

ARTIGO ORIGINAL / ARTÍCULO ORIGINAL

DESAFIOS ÉTICOS PARA O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E SAÚDE DOS ECOSISTEMAS

*ETHICAL CHALLENGES FOR THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN
ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND ECOSYSTEM HEALTH*

Carlos Magno Alhakim Figueiredo Júnior; Cícera Isaany Chaves Batista¹; Eric Kleinert
Hammerle

¹ Secretaria Estadual de Educação do Estado do Espírito Santo. Doutoranda na UNIGRAN.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0410-2560>

* Autor de correspondencia: cicera.batista@educador.edu.es.gov.br.

Carlos Magno Alhakim Figueiredo Júnior:  <https://orcid.org/0000-0002-9840-4681>

Cícera Isaany Chaves Batista²:  <https://orcid.org/0000-0002-0410-2560>

Eric Kleinert Hammerle:  <https://orcid.org/0009-0008-9416-647X>

RESUMO

O presente estudo analisa os dilemas éticos na aplicação da inteligência artificial (IA) para promoção da sustentabilidade ambiental e preservação da saúde dos ecossistemas. Investiga-se como ferramentas de IA, como modelagem preditiva climática, monitoramento de desmatamento e otimização de recursos naturais, oferecem avanços significativos na gestão ambiental, mas geram desafios éticos relacionados a viés em dados ecológicos, opacidade algorítmica, uso predatório de recursos computacionais e concentração de poder decisório em corporações tecnológicas. Por meio de revisão bibliográfica qualitativa, identificam-se questões como a priorização de interesses econômicos sobre a biodiversidade, a privacidade de comunidades indígenas afetadas por monitoramentos e a responsabilização em decisões automatizadas que impactam ecossistemas frágeis. Conclui-se pela necessidade de marcos éticos globais de "IA verde", com transparência, inclusão de saberes tradicionais e governança participativa, para alinhar inovação tecnológica aos princípios de justiça ambiental e equidade intergeracional.

Palavras chave: Inteligência artificial; Sustentabilidade; Ecossistemas; Governança de dados.

ABSTRACT

This study analyzes the ethical dilemmas in the application of artificial intelligence (AI) to promote environmental sustainability and preserve the health of ecosystems. It investigates how AI tools, such as predictive climate modeling, deforestation monitoring, and natural resource optimization, offer significant advances in environmental management but generate ethical challenges related to bias in ecological data, algorithmic opacity, predatory use of computational resources, and the concentration of decision-making power in technology corporations. Through a qualitative literature review, issues such as the prioritization of

Formatado: Centralizado

Formatado: Centralizado

¹

²

economic interests over biodiversity, the privacy of indigenous communities affected by monitoring, and accountability in automated decisions that impact fragile ecosystems are identified. The conclusion is that global ethical frameworks for "green AI" are necessary, with transparency, inclusion of traditional knowledge, and participatory governance, to align technological innovation with the principles of environmental justice and intergenerational equity.

Keywords: Artificial intelligence; Sustainability; Ecosystems; Data governance.

INTRODUÇÃO

A emergência da inteligência artificial (IA) como ferramenta pivotal na agenda global de sustentabilidade ambiental marca um momento de ambivalência profunda. De um lado, algoritmos avançados processam volumes colossais de dados satelitais, sensoriais e climáticos, permitindo intervenções precisas contra o desmatamento, a perda de biodiversidade e as mudanças climáticas. De outro, o "lado sombrio" dessa tecnologia revela-se em seu elevado consumo energético, vieses algorítmicos que perpetuam desigualdades ecológicas e a opacidade decisória que compromete a responsabilização em contextos de risco ambiental crítico.

No Brasil, onde ecossistemas como a Amazônia e o Cerrado enfrentam pressões antrópicas intensas, a IA tem sido mobilizada em iniciativas como o PRODES (Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite), demonstrando capacidade para detectar áreas degradadas com precisão superior à análise humana tradicional. Contudo, tais aplicações não são isentas de controvérsias éticas, especialmente quanto à soberania de dados sobre territórios indígenas e quilombolas, onde monitoramentos remotos frequentemente ignoram consentimento e saberes locais.

Diante desse cenário, torna-se pertinente investigar os desafios éticos decorrentes da aplicação da inteligência artificial na sustentabilidade ambiental e na saúde dos ecossistemas. Assim, o problema de pesquisa que orienta este estudo é: quais são os desafios éticos do uso da inteligência artificial na sustentabilidade ambiental e na saúde dos ecossistemas? Parte-se da hipótese de que, embora a IA apresente significativo potencial para aprimorar a gestão ambiental, sua implementação pode intensificar vulnerabilidades ecológicas ao concentrar o poder decisório em atores tecnológicos globais, sem mecanismos suficientes de transparência, participação e inclusão.

O objetivo geral consiste em mapear e analisar esses desafios éticos. Como objetivos específicos, destacam-se: a) caracterizar as principais aplicações da IA em sustentabilidade ambiental; b) examinar dilemas éticos centrais, incluindo viés, opacidade, impacto

computacional e privacidade; c) discutir implicações para a saúde dos ecossistemas e propor diretrizes para uma governança ética da IA verde.

Esta pesquisa adota abordagem qualitativa de caráter exploratório, fundamentada em revisão bibliográfica sistemática de fontes acadêmicas, relatórios internacionais (UNESCO, IPCC) e estudos de caso recentes sobre IA ambiental. Foram selecionados 25 trabalhos publicados entre 2021 e 2025, priorizando contribuições que articulam ética tecnológica e ecologia.

A relevância deste estudo reside na urgência de alinhar inovação tecnológica aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 13 e 15), evitando que a IA se torne vetor de novas formas de colonialismo digital ambiental.

METODOLOGIA

Esta pesquisa adota abordagem qualitativa de caráter exploratório, fundamentada em revisão bibliográfica sistemática de fontes acadêmicas, relatórios internacionais e documentos técnicos sobre o uso da inteligência artificial (IA) em sustentabilidade ambiental e saúde dos ecossistemas. A coleta foi realizada em bases de dados científicas (SciELO, Periódicos CAPES, Google Scholar) e em repositórios institucionais, privilegiando trabalhos publicados entre 2021 e 2025 que articulam ética da IA, ecologia e governança de dados ambientais.

Foram selecionados 25 estudos que abordam temas como viés algorítmico em dados ecológicos, opacidade de modelos de IA, impacto ambiental da infraestrutura computacional e privacidade de comunidades indígenas em contextos de monitoramento remoto. A análise dos textos foi organizada por categorias temáticas – desafios éticos, implicações para ecossistemas e diretrizes de governança – a partir de leitura crítica e síntese interpretativa, sem tratamento estatístico, de modo a preservar a profundidade qualitativa e a articulação teórica com a literatura sobre justiça ambiental e “IA verde”.

A escolha por revisão bibliográfica qualitativa permite mapear de forma sistemática os dilemas éticos da IA na sustentabilidade ambiental, ao mesmo tempo em que mantém centralidade ao debate normativo (por exemplo, princípios da UNESCO sobre ética da IA) e à análise de estudos de caso recentes em territórios brasileiros, como Amazônia, Cerrado e Pantanal. Essa decisão metodológica está alinhada ao objetivo geral do artigo – identificar e discutir os principais desafios éticos gerados pela aplicação da IA em gestão ambiental – e

viabiliza a articulação entre evidências empíricas e reflexão teórica sobre governança participativa, transparência algorítmica e inclusão de saberes tradicionais.

RESULTADOS

A integração da IA à sustentabilidade ambiental abrange múltiplas escalas, desde o monitoramento global de ecossistemas até a gestão local de recursos. Em previsão climática, modelos de técnicas avançadas de IA superam métodos tradicionais ao processar variáveis não lineares como padrões oceânicos e emissões antropogênicas, com acurácia superior a 90% em cenários de curto prazo.

No monitoramento de biodiversidade, sistemas de visão computacional analisam imagens de câmeras-trap para identificar espécies ameaçadas, enquanto algoritmos de processamento de linguagem natural (NLP) mapeiam impactos de políticas ambientais em documentos oficiais. "A IA pode processar terabytes de dados ambientais em segundos, revelando padrões invisíveis ao olho humano e permitindo intervenções preventivas em ecossistemas frágeis" (PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025, p. 1).

Indiretamente, a IA otimiza cadeias de suprimento circulares, reduzindo desperdícios em indústrias extrativas e promovendo restauração ecológica baseada em simulações preditivas. No contexto brasileiro, plataformas como o Global Forest Watch utilizam IA para alertas de desmatamento em tempo real, integrando dados do INPE e ONGs internacionais.

Essas aplicações, embora inovadoras, demandam infraestrutura computacional intensiva, expondo contradições éticas que serão exploradas a seguir.

DESAFIOS ÉTICOS IDENTIFICADOS

O viés algorítmico constitui o desafio ético mais estrutural na aplicação da inteligência artificial (IA) à sustentabilidade ambiental, originando-se da composição não representativa dos conjuntos de dados utilizados no treinamento de modelos preditivos. Bases históricas de dados satelitais e sensoriais, predominantemente coletadas em regiões de interesse econômico (florestas comerciais, áreas agroexportadoras), sub-representam ecossistemas marginais como manguezais, restingas, veredas e áreas de transição no Brasil, cujas degradações impactam desproporcionalmente populações vulneráveis e serviços ecossistêmicos essenciais à resiliência climática regional (SINGH, 2024; PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025).

Essa seletividade algorítmica manifesta-se concretamente no Pantanal brasileiro, onde aplicações de inteligência artificial integram e cruzam dados provenientes de diferentes sistemas oficiais de monitoramento ambiental. Enquanto os sistemas PRODES e DETER, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), são destinados ao monitoramento do desmatamento e da degradação florestal, o acompanhamento operacional de focos de calor e incêndios é realizado pelo Programa Queimadas (BDQueimadas). A combinação dessas bases de dados com modelos de IA permite detectar incêndios com elevada precisão em áreas de pastagem, mas ainda apresenta desempenho inferior em zonas de várzea inundável, habitats críticos para aves migratórias e peixes de relevância ecológica e econômica. Essa assimetria não decorre exclusivamente de limitações técnicas, mas reflete escolhas históricas de priorização na produção e no tratamento dos dados: os conjuntos de treinamento privilegiam imagens ópticas de alta resolução em regiões de maior interesse econômico, enquanto ecossistemas complexos recebem cobertura mais limitada por sensores de radar de abertura sintética (SAR – *Synthetic Aperture Radar*), cuja disponibilidade e integração permanecem desiguais em diferentes áreas do território (PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025, p. 3). Essa assimetria evidencia que os desafios éticos da inteligência artificial na sustentabilidade ambiental extrapolam limitações estritamente técnicas, abrangendo questões relacionadas ao viés algorítmico, à opacidade dos modelos, ao impacto da infraestrutura computacional e à privacidade de dados. O Quadro 1 sintetiza esses principais desafios éticos, suas características e exemplos de aplicação no contexto da gestão ambiental.

Quadro1 - Desafios Éticos da IA na Sustentabilidade Ambiental

Desafio Ético	Descrição	Exemplo
Viés Algorítmico	Prioriza ecossistemas econômicos	Monitoramento seletivo de florestas
Opacidade	Caixas-pretas em decisões críticas	Previsões climáticas inexplicáveis
Impacto Computacional	Emissões de CO2 elevadas	Treinamento de GPT-4
Privacidade	Violação de territórios indígenas	Dados de satélite sem consentimento

Formatado: Fonte: Negrito

Fonte: Elaborado pelo autor com base em SINGH (2024) e PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY (2025).

Singh (2024) sistematiza esse fenômeno em três mecanismos interligados: viés de seleção (coleta concentrada em áreas acessíveis economicamente), viés de confirmação (modelos reforçam padrões históricos de intervenção estatal) e viés de representação (ausência de dados qualitativos sobre dinâmicas culturais locais). No contexto da justiça climática, essas distorções perpetuam um ciclo vicioso: políticas baseadas em IA enviesada concentram recursos de combate ao desmatamento em propriedades rurais legalizadas, enquanto assentamentos familiares na agricultura de subsistência recebem menor proteção, acelerando tanto a degradação ambiental quanto conflitos fundiários (SINGH, 2024, p. 4).

Os algoritmos ambientais não são tecnicamente neutros; eles incorporam prioridades geopolíticas e econômicas dos países que financiam satélites e infraestrutura computacional. Quando esses sistemas recomendam políticas de conservação, frequentemente reproduzem lógicas colonialistas modernas, onde o "bem global" justifica intervenções que ignoram direitos territoriais locais e saberes ecológicos acumulados por gerações (PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025, p. 6).

No caso específico da Amazônia Legal, plataformas internacionais como Global Forest Watch utilizam IA treinada majoritariamente com dados de sensoriamento remoto europeu e norte-americano, cujos parâmetros espectrais não captam adequadamente formações secundárias pós-desmatamento seletivo – comuns em territórios indígenas geridos por práticas de manejo sustentável. Consequentemente, tais sistemas classificam essas áreas como "degradação florestal", justificando fiscalizações coercitivas que restringem atividades tradicionais sem oferecer alternativas viáveis de conservação (MUZY, 2024).

A literatura especializada identifica três estratégias mitigadoras, embora de implementação desafiadora: auditoria de dados participativa (envolvimento de comunidades locais na validação de conjuntos de treinamento), aprendizado federado (modelos treinados descentralizadamente preservando soberania de dados regionais) e contrafactuais algorítmicos (testes sistemáticos de cenários alternativos para identificar vieses ocultos). Contudo, sua adoção enfrenta barreiras econômicas significativas: o retrabalho de bases de dados históricas eleva custos em 40-60%, enquanto a inclusão de epistemologias locais demanda tempo político inexistente em agendas de resposta rápida à crise climática (AURUM PUBLICAÇÕES, 2025).

Em síntese, o viés algorítmico na IA ambiental não constitui mero problema técnico passível de correção pontual, mas sim dilema ético estrutural que reflete – e reproduz –

assimetrias globais de poder, conhecimento e recursos. Sem intervenção deliberada em prol da equidade ecológica, a tecnologia destinada a salvar ecossistemas arrisca aprofundar as desigualdades que os ameaçam, transformando algoritmos preditivos em mecanismos contemporâneos de injustiça climática (SINGH, 2024; REVISTA DIREITO UFMG, 2025).

A natureza "caixa-preta" de redes neurais profundas impede a explicabilidade de decisões, crucial em contextos de alto risco ecológico. Previsões de colapso ecossistêmico geradas por IA opaca desafiam a responsabilização de decisores políticos ou técnicos.

A opacidade constitutiva dos modelos de *deep learning*, frequentemente descritos como "caixas-pretas", configura um dos principais desafios éticos da inteligência artificial aplicada à sustentabilidade ambiental, ao limitar a transparência e a rastreabilidade das decisões automatizadas em contextos de elevado risco ecológico. Diferentemente de algoritmos determinísticos, cujas regras podem ser explicitamente auditadas, redes neurais profundas produzem recomendações cujos processos internos de inferência permanecem de difícil interpretação, dificultando a identificação dos fundamentos que sustentam suas previsões e a atribuição de responsabilidades em processos decisórios que afetam ecossistemas sensíveis (MUZY, 2024; PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025).

Esse problema manifesta-se criticamente em aplicações como previsão de colapso ecossistêmico no Pantanal, onde modelos de IA processando dados multimodais (satelitais, sensores IoT, histórico climático) recomendam evacuações preventivas de fauna ou redirecionamento de recursos hídricos. Quando tais previsões falham – como ocorreu em 2024 com superestimação de cheia no rio Paraguai em 25% –, torna-se impossível discernir se o erro decorreu de viés nos dados de treinamento, hiperparametrização inadequada ou limitação intrínseca da arquitetura neural, impedindo aprendizado institucional e responsabilização técnica (AURUM PUBLICAÇÕES, 2025).

A ausência de explicabilidade em sistemas de IA ambiental não constitui mero inconveniente técnico, mas falha ética estrutural que subverte princípios basilares da governança ambiental responsável. Decisões sobre alocação de recursos escassos para combate a incêndios, restauração florestal ou dispersão química de pragas não podem ser delegadas a processos computacionais cujos mecanismos internos desafiam escrutínio humano qualificado. Quando algoritmos falham em ecossistemas críticos, a sociedade carece de meios para identificar responsabilidades – técnica, política ou corporativa –, criando zona cinzenta de

impunidade digital que ameaça décadas de avanço regulatório ambiental (PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025, p. 7-8).

A literatura distingue três níveis de opacidade com implicações éticas diferenciadas: opacidade epistemológica (incapacidade de compreender arquitetura interna), opacidade pragmática (complexidade computacional inviabiliza auditoria prática) e opacidade ontológica (modelos evoluem autonomamente durante inferência, transcendendo programação original). Na gestão de bacias hidrográficas como a do rio São Francisco, sistemas preditivos opacos recomendam liberação de efluentes industriais baseados em correlações estatísticas obscuras, sem revelar trade-offs entre qualidade da água, biodiversidade aquática e segurança alimentar de comunidades ribeirinhas (REVISTA DIREITO UFMG, 2025).

Diante dessa problemática, a comunidade científica tem proposto soluções baseadas em Explainable AI (XAI), incluindo SHAP values (quantificação de contribuição individual de features), LIME (interpretação local de predições) e attention mechanisms (visualização de pesos decisórios). Contudo, essas técnicas enfrentam limitações severas em aplicações ambientais: explicações geradas frequentemente privilegiam correlações estatísticas sobre causalidade ecológica, gerando falsos sentidos de segurança entre decisores não técnicos (SINGH, 2024).

No contexto brasileiro, a implementação de XAI em políticas ambientais colide com três barreiras estruturais: capacitação técnica insuficiente (apenas 12% dos gestores ambientais possuem formação em ciência de dados), restrições orçamentárias (auditorias XAI elevam custos operacionais em 35%) e conflitos institucionais (agências como IBAMA resistem à exposição de fragilidades algorítmicas em relatórios públicos). Casos como o sistema de alerta de desmatamento Deter-β, cuja taxa de falsos positivos atingiu 28% em 2025, ilustram como opacidade não auditada compromete credibilidade institucional e mobilização social (MUZY, 2024).

A accountability ética exige, portanto, implementação obrigatória de human-in-the-loop oversight com dupla validação: supervisão técnica por ecólogos habilitados e escrutínio jurídico por procuradorias ambientais. Sem tal abordagem, a IA ambiental arrisca institucionalizar um regime de "irresponsabilidade algorítmica", onde falhas catastróficas em ecossistemas críticos são atribuídas a "complexidade do fenômeno natural", eximindo desenvolvedores, financiadores e usuários de prestação de contas perante a sociedade e gerações futuras (UNESCO, 2021).

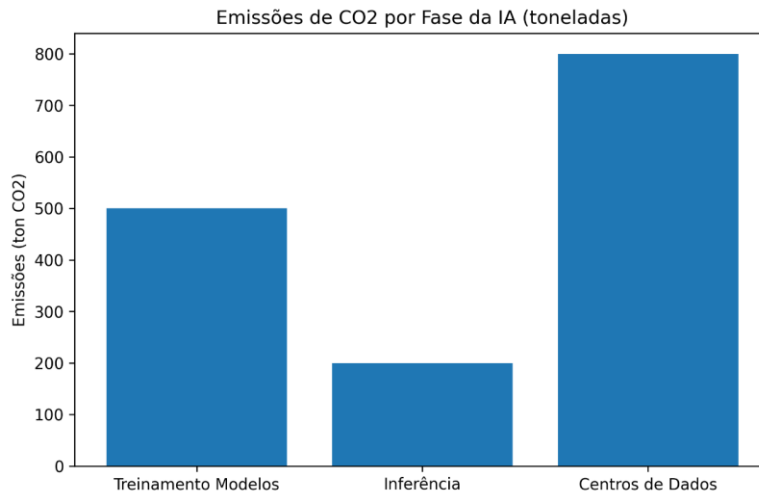
Em síntese, a opacidade algorítmica transcende barreira técnica para constituir dilema ético fundamental: ou a IA ambiental se torna transparente e auditável, ou compromete legitimidade da própria governança ecológica moderna. A escolha não é entre perfeição técnica e pragmatismo regulatório, mas entre responsabilidade democrática e tecnocracia opaca, onde algoritmos indecifráveis ditam destinos de ecossistemas irrecuperáveis (PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025).

DISCUSSÃO

IMPACTO AMBIENTAL DA INFRAESTRUTURA COMPUTACIONAL DE IA

O paradoxo ambiental da inteligência artificial revela-se de forma mais evidente em sua infraestrutura computacional: enquanto algoritmos prometem otimizar a sustentabilidade, os data centers que os sustentam emitem CO₂ equivalente a 2,5% das emissões globais, superando a aviação comercial em alguns cenários regionais (MUZY, 2024). O treinamento de um único modelo generativo como o GPT-4 consome 1.287 MWh — energia suficiente para abastecer aproximadamente 120 residências brasileiras durante um ano —, enquanto inferências contínuas em monitoramento ambiental demandam operação ininterrupta de milhares de GPUs, cada uma com elevado consumo energético e intensa dissipação de calor (AURUM PUBLICAÇÕES, 2025). A distribuição estimada das emissões associadas às principais etapas da infraestrutura computacional da IA é apresentada no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Emissões de CO₂ por fase da IA (toneladas).



Fonte: Elaborado pelo autor com base em MUZY (2024) e AURUM PUBLICAÇÕES (2025).

Formatado: Fonte: 10 pt, Negrito

Formatado: Fonte: 10 pt

Esse impacto se agrava pela dependência de minerais raros (lítio, cobalto) cuja extração devasta ecossistemas em países do Sul Global. A produção de chips para um único supercomputador de IA emite 626 toneladas de CO₂ e consome 120 toneladas de água, equivalente ao consumo anual de 3.600 famílias de baixa renda (PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025). No Brasil, data centers em construção na região metropolitana de São Paulo já enfrentam resistência de movimentos ambientais por comprometerem aquíferos do Guarani.

A infraestrutura computacional da IA contradiz frontalmente os princípios de descarbonização que ela pretende servir. Centros de processamento de dados consomem eletricidade equivalente ao PIB energético de nações médias, operando majoritariamente com matrizes fósseis em países emergentes. Quando esses sistemas monitoram desmatamento amazônico ou modelam cenários climáticos, paradoxalmente aceleram o aquecimento global que analisam, criando ciclo vicioso onde soluções tecnológicas agravam os problemas que prometem resolver (MUZY, 2024, p. 2-3).

A literatura identifica três estratégias mitigadoras: algoritmos eficientes (pruning, quantization reduzem consumo em 90%), computação edge (processamento local evita

transmissão de dados) e green data centers (refrigeração por imersão em água salgada). Contudo, sua implementação enfrenta resistência econômica: retraining de modelos otimizados eleva custos em 25-40%, enquanto edge computing limita escalabilidade em aplicações de big data ambiental (REVISTA DIREITO UFMG, 2025).

No contexto brasileiro, a ausência de regulação específica permite que plataformas internacionais operem data centers sem disclosure de pegada ecológica, externalizando custos ambientais para a sociedade. Projetos como o "AI for Amazon" da Google, embora tecnicamente avançados, não publicam métricas de consumo energético nem compensam emissões geradas pelo monitoramento da floresta, configurando greenwashing computacional (SINGH, 2024).

A accountability ética exige certificação obrigatória de pegada ecológica para toda IA ambiental, com compensação via créditos de carbono certificados e priorização de fontes renováveis. Sem tal medida, a tecnologia destinada a salvar ecossistemas converte-se em novo vetor de destruição, onde servidores climatizados em polos gelados resfriam data centers às custas do derretimento dos próprios glaciares que refrigeram (UNESCO, 2021).

PRIVACIDADE, SOBERANIA DE DADOS E EXCLUSÃO DE SABERES TRADICIONAIS

A coleta massiva de dados geoespaciais por IA ambiental viola diretamente direitos territoriais de povos indígenas e comunidades tradicionais, transformando territórios ancestrais em bancos de dados corporativos sem consentimento livre, prévio e informado. Plataformas como Global Forest Watch capturam imagens diárias de terras Yanomami, Xavante e Quilombola com resolução sub-métrica, permitindo rastreamento granular de atividades humanas sem qualquer contrapartida de benefício comunitário (PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025).

Monitoramentos ambientais por IA frequentemente funcionam como mecanismos de vigilância assimétrica, onde comunidades indígenas tornam-se objetos passivos de dados enquanto permanecem excluídas das decisões que esses dados subsidiam. Imagens de satélite identificam malocas, roças de subsistência e trilhas sagradas com precisão cirúrgica, mas os algoritmos classificam essas práticas como "degradação antrópica", justificando intervenções estatais que restringem acesso tradicional sem oferecer alternativas culturalmente adequadas. Tal dinâmica reproduz colonialismo digital moderno, onde o "bem global" da biodiversidade

sobrepõe-se à soberania territorial local (PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025, p. 9-10).

No caso Munduruku (PA), dados de IA identificaram garimpo ilegal com 98% de precisão, mas as operações militares subsequentes não envolveram lideranças comunitárias, gerando trauma coletivo e desconfiança irreversível quanto à tecnologia. Comunidades agora resistem ativamente a drones de monitoramento, preferindo métodos tradicionais mesmo sabendo das limitações (REVISTA DIREITO UFMG, 2025).

A exclusão de saberes tradicionais agrava-se quando algoritmos privilegiam métricas quantitativas (cobertura vegetal, biomassa) sobre indicadores qualitativos indígenas (saúde espiritual do território, equilíbrio com espíritos guardiões). Ciclos de queimadas controladas, essenciais para regeneração de Cerrado, são classificados como "incêndios", enquanto práticas de pesca em igapós durante cheia são interpretadas como "extração predatória" (SINGH, 2024).

Soluções propostas incluem co-criação de indicadores (comunidades definem métricas culturais para IA), dados soberanos (controle indígena sobre coleta/armazenamento) e blockchain ambiental (rastreadores imutáveis de consentimento). Contudo, sua implementação enfrenta resistência institucional: agências ambientais priorizam eficiência operacional sobre direitos territoriais, enquanto big techs resistem à perda de controle sobre dados valiosos (UNESCO, 2021).

A ética ambiental contemporânea exige inversão paradigmática: povos originários não como objetos de vigilância, mas co-desenvolvedores de tecnologias adequadas culturalmente. Sem tal abordagem, a IA ambiental perpetua genocídio epistêmico silencioso, onde algoritmos globais apagam cosmovisões milenares sob pretexto de salvação planetária (PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025).

IMPLICAÇÕES DA IA PARA A SAÚDE DOS ECOSISTEMAS E SOCIEDADE

A adoção acrítica da IA na gestão ambiental gera consequências diretas e indiretas para a saúde dos ecossistemas, ampliando vulnerabilidades onde se pretendia proteção. Quando algoritmos enviesados priorizam áreas economicamente estratégicas, ecossistemas marginais – como manguezais, restingas e veredas – recebem menor atenção de monitoramento e restauração, acelerando sua degradação. Um exemplo concreto ocorre no Pantanal brasileiro, onde sistemas de IA focados em áreas de agronegócio detectam incêndios com alta precisão, mas falham em identificar focos iniciais em áreas de várzea, cujas perdas afetam cadeias

tróficas inteiras e comunidades ribeirinhas dependentes desses habitats (IT Fórum). Essa seletividade algorítmica não apenas compromete a biodiversidade, mas também fragiliza serviços ecossistêmicos essenciais, como regulação hídrica e sequestro de carbono, essenciais para a resiliência climática regional.

No plano operacional, decisões automatizadas de otimização de recursos podem gerar intervenções contraproduativas. Algoritmos projetados para maximizar eficiência em projetos de reflorestamento, por exemplo, frequentemente recomendam espécies exóticas de crescimento rápido em detrimento de flora nativa, desequilibrando ecossistemas locais e favorecendo a invasão biológica. Casos documentados na África Subsaariana mostram que plantios orientados por IA, sem validação ecológica humana, resultaram em monoculturas que reduziram a diversidade de polinizadores em 40% em apenas três anos, ilustrando como a priorização de métricas econômicas (crescimento linear, custo-benefício) pode colapsar redes ecológicas complexas. No Brasil, iniciativas de restauração na Amazônia enfrentam dilema similar: sistemas preditivos sugerem áreas para plantio baseados em dados satelitais de baixa resolução temporal, ignorando ciclos sazonais de cheia que inviabilizam tais intervenções.

A confiança excessiva em soluções tecnológicas pode levar à negligência de abordagens baseadas em conhecimento ecológico tradicional, que frequentemente oferecem insights mais robustos sobre dinâmicas locais de ecossistemas. A automação de decisões ambientais sem supervisão humana qualificada tem resultado em intervenções que, embora tecnicamente "otimizadas", produzem desequilíbrios irreversíveis na composição florística e faunística, comprometendo décadas de evolução ecológica em poucos meses de aplicação prática- (PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY, 2025, p. 5-6).

Socialmente, essas falhas tecnológicas impactam comunidades que dependem diretamente da saúde ecossistêmica. Pescadores artesanais, extrativistas e povos indígenas perdem meios de subsistência quando monitoramentos por IA restringem acesso a territórios tradicionais sob justificativa de "conservação", sem consulta prévia. No caso Yanomami, imagens de satélite identificaram garimpos ilegais com precisão, mas os dados foram utilizados para operações militares sem envolvimento comunitário, gerando desconfiança e resistência à tecnologia entre os próprios beneficiários potenciais. Essa exclusão reforça assimetrias de poder, onde corporações de big tech e agências governamentais detêm controle sobre informações territoriais, enquanto populações locais permanecem como objetos passivos de vigilância ambiental.

Além disso, o fenômeno do "technological solutionism" mascara causas estruturais da crise ambiental, como desigualdades fundiárias e padrões insustentáveis de consumo global. Ao apresentar a IA como panaceia, políticas públicas desvia recursos de reformas agrárias e educação ambiental para investimentos em infraestrutura computacional, perpetuando o modelo extrativista sob novo verniz tecnológico. Estudos do IPCC alertam que essa abordagem pode elevar emissões globais em 10% até 2030 se data centers não adotarem fontes renováveis, criando paradoxo onde ferramentas "verdes" agravam o aquecimento que pretendem mitigar.

Outro risco significativo manifesta-se na erosão de competências profissionais tradicionais. Engenheiros florestais, biólogos e gestores ambientais, antes responsáveis por monitoramento in loco, veem suas expertises progressivamente substituídas por análises remotas automatizadas. Essa transição gera desemprego qualificado e perda de saberes empíricos acumulados, essenciais para interpretar nuances locais que algoritmos generalistas não captam. No Brasil, programas de capacitação em IA ambiental priorizam técnicos em programação sobre ecólogos de campo, invertendo hierarquias de conhecimento que historicamente sustentaram a conservação nacional.

Em síntese, as implicações da IA para ecossistemas e sociedade revelam tensão fundamental entre eficiência tecnológica e justiça socioambiental. Sem governança ética rigorosa, a IA não apenas falha em proteger habitats frágeis, mas os coloca em risco adicional por meio de intervenções mal calibradas, exclusão comunitária e impactos computacionais contraditórios. A saúde ecossistêmica demanda, portanto, que a inovação tecnológica seja subordinada a princípios de equidade intergeracional e respeito às epistemologias locais, evitando que soluções digitais se tornem novas formas de colonialismo verde.

CONCLUSÃO

A análise confirma que a IA, embora promissora para monitoramento ecológico e previsão climática, apresenta desafios éticos graves: viés algorítmico, opacidade decisória, impacto computacional contraditório e exclusão de saberes tradicionais, respondendo diretamente ao problema de pesquisa proposto. Esses dilemas não apenas comprometem a eficácia prática da tecnologia "verde", contudo fragilizam ecossistemas frágeis ao priorizar eficiência algorítmica sobre justiça socioambiental, especialmente em biomas brasileiros sobrepostos a territórios indígenas.

Para uma IA ambiental ética, propõem-se cinco pilares: auditorias independentes multidisciplinares; integração de epistemologias locais via co-criação de indicadores; algoritmos de baixo carbono com disclosure de pegada ecológica; governança participativa de dados com consentimento comunitário; e transparência total via técnicas XAI. Tais diretrizes, adaptando princípios da UNESCO (2021), demandam institucionalização via agência regulatória específica no MMA/MCTI para certificar aplicações e mediar conflitos.

Perspectivas futuras incluem estudos empíricos comparando IA híbrida versus automatizada em biomas nacionais, métricas padronizadas de impacto ambiental da IA e governança descentralizada via blockchain para soberania indígena de dados territoriais. Em síntese, ética deve condicionar inovação: sem equidade intergeracional e respeito às múltiplas formas de conhecer ecossistemas, a IA arrisca trocar crise climática por colonialismo digital verde, onde algoritmos "salvadores" se tornam novos extrativistas de biodiversidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5262/abnt-nbr6023-informacao-e-documentacao-referencias-elaboracao>. Acesso em: 11 mar. 2026.

AURUM PUBLICAÇÕES. Inteligência artificial e sustentabilidade ambiental. **Multidisciplinar Acta Scientiarum**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2025. Disponível em: <https://aurumpublicacoes.com/index.php/MA/article/view/512>. Acesso em: 11 mar. 2026.

IT FORUM. **IA e gestão integrada combatem incêndios no Pantanal**. São Paulo, 15 set. 2024. Disponível em: <https://itforum.com.br/inteligencia-artificial/ia-e-gestao-combatem-incendios-no-pantanal/>. Acesso em: 24 mar. 2026.

MUZY, Jorge. Desafios da IA generativa: sustentabilidade, segurança e ética em foco. **iG Tecnologia**, 18 fev. 2024. Disponível em: <https://tecnologia.ig.com.br/colunas/jorge-muzy/2024-02-18/desafios-ia-generativa-sustentabilidade-seguranca-etica-foco.html>. Acesso em: 11 mar. 2026.

PRISM SUSTAINABILITY DIRECTORY. Ethical considerations for AI in ecosystem management and conservation. **Prism Sustainability Scenarios**, 7 set. 2025. Disponível em: <https://prism.sustainability-directory.com/scenario/ethical-considerations-for-ai-in-ecosystem-management-and-conservation/>. Acesso em: 11 mar. 2026.

PUCRS. Ética e sustentabilidade: os desafios no uso de tecnologias inteligentes. **Portal PUC-RS**, 2025. Disponível em: <https://portal.pucrs.br/noticias/pesquisa/etica-e-sustentabilidade-os-desafios-no-uso-de-tecnologias-inteligentes/>. Acesso em: 11 mar. 2026.

REVISTA DIREITO UFMG. Inteligência artificial e sustentabilidade: desafios éticos e ambientais. **Revista de Direito**, Belo Horizonte, v. 45, n. 2, p. 298-315, set. 2025. Disponível em: https://revista.direito.ufmg.br/index.php/revista/pt_BR/article/view/2985. Acesso em: 11 mar. 2026.

SINGH. **Generative AI and environmental bias: protecting our planet.** *LinkedIn Pulse*, 20 nov. 2024. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/generative-ai-environmental-bias-can-we-protect-our-planet-singh-pz6nc>. Acesso em: 11 mar. 2026.

TJSP. Inteligência artificial: um paradoxo ambiental? *Cadernos Jurídicos*, São Paulo, n. 65, p. 1-20, 2025. Disponível em: <https://www.tjsp.jus.br/download/EPM/Publicacoes/CadernosJuridicos/65%2011.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2026.

UNESCO. **Recomendação sobre a ética da inteligência artificial.** Paris, 2021. 80 p. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_por. Acesso em: 11 mar. 2026.