no interior (caranguejeiras no popular), indicando que a chuva se aproxima; ou colocar pedras de sal em cima do telhado no dia de Santa Luzia (13/12) para saber se o inverno será bom para o sertanejo, são conhecimentos que fogem à lógica dos códigos.

Em síntese, a inteligência artificial pode contribuir com estratégias de resiliência e adaptação em sistemas agroecológicos ao oferecer recursos para prever, monitorar e interpretar padrões ambientais. No entanto, sua aplicação não deve prescindir da escuta atenta aos saberes locais e à experiência acumulada por populações que, historicamente, constroem seu entendimento do clima a partir da vivência e da observação direta da natureza.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

A incorporação da inteligência artificial em estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas no Brasil tem revelado potenciais importantes, especialmente no que se refere à previsão de eventos extremos, ao monitoramento ambiental em tempo real e à gestão de riscos em escala territorial. A literatura analisada evidencia que essas tecnologias têm sido mobilizadas em setores como a agricultura, os recursos hídricos, o ordenamento urbano e a conservação ambiental, configurando-se como instrumentos de apoio à tomada de decisão diante da intensificação dos impactos climáticos.

No entanto, ao mesmo tempo em que a IA amplia capacidades técnicas e operacionais, também suscita desafios de ordem epistemológica, ética e política. A centralização de infraestrutura, dados e algoritmos em países e corporações do Norte Global, aponta para a persistência de lógicas de colonialidade que se reproduzem no ambiente digital (Rosa, 2023).

A chamada "colonialidade dos dados" refere-se não apenas à extração massiva de informações de populações periféricas sem o devido controle ou consentimento, mas também à imposição de lógicas e arquiteturas tecnológicas que pouco dialogam com os saberes locais e com as formas plurais de compreender e interagir com o território.

Neste contexto, é necessário tensionar a crença tecnicista de que a IA, por si só, representa uma solução neutra ou universal para os desafios

climáticos. A produção e aplicação dessas ferramentas devem ser orientadas por princípios de justiça ambiental, soberania informacional e governança crítica dos dados, respeitando os modos de vida, os direitos territoriais e os conhecimentos historicamente construídos pelas populações locais.

Perspectivas futuras demandam, portanto, a articulação entre inovação tecnológica e responsabilidade sociopolítica. A promoção de ecossistemas de dados abertos, transparentes e interoperáveis deve vir acompanhada de processos participativos e inclusivos, que incorporem as vozes dos territórios mais vulnerabilizados. Do mesmo modo, é preciso fomentar uma educação crítica sobre inteligência artificial, capaz de formar profissionais atentos às implicações éticas e às desigualdades estruturais que atravessam o desenvolvimento e a circulação dessas tecnologias.

REFERÊNCIAS

ARTAXO, Paulo; RIZZO, Luciana Varanda; MACHADO, Luiz Augusto Toledo. Inteligência artificial e mudanças climáticas. **Revista USP**, São Paulo, Brasil, n. 141, p. 29–40, 2024. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.i141p29-40. Disponível em: https://revistas.usp.br/revusp/article/view/225205. Acesso em: 16 jul. 2025.

BARROS, Atila *et al.* Inteligência artificial como ferramenta de apoio a análise de dados para avaliação de áreas ambientalmente frágeis no município de Teresópolis, Rio de Janeiro. **Revista Tópicos**, v. 1, n. 4, 2023. ISSN: 2965-6672.

BATTISTI, Rafael *et al.* Irrigation demand for fruit trees under a climate change scenario using artificial intelligence. **Special Supplement**: Agriculture & 2030 Agenda. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 54, e77917, 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pat/a/JCr4tcWN9xwwTsFTcgWJV7q/?format=pdf&lang=en. Acesso em: 16 jul. 2025.

BRASIL. Senado Federal. Projeto de Lei n.º 2338 de 2023. Dispõe sobre o uso da IA. Brasília, 2023. Disponível em: https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9347593&ts=1742240889254&disposition=inline. Acesso em: 16 jul. 2025.

BRITO, Wilkison Queiroz de. Modelagem de ocorrência de incêndios na Amazônia Legal usando aprendizagem de máquina. 2023. 40 f., il. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2023. Disponível em: https://repositorio.unb.br/handle/10482/48283. Acesso em: 16 jul. 2025.

CARROLL, S. R.; HOLBROOK, J.; LOVETT, R.; MATERECHERA, S.; PARSONS, M.; RASEROKA, K.; RODRIGUEZ-LONEBEAR, D.; ROWE, R.; SARA, R.; WALKER, J. D.; ANDERSON, J.; HUDSON, M. The CARE Principles for Indigenous Data Governance. **Data Science Journal**, v. 19, n. 1, p. 43, nov. 2020a. DOI: http://doi.org/10.5334/dsj-2020-043. Disponível em: https:// datascience.codata.org/articles/10.5334/dsj-2020-043/#:~:text=The%20 CARE%20Principles%20are%20a,value%20of%20data%20for%20reuse. Acesso em: 07 jul. 2025.

CARROLL, S. R.; HUDSON, M.; HOLBROOK, J.; MATERECHERA, S.;ANDERSON, J. **Working with the CARE principles: operationalising Indigenous data governance.** 2020b. Disponível em: https://datascience.codata.org/articles/10.5334/dsj-2020-043. Acesso em: 06 jul. 2025.

CASTRO, Nádile Juliane Costa de; BRAGA JÚNIOR, Eudes José. **Enfermagem e mudanças climáticas: a inteligência artificial generativa como ferramenta para formação crítica sobre justiça climática**. Escola Anna Nery, 2025;29:e20240117. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ean/a/ryGjMSzckbZxNW8p3xmLL3B/. Acesso em: 16 jul. 2025.

DEBIAZI, Pedro Renan; MASIERO, Érico. A contribuição da inteligência artificial, Big Data e Internet das Coisas para o estudo do clima urbano em Smart Cities. *In*: **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**, 17., 2023. **Anais** [...]. [S. l.], 2023. p. 1–9. DOI: 10.46421/encac.v17i1.4429. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4429. Acesso em: 16 jul. 2025.

DOMENE, Semíramis Martins Álvares *et al.* Segurança alimentar: reflexões sobre um problema complexo. **Estudos Avançados**, São Paulo, Brasil, v. 37, n. 109, p. 181–206, 2023. DOI: 10.1590/s0103-4014.2023.37109.012. Disponível em: https://revistas.usp.br/eav/article/view/219655. Acesso em: 16 jul. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Inteligência artificial é aplicada para contar laranjas no pomar**. EMBRAPA, 23 jul. 2019.Disponívelem:https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45068629/inteligencia-artificial-e-aplicada-para-contar-laranjas-no-pomar. Acesso em: 13 jul. 2025.

FREIRE, Alexandre Reis Siqueira; VIEIRA, Thiago Gontijo. Efetivação de direitos fundamentais e difusão de conhecimento empírico. **Revista Thesis Juris**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 1–4, 2023. DOI: 10.5585/rtj. v12i1.24181. Disponível em: https://periodicos.uninove.br/thesisjuris/article/view/24181. Acesso em: 16 jul. 2025.

GARCIA, Denise Schmitt Siqueira; BENEDET, Giovana. Inteligência Artificial e governança global para o desenvolvimento sustentável. **Anais de Constitucionalismo, Transnacionalidade e Sustentabilidade**, v. 10, n. 1, p. 136-152, 2020. Disponível em: https://periodicos.univali.br/index.php/acts/article/view/17288. Acesso: 07 jul. 2025.

GLOBAL INDIGENOUS DATA ALLIANCE. **CARE Principles for Indigenous Data Governance**. 2019. Disponível em: https://www.gida-global.org/care. Acesso em: 05 jul. 2025.

LUCAS, Lucas Neira de; OLIVEIRA, G. S. S. de; FARIA, I.; PINTO, P. M.; PATRIANI, R. de C.; AVELINO, B. C. P. Utilização de machine learning para identificação de focos de queimadas por imagens. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 4, n. 12, p. e6931, 2024. DOI: 10.56083/RCV4N12-124. Disponível em: https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/6931. Acesso em: 16 jul. 2025.

PASCOLI, Pedro Rattes. O Digital Twin no Planejamento e Gestão Urbana: Recurso chave para as atuais demandas climáticas, sociais e tecnológicas. 2024. 110 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/68684/68684.PDF. Acesso em: 16 jul. 2025.

MANTOVANI, Daielly; COELHO, Taiane Ritta; VIANA, Adriana Backx Noronha; LEAL, Guilherme Arevalo. Inteligência Artificial em Cidades Inteligentes e Sustentáveis: uma análise bibliométrica. *In*: **AMERICAS CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS** (AMCIS), 2025. Disponível em: https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1622&context=amcis2025. Acesso em: 16 jul. 2025.

MARANHÃO, R. de A. Inteligência artificial para gestão de resíduos em cidades inteligentes no contexto das mudanças climáticas: uma revisão da literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. e73115, 2024. DOI: 10.34188/bjaerv7n3-094. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/73115. Acesso em: 16 jul. 2025.

MILANI, José Leonardo Botter. O uso de inteligência artificial no desenvolvimento de métodos de avaliação de impactos ambientais (AIA) e na elaboração de relatórios técnicos. 2025. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2025. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/36324. Acesso em: 16 jul. 2025.

PEREIRA, Thaís Helena Zero de Oliveira; REBEHY, P. C. P. W.; SOUZA, L. G. A. de; CAPUCELLI, R. C. P. Cidades inteligentes: uma abordagem bibliométrica da utilização de indicadores de performance. **Revista de Gestão e Secretariado**, [S. l.], v. 15, n. 8, p. e4112, 2024. DOI: 10.7769/gesec. v15i8.4112. Disponível em: https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/4112. Acesso em: 16 jul. 2025.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). O que é a transição para a energia sustentável e por que ela é essencial para combater as mudanças climáticas? **Promessa Climática**, 2025. Disponível em: https://climatepromise.undp.org/fr/news-and-stories/quest-ce-que-la-transition-vers-les-energies-durables-et-pourquoi-est-elle. Acesso em: 13 jul. 2025.

RIBEIRO, Peterson Logullo. Análise e previsão de secas no norte de Minas Gerais utilizando machine learning. 2024. 141 f. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2024. Disponível em: https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/4130. Acesso em: 16 jul. 2025.

SARLET, Ingo Wolfgang; FILTER, Pedro Agão Seabra. A utilização da inteligência artificial como um instrumento de proteção climática. *In*: WEDY, Gabriel; HUPFFER, Haide Maria; WEYERMÜLLER André Rafael (Coord). **Direito e inteligência artificial**: perspectivas para um futuro ecologicamente sustentável. São Leopoldo: Casa Leiria, 2024. Disponível em: http://www.guaritadigital.com.br/casaleirialivros/dia/dia.2.pdf. Acesso em: 16 jul. 2025.

SARAIVA, António Mauro *et al.* A inteligência artificial na pesquisa agrícola. **Revista USP**, São Paulo, Brasil, n. 141, p. 91–106, 2024. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.i141p91-106. Disponível em: https://revistas.usp.br/revusp/article/view/225254. Acesso em: 16 jul. 2025.

SALMI, F. Utopias climáticas: Observatório do Clima e Ato pela Terra. **Estudos de Sociologia**, Araraquara, v. 27, n. 00, p. e022031, 2022. DOI: 10.52780/res. v27i00.16896. Disponível em: https://periodicos.fclar.unesp.br/estudos/article/view/16896. Acesso em: 16 jul. 2025.

SALMI, Frederico; COELHO, Gabriel Bandeira. Utopias ciberclimáticas e interdisciplinaridade. **Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 1–25, 2023. DOI: 10.14295/ambeduc.v28i1.15218. Disponível em: https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/15218. Acesso em: 16 jul. 2025.

SOARES, Augusto Carvalho. Análise de séries temporais com uso de redes neurais artificiais em dados meteorológicos para previsão de chuva e eventos climáticos severos. 2022. 112 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. DOI http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2022.680.

SOUZA, Saulo Dias; NEVES, Maria Clara Camargo; RAMOS, Luís Felipe Santos. Humanidade e tecnologia: implicações éticas e filosóficas. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S. l.], v. 12, n. 1, 2024. DOI: 10.61164/rmnm. v12i1.3062. Disponível em: https://remunom.ojsbr.com/multidisciplinar/article/view/3062. Acesso em: 16 jul. 2025.

SPONTONI, Thiago Alves. Avaliação e Modelagem da Evapotranspiração de Referência usando Diferentes Técnicas de Aprendizado de Máquina para uma Savana Tropical Brasileira. 2023. **Tese** (Doutorado em Ciência dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/6570. Acesso em: 16 jul. 2025.

TADDEI, Renzo. No que está por vir, seremos todos filósofos-engenheiros-dançarinos ou não seremos nada. **Moringa - Artes do Espetáculo**, [S. l.], v. 10, n. 2, 2019. DOI: 10.22478/ufpb.2177-8841.2019v10n2.49817. Disponível em: https://periodicos.ufpb.br/index.php/moringa/article/view/49817. Acesso em: 16 jul. 2025.

TORINO, E.; CONEGLIAN, C. S.; VIDOTTI, S. A. B. G. Estruturas de representação para reuso de dados no contexto da ecologia de pesquisa: CRIS institucional. **Informação & Informação**, Londrina, v. 25, n. 3, p. 1-27, out. 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.5433/1981-8920.2020v25n3p1. Disponível em: http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/41946. Acesso em: 06 jul. 2025.

WEDY, Gabriel; IGLECIAS, Patrícia. Inteligência Artificial e aquecimento global. *In*: WEDY, Gabriel; HUPFFER, Haide Maria; WEYERMÜLLER André Rafael (Coord). **Direito e inteligência artificial**: perspectivas para um futuro ecologicamente sustentável. São Leopoldo: Casa leiria, 2024. Disponível em: http://www.guaritadigital.com.br/casaleirialivros/dia/dia.pdf. Acesso em: 16 jul. 2025.

WILKINSON, M., DUMONTIER, M., AALBERSBERG, I. *et al.* The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. **Scientific Data**, v. 3, 160018, mar. 2016. DOI: https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18. Disponível em: https://www.nature.com/articles/sdata201618. Acesso em: 06 jul. 2025.