

Inteligência artificial e seus custos ocultos: limites ecológicos e colonialidade digital no Brasil

Ricardo Miranda dos Santos

Pós-doutorando em Arquitetura e Urbanismo no UNIVAG.

Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG).

ricardomiranda4@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4840-8916>

Sandra Medina Benini

Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela UPM e em Geografia pela FCT/UNESP.

Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG).

sandra.benini@univag.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-7109-8717>

Allan Leon Casemiro da Silva

Doutor em Agronegócio e Desenvolvimento pela UNESP.

allan.leon@unesp.br

<https://orcid.org/0000-0002-2397-3492>

Submissão: 02/09/2025

Aceite: 15/10/2025

SANTOS, Ricardo Miranda dos; BENINI, Sandra Medina; SILVA, Allan Leon Casemiro da. Inteligência artificial e seus custos ocultos: Limites ecológicos e colonialidade digital no Brasil. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. e2504, 2025. DOI: [10.17271/1980082721320256238](https://doi.org/10.17271/1980082721320256238). Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/6238.

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Inteligência artificial e seus custos ocultos: limites ecológicos e colonialidade digital no Brasil

RESUMO

Objetivo – Analisar criticamente a inteligência artificial a partir de sua base material e ecológica, com foco na expansão dos data centers e em seus impactos ambientais, territoriais e políticos no Brasil, evidenciando o paradoxo entre as promessas de sustentabilidade da IA e a intensificação de seu metabolismo energético e hídrico.

Metodologia – O estudo adota abordagem qualitativa e crítico-analítica, fundamentada em revisão bibliográfica interdisciplinar, articulando contribuições da ecologia política, da economia ecológica, dos estudos críticos da tecnologia e do direito ambiental, além da análise de relatórios técnicos, documentos institucionais e matérias jornalísticas especializadas.

Originalidade/relevância – O artigo se insere no debate sobre os limites ecológicos da inteligência artificial ao evidenciar a colonialidade digital associada à territorialização dos data centers no Sul Global, preenchendo uma lacuna teórica ao articular infraestrutura digital, justiça ambiental e dependência tecnológica no contexto brasileiro.

Resultados – Os resultados indicam que a expansão da infraestrutura da IA no Brasil intensifica pressões sobre energia, água e território, reproduzindo assimetrias globais de poder e deslocando custos socioambientais para territórios periféricos, ao mesmo tempo em que os benefícios econômicos e decisórios permanecem concentrados em corporações transnacionais.

Contribuições teóricas/metodológicas – O artigo contribui ao reposicionar a inteligência artificial como infraestrutura ecológica e fenômeno político-territorial, oferecendo uma leitura crítica que supera abordagens tecnossolucionistas e incorpora o conceito de limites ecológicos como critério analítico central.

Contribuições sociais e ambientais – A pesquisa reforça a necessidade de integrar justiça ambiental e justiça digital nos processos de governança da IA, destacando a importância de políticas públicas que considerem impactos territoriais, participação social e critérios vinculantes de sustentabilidade na regulação de data centers.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência artificial. Data centers. Justiça ambiental.

Artificial intelligence and its hidden costs: ecological limits and digital coloniality in Brazil

ABSTRACT

Objective – To critically analyze artificial intelligence from its material and ecological foundations, focusing on the expansion of data centers and their environmental, territorial, and political impacts in Brazil, highlighting the paradox between AI's sustainability promises and the intensification of its energy and water metabolism.

Methodology – The study adopts a qualitative and critical-analytical approach, grounded in an interdisciplinary literature review that articulates contributions from political ecology, ecological economics, critical technology studies, and environmental law, complemented by the analysis of technical reports, institutional documents, and specialized journalistic sources.

Originality/relevance – The article contributes to debates on the ecological limits of artificial intelligence by revealing the digital coloniality associated with the territorialization of data centers in the Global South, addressing a theoretical gap by linking digital infrastructure, environmental justice, and technological dependency in the Brazilian context.

Results – The findings indicate that the expansion of AI infrastructure in Brazil intensifies pressures on energy, water, and territory, reproducing global power asymmetries and displacing socio-environmental costs onto peripheral territories, while economic benefits and decision-making power remain concentrated in transnational corporations.

Theoretical/methodological contributions – The article contributes by repositioning artificial intelligence as an ecological infrastructure and a political-territorial phenomenon, offering a critical perspective that moves beyond technosolutionist approaches and incorporates ecological limits as a central analytical criterion.

Social and environmental contributions – The research underscores the need to integrate environmental justice and digital justice within AI governance processes, emphasizing the importance of public policies that account for territorial impacts, social participation, and binding sustainability criteria in the regulation of data centers.

KEYWORDS: Artificial intelligence. Data centers. Environmental justice.

La inteligencia artificial y sus costos ocultos: límites ecológicos y colonialidad digital en Brasil

RESUMEN

Objetivo – Analizar críticamente la inteligencia artificial a partir de sus bases materiales y ecológicas, con énfasis en la expansión de los centros de datos y sus impactos ambientales, territoriales y políticos en Brasil, evidenciando la paradoja entre las promesas de sostenibilidad de la IA y la intensificación de su metabolismo energético e hídrico.

Metodología – El estudio adopta un enfoque cualitativo y crítico-analítico, basado en una revisión bibliográfica interdisciplinaria que articula aportes de la ecología política, la economía ecológica, los estudios críticos de la tecnología y el derecho ambiental, complementada con el análisis de informes técnicos, documentos institucionales y materiales periodísticos especializados.

Originalidad/relevancia – El artículo se inserta en el debate sobre los límites ecológicos de la inteligencia artificial al evidenciar la colonialidad digital asociada a la territorialización de los centros de datos en el Sur Global, cubriendo un vacío teórico al articular infraestructura digital, justicia ambiental y dependencia tecnológica en el contexto brasileño.

Resultados – Los resultados indican que la expansión de la infraestructura de la IA en Brasil intensifica las presiones sobre la energía, el agua y el territorio, reproduciendo asimetrías globales de poder y desplazando los costos socioambientales hacia territorios periféricos, mientras que los beneficios económicos y las instancias de decisión permanecen concentrados en corporaciones transnacionales.

Contribuciones teóricas/metodológicas – El artículo contribuye al reposicionar la inteligencia artificial como infraestructura ecológica y fenómeno político-territorial, ofreciendo una lectura crítica que supera enfoques tecnosolucionistas e incorpora el concepto de límites ecológicos como criterio analítico central.

Contribuciones sociales y ambientales – La investigación refuerza la necesidad de integrar la justicia ambiental y la justicia digital en los procesos de gobernanza de la IA, destacando la importancia de políticas públicas que consideren los impactos territoriales, la participación social y criterios vinculantes de sostenibilidad en la regulación de los centros de datos.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia artificial. Centros de datos. Justicia ambiental.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a inteligência artificial (IA) tem sido apresentada como símbolo de uma economia informacional supostamente imaterial, eficiente e orientada à otimização de processos. Associada à metáfora da “nuvem”, a IA é frequentemente representada como tecnologia etérea, baseada em fluxos abstratos de dados e algoritmos, desvinculada de infraestruturas físicas, territórios e recursos naturais. Essa narrativa, amplamente difundida por discursos corporativos, institucionais e midiáticos, contribui para a naturalização da expansão da economia digital como processo ambientalmente neutro ou mesmo intrinsecamente sustentável.

Contudo, tal representação opera como um dispositivo ideológico de ocultamento que, onde se afirma ser imaterial, a inteligência artificial depende de uma infraestrutura físico-industrial complexa, intensiva em energia elétrica, água, minerais críticos e grandes extensões territoriais. Como argumenta Crawford (2021), a metáfora da “nuvem” apaga deliberadamente a materialidade dos data centers, das cadeias extrativas e dos sistemas energéticos que sustentam a operação contínua dos modelos algorítmicos. Assim, quanto mais “inteligente” e sofisticada a tecnologia, mais intensiva se torna sua base material, aprofundando pressões ecológicas e territoriais em escala global.

É nesse contexto que emerge o paradoxo ambiental da inteligência artificial: ao mesmo tempo em que a IA é promovida como ferramenta capaz de enfrentar a crise climática — por meio de aplicações em monitoramento ambiental, otimização energética e gestão de sistemas complexos —, sua expansão depende da intensificação do metabolismo energético e material da economia contemporânea. Esse paradoxo não é circunstancial, mas estrutural, pois a IA se desenvolve no interior de uma lógica de crescimento contínuo, característica do capitalismo digital, que tende a deslocar os limites ecológicos para o campo da gestão técnica, em vez de enfrentá-los como restrições políticas e sociais.

No Brasil, essa contradição adquire contornos particularmente relevantes, pois o país vem sendo progressivamente inserido na geografia global da inteligência artificial como território estratégico para a instalação de data centers, em razão de fatores como disponibilidade relativa de energia, presença significativa de fontes renováveis, acesso a recursos hídricos e localização geopolítica favorável. Essa inserção, entretanto, não é neutra. Ela posiciona o território brasileiro como infraestrutura funcional à expansão do capitalismo digital global, absorvendo custos socioambientais associados ao consumo intensivo de energia e água, à reconfiguração do uso do solo e à flexibilização regulatória, enquanto os centros de decisão, controle dos dados e apropriação do valor permanecem concentrados em grandes corporações transnacionais.

Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo central analisar criticamente a inteligência artificial a partir de sua base material e ecológica, com foco na expansão dos data centers e em seus impactos ambientais e territoriais no Brasil. Busca-se demonstrar que a sustentabilidade associada à IA não pode ser avaliada apenas em termos de eficiência técnica ou de compromissos voluntários de neutralidade de carbono, mas deve ser compreendida como questão política, distributiva e territorial, vinculada a escolhas sobre limites ecológicos, prioridades energéticas e justiça socioambiental.

Do ponto de vista metodológico, o artigo adota uma abordagem qualitativa e crítico-analítica, fundamentada em revisão bibliográfica interdisciplinar, que articula contribuições dos estudos críticos da tecnologia, da economia ecológica, da ecologia política e do direito ambiental. Foram analisados artigos acadêmicos nacionais e internacionais, relatórios técnicos, bem como documentos institucionais e matérias jornalísticas especializadas, utilizadas como subsídio empírico complementar. A análise baseia-se em uma perspectiva crítica que recusa o tecnossolucionismo e enfatiza a materialidade da tecnologia, a territorialização dos impactos e as assimetrias de poder que estruturam a economia digital contemporânea.

Neste sentido, o trabalho traz uma análise crítica de com base no decolonialismo, ao situar a expansão da infraestrutura da IA no contexto das relações desiguais entre Norte e Sul Global. Essa perspectiva permite compreender a inteligência artificial não apenas como inovação tecnológica, mas como fenômeno inserido em dinâmicas históricas de dependência, extrativismo e colonialidade, agora reatualizadas sob a forma de infraestruturas digitais intensivas em recursos naturais.

O artigo está organizado em cinco seções, além desta introdução. A primeira seção analítica discute a inteligência artificial como infraestrutura ecológica, evidenciando a materialidade invisibilizada dos data centers e a centralidade da energia e da água como limites ecológicos. Em seguida, analisa-se a reconfiguração do território brasileiro a partir da expansão dos data centers, destacando a concentração espacial, o discurso do processamento verde e os conflitos socioambientais associados. A quarta seção aprofunda o paradoxo ambiental da IA, discutindo as promessas e os limites das aplicações ambientais. Por fim, a quinta seção examina os desafios da regulação ambiental e da governança da IA no Brasil, articulando-os às noções de colonialidade digital, justiça ambiental e soberania tecnológica.

Ao deslocar o debate da inteligência artificial do campo estritamente técnico para o campo da ecologia política da tecnologia, este artigo sustenta que enfrentar o paradoxo ambiental da IA exige mais do que inovação algorítmica. Exige reconhecer que a sustentabilidade, se levada a sério, deve operar como limite estruturante do desenvolvimento tecnológico, e não apenas como promessa discursiva que legitima a expansão contínua da infraestrutura digital.

2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO INFRAESTRUTURA ECOLÓGICA

A inteligência artificial (IA) é frequentemente apresentada como expressão máxima de uma economia informacional supostamente imaterial, associada a fluxos de dados, algoritmos e processos abstratos, desvinculados de suportes físicos, infraestruturas técnicas e territórios concretos. Essa representação, amplamente difundida em discursos corporativos, institucionais e midiáticos, tem sido objeto de crítica por operar como um dispositivo ideológico de ocultamento, na medida em que invisibiliza as bases materiais, energéticas e ecológicas que sustentam o funcionamento dos sistemas algorítmicos (Coeckelbergh, 2020; Crawford, 2021).

A inteligência artificial depende de uma infraestrutura físico-industrial complexa, territorializada e intensiva em recursos naturais, notadamente energia elétrica, água e minerais críticos, cuja extração, processamento e uso geram impactos ambientais e sociais expressivos ao longo de cadeias produtivas globais (Galaz et al., 2021; Stacciarini; Gonçalves, 2025).

A expressão “infraestrutura ecológica” deve ser compreendida em sentido concreto, e não meramente metafórico. Trata-se de um enquadramento analítico que reconstrói a IA como sistema sociotécnico acoplado a fluxos contínuos de energia e matéria, cuja estabilidade depende de condições biofísicas (disponibilidade energética, regimes hídricos, integridade de cadeias extrativas) e de arranjos institucionais (regulação, planejamento, incentivos e governança). Nessa chave, a “ecologia” não figura como pano de fundo passivo, mas como condição de possibilidade do cálculo algorítmico: a computação em escala industrial converte eletricidade em processamento e, inevitavelmente, em calor dissipado, tornando estruturais as demandas por resfriamento, água e materiais. O deslocamento de foco do “algoritmo” para o metabolismo infraestrutural recoloca a IA no campo dos riscos sistêmicos e dos limites planetários, nos quais impactos ambientais não constituem externalidades periféricas, mas dimensões constitutivas do modelo de desenvolvimento digital (Galaz et al., 2021).

Adicionalmente, a materialidade da IA não se reduz ao edifício do data center enquanto unidade isolada: ela se estende a uma ecologia infraestrutural composta por redes de fibra óptica, cabos submarinos, roteadores, torres, sistemas de transmissão e distribuição elétrica, plantas de captação e tratamento de água, bem como cadeias logísticas que asseguram a circulação e a renovação acelerada de equipamentos (Coeckelbergh, 2020; Crawford, 2021).

Essa tessitura técnico-territorial é decisiva porque a IA opera sob requisitos de conectividade e latência que, frequentemente, induzem investimentos adicionais em backbone de telecomunicações e redundâncias energéticas, ampliando o *footprint* material do chamado “digital”. Em consequência, a metáfora da “nuvem” funciona

menos como imagem de leveza e mais como regime de infraestrutura pesada, cuja opacidade tende a dissociar os locais de consumo simbólico (interfaces e serviços) dos locais de produção material (energia, água, mineração e descarte), reforçando assimetrias e invisibilizações (Coeckelbergh, 2020; Crawford, 2021).

Nessa perspectiva, a IA não pode ser compreendida apenas como tecnologia informacional, mas como um arranjo ecológico-industrial, inscrito no metabolismo socioeconômico contemporâneo e profundamente imbricado nas dinâmicas estruturais da crise ambiental e climática (Crawford, 2021; Ferrari, 2023).

Os data centers constituem o núcleo material dessa economia algorítmica e a espinha dorsal da expansão da inteligência artificial. Enquanto infraestruturas estratégicas, concentram servidores de alto desempenho, sistemas massivos de armazenamento de dados, redes de comunicação de baixa latência, complexos aparatos de segurança e sofisticados sistemas de resfriamento, operando de forma contínua e ininterrupta. Essa materialidade pesada evidencia que a expansão da IA não pode ser analisada exclusivamente sob a ótica da inovação tecnológica ou da eficiência computacional, exigindo uma abordagem crítica capaz de incorporar seus custos ecológicos estruturais e suas implicações territoriais, energéticas e hídricas (Stacciarini; Gonçalves, 2025).

2.1 A materialidade invisível da IA

A metáfora da “nuvem” contribui para a invisibilização da infraestrutura que sustenta a IA, reforçando a ideia de desmaterialização da produção digital. No entanto, os data centers são instalações de grande porte, fortemente territorializadas, que demandam extensas áreas físicas, conexão direta a sistemas de transmissão de energia e acesso constante a recursos hídricos para resfriamento dos equipamentos.

O consumo de energia de um data center pode ser decomposto em sistema de equipamentos de TI (50%, incluindo servidores, equipamentos de armazenamento e equipamentos de rede), sistemas de ar-condicionado e resfriamento (37%, sendo aproximadamente 25% referentes ao sistema de resfriamento por ar e cerca de 12% ao sistema de insuflação e retorno de ar), sistema de distribuição (10%) e sistema auxiliar de iluminação (3%). É evidente que o consumo de energia dos sistemas de ar-condicionado e resfriamento ultrapassa um terço do consumo total do data center. (Liu et al. 2020, p, 273 – *Tradução nossa*).

A exigência de funcionamento contínuo (24 horas por dia, sete dias por semana) constitui um elemento central dessa materialidade. Diferentemente de outros usos industriais, os data centers não admitem interrupções sem riscos operacionais significativos, o que os torna altamente dependentes de fontes estáveis e previsíveis de

eletricidade. Essa característica entra em tensão direta com narrativas simplificadas de transição energética, baseadas predominantemente em fontes renováveis intermitentes, como a solar e a eólica. Como observa Soares (2025), a necessidade de energia firme para sustentar a IA tem reaberto debates sobre fontes complementares, inclusive a energia nuclear, revelando os limites técnicos e ambientais de uma transição energética dissociada da análise da demanda.

Nesse cenário, a centralidade atribuída à eficiência energética, usualmente expressa por métricas como a *Power Usage Effectiveness* (PUE), revela limites importantes enquanto estratégia de contenção do consumo energético (Martínez-Vargas, 2024). Ainda que a redução do PUE sinalize melhorias no desempenho relativo dos sistemas, tais avanços não se traduzem, necessariamente, em diminuição do consumo absoluto de eletricidade nos data centers. Estudos recentes indicam que a intensificação da capacidade computacional e o aumento da escala das infraestruturas digitais têm sido acompanhados por uma elevação da demanda total de energia. Observa-se, nesse sentido, que instalações que anteriormente operavam em patamares de 5 MW a 10 MW passaram, a partir de 2022, a alcançar capacidades instaladas entre 20 MW e 50 MW, apresentando um processo acelerado de expansão operacional. Tal dinâmica pode ser compreendida à luz do chamado efeito rebote, segundo o qual ganhos de eficiência técnica tendem a ser compensados — ou mesmo anulados — pela ampliação do uso e da escala produtiva (Martínez-Vargas, 2024).

No contexto brasileiro, dados recentes divulgados apontam que a participação dos data centers no consumo de eletricidade do país deve crescer de forma acelerada ao longo da década. Segundo levantamento da *MIT Technology Review Brasil*, a parcela de energia utilizada por essas instalações pode passar de aproximadamente 1,7 % em 2024 para cerca de 3,9 % do consumo nacional até 2029, o que representa mais do que o dobro da participação atual e projeta que a demanda energética dos data centers venha a superar aquela associada à iluminação pública em escala nacional (Schuck, 2025).

Esse movimento de expansão suscita questões que extrapolam a mera otimização técnica das infraestruturas digitais. A narrativa da chamada “computação sustentável” frequentemente se apoia na premissa de que ganhos de eficiência — seja por meio de indicadores técnicos, seja pela incorporação de fontes renováveis à matriz elétrica — seriam suficientes para mitigar os impactos energéticos do setor (Hilty, Aebischer, 2014). Contudo, o crescimento absoluto do consumo evidencia que tais ganhos relativos não são capazes, por si só, de conter a intensificação da pressão sobre o sistema elétrico. Em outros termos, mesmo em contextos de maior eficiência operacional, a ampliação do parque computacional tende a produzir um aumento líquido da demanda por energia, impondo a necessidade de reflexões mais amplas sobre

planejamento energético, governança e os próprios limites da sustentabilidade técnica no setor.

2.2 Energia e água como limites ecológicos

A energia, nesse cenário, não pode ser tratada apenas como insumo técnico, mas como recurso ecológico disputado, cuja alocação envolve escolhas políticas, econômicas e territoriais. Em escala global, os data centers já responderam por cerca de 2,4% do consumo total de eletricidade ao longo da última década, com projeções de crescimento contínuo nos próximos anos (Fernandes et al., 2023). No caso específico dos data centers voltados à IA, o consumo tende a ser ainda mais elevado, em razão da intensidade computacional dos modelos de aprendizado de máquina e da necessidade de processamento em tempo real (Nusdeo et al., 2025).

Para além da dimensão energética, a água emerge como um recurso estratégico frequentemente subestimado — ou mesmo invisibilizado — no debate público sobre a expansão dos data centers. Os processos de resfriamento dos servidores exigem volumes expressivos de água, tanto de forma direta, por meio dos sistemas de *cooling*, quanto de maneira indireta, em função da matriz elétrica que sustenta essas infraestruturas. Conforme apontam Furtado e Cunha (2024), estimativas relativas ao ano de 2022 indicam que grandes corporações de tecnologia consumiram bilhões de litros de água em suas operações de data centers. Segundo Fernandes et al., 2023, o treinamento quanto a operação cotidiana de modelos de linguagem de grande escala envolve um consumo hídrico significativo, ainda que frequentemente tratado como externalidade secundária.

Esse quadro evidencia com maior nitidez a existência de limites ecológicos quando se considera de forma integrada o nexo água–energia–clima. A intensificação de eventos climáticos extremos, a elevação das temperaturas médias e a crescente variabilidade hidrológica tendem a ampliar a carga térmica dos sistemas computacionais, aumentando a dependência de mecanismos artificiais de refrigeração (Furtado e Cunha, 2024). Como resultado, observa-se uma retroalimentação perversa, na qual o aumento da temperatura ambiental eleva simultaneamente o consumo de energia elétrica e de água, aprofundando a pressão sobre recursos naturais já tensionados e revelando a fragilidade das estratégias que apostam exclusivamente na eficiência técnica como resposta à crise ecológica contemporânea.

A depender do desenho do resfriamento, parcela desse uso se materializa como evaporação e, em certos casos, como efluentes térmicos, produzindo impactos territorialmente situados que não aparecem quando o debate permanece confinado a “dados” e “algoritmos”. Assim, mesmo quando parte do consumo hídrico é indireta (via geração elétrica), seus efeitos socioambientais são concretos, e tendem a incidir com

maior gravidade em territórios marcados por vulnerabilidade e estresse hídrico (Nusdeo et al., 2025; Fernandes et al., 2023).

No Brasil, essa questão assume contornos particularmente sensíveis. Em um contexto marcado por crises hídricas recorrentes e pela intensificação dos efeitos das mudanças climáticas, a expansão de infraestruturas que demandam resfriamento contínuo tende a pressionar bacias hidrográficas já sobrecarregadas (Godoy et al., 2024). Ainda que parte do consumo hídrico seja indireta, associada à geração de eletricidade, seus efeitos territoriais são concretos, reforçando desigualdades socioambientais e ampliando disputas pelo acesso à água (Schuck, 2025).

A controvérsia hídrica, por sua vez, não é apenas técnica, mas distributiva e institucional, pois em contextos de escassez relativa, o acesso de grandes empreendimentos a água e energia pode competir com usos urbanos essenciais, agricultura e manutenção de ecossistemas, reconfigurando direitos de uso e ampliando disputas territoriais. Sob o ponto de vista empresarial, a demanda hídrica é frequentemente tratada como requisito gerenciável por inovação e eficiência; sob a ótica da justiça ambiental, ela se converte em mecanismo de produção de assimetrias, pois a alocação de recursos tende a refletir capacidades desiguais de barganha e influência regulatória. Em países com desigualdades estruturais, como o Brasil, tais disputas tornam mais visíveis os custos ocultos da infraestrutura digital e desafiam a ideia de que a expansão da IA seja automaticamente compatível com sustentabilidade (Schuck, 2025; Crawford, 2021).

Adicionalmente, a tentativa de mitigar os impactos energéticos por meio da ampliação de fontes renováveis desloca o problema para outra dimensão da crise ecológica: a intensificação da extração de minerais críticos. Como demonstram Stacciarini e Gonçalves (2025), a transição energética e a expansão da IA compartilham uma dependência crescente de minerais estratégicos, cujas cadeias produtivas estão associadas a degradação ambiental, conflitos territoriais e assimetrias geopolíticas. Assim, energia e água emergem não apenas como insumos, mas como limites ecológicos estruturais, que tensionam a ideia de uma inteligência artificial compatível com os pressupostos da sustentabilidade ambiental.

3 DATA CENTERS E A RECONFIGURAÇÃO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

A expansão dos data centers no Brasil tem sido frequentemente apresentada como evidência de modernização tecnológica e de inserção competitiva na economia digital global. Esse discurso, reiterado por agentes públicos e privados, associa a instalação dessas infraestruturas à ideia de progresso, inovação e desenvolvimento sustentável. No entanto, tal narrativa tende a obscurecer um processo mais profundo: o

território brasileiro vem sendo progressivamente reconfigurado para atender às exigências energéticas, logísticas e ambientais da inteligência artificial (IA), assumindo uma função estratégica, porém estruturalmente subordinada, na geografia global do capitalismo digital.

Longe de constituir apenas um “caso promissor”, o Brasil consolida-se como território funcional à expansão dessa infraestrutura, absorvendo custos socioambientais expressivos que permanecem, em grande medida, invisibilizados no debate público e pouco internalizados nos processos decisórios (Nusdeo et al., 2025). Essa funcionalidade territorial manifesta-se tanto na disponibilidade de energia quanto na oferta de água, espaço urbano e flexibilização regulatória, elementos fundamentais para a operação contínua dos data centers.

Essa reconfiguração ocorre em um contexto histórico marcado por assimetrias globais persistentes, nas quais países do Sul Global desempenham o papel de provedores de recursos naturais, energia e território para infraestruturas que sustentam fluxos informacionais e econômicos controlados majoritariamente por grandes corporações transnacionais. No caso da IA, tal dinâmica assume novos contornos, pois a digitalização — frequentemente apresentada como processo de desmaterialização — intensifica a materialidade da produção, ampliando a demanda por energia elétrica, água potável e infraestrutura física, e reinscrevendo desigualdades históricas em uma nova gramática tecnológica (Stacciarini; Gonçalves, 2025).

Assim, a questão decisiva não é apenas “se” o Brasil deve receber data centers, mas em que condições esse processo ocorre, quem define as prioridades territoriais e como os custos e benefícios são distribuídos socialmente. A seguir, discutem-se três dimensões interligadas dessa reconfiguração: (i) o Brasil como fronteira energética da IA, (ii) a retórica do “processamento verde” e (iii) os conflitos socioambientais e as formas de injustiça territorial associadas.

3.1 O Brasil como fronteira energética da IA

O crescimento dos data centers no Brasil tem sido acelerado nos últimos anos, impulsionado por fatores como a expansão do mercado digital, incentivos fiscais, disponibilidade relativa de energia e posição geopolítica estratégica. Dora Kaufman (2024) destaca que grandes empresas de tecnologia anunciaram investimentos bilionários no país: apenas a Microsoft anunciou investimentos da ordem de US\$ 2,7 bilhões em infraestrutura de nuvem e IA no Brasil em um horizonte de três anos, sinalizando a centralidade do território brasileiro na expansão da computação em escala global.

Esse movimento tem reflexos diretos sobre o consumo energético nacional. Levantamentos recentes indicam que o consumo de energia associado aos data centers

deve mais que dobrar até o final da década, passando de aproximadamente 8,2 TWh para mais de 18 TWh anuais, superando inclusive o consumo nacional com iluminação pública (Schuck, 2025). Kaufman (2025b) reforça esse diagnóstico ao observar que o consumo energético dos data centers de grande porte em operação no Brasil já se aproxima do consumo total de estados inteiros, como o Tocantins, evidenciando a magnitude dessa demanda.

A instalação dessas infraestruturas revela um padrão claro de concentração espacial, sobretudo em eixos metropolitanos e áreas estratégicas com acesso privilegiado à infraestrutura elétrica, hídrica e de telecomunicações. A Região Metropolitana de São Paulo, em especial, destaca-se como principal polo. Kaufman (2024) chama atenção para o caso de Barueri, município que abriga um dos maiores complexos de data centers do mundo, ilustrando como determinados territórios urbanos passam a desempenhar funções críticas na economia digital global.

Essa concentração espacial aprofunda desigualdades regionais e territoriais, ao mesmo tempo em que intensifica pressões sobre sistemas urbanos já saturados, especialmente no que se refere à demanda por energia e água. Embora se argumente que a proximidade com centros de consumo e redes de transmissão reduz perdas e aumenta a eficiência, tal lógica desconsidera os impactos cumulativos dessa concentração sobre o território, incluindo sobrecarga de infraestrutura, conflitos pelo uso da água e aumento da vulnerabilidade socioambiental (Fernandes et al., 2023).

Nesse contexto, a matriz energética brasileira — historicamente caracterizada por elevada participação de fontes renováveis — tem sido mobilizada como elemento legitimador da expansão dos data centers. O discurso dominante apresenta o país como destino “natural” para o processamento de dados em larga escala, em razão de sua suposta vantagem ambiental comparativa. Contudo, como alerta Kaufman (2024), essa narrativa ignora que a energia “limpa” não é ilimitada e que sua apropriação por setores altamente intensivos em consumo pode gerar efeitos redistributivos regressivos, deslocando custos ecológicos e sociais para populações que não se beneficiam diretamente dos serviços digitais produzidos.

3.2 A retórica do processamento verde

A noção de processamento verde ocupa posição central na retórica institucional e corporativa associada à expansão dos data centers no Brasil. Segundo esse discurso, a combinação entre energia renovável, eficiência tecnológica e compromissos voluntários de neutralidade de carbono permitiria compatibilizar a expansão da IA com a sustentabilidade ambiental. No entanto, essa narrativa tende a operar mais como estratégia discursiva de legitimação do que como reconhecimento efetivo de limites ecológicos (Crawford, 2021).

Um elemento-chave desse “verde” discursivo é a dissociação espacial e política entre os locais de consumo dos serviços digitais e os locais de instalação da infraestrutura. Kaufman (2024) observa que a percepção dos impactos ambientais da IA é dificultada pela distância material e simbólica entre interface e infraestrutura: a conveniência do serviço digital encobre a concentração territorial de energia, água e solo necessária para sustentá-lo. Essa dissociação contribui para a normalização do crescimento infraestrutural como inevitável, ao passo que os conflitos concretos (outorgas, licenciamento, expansão de rede, restrições hídricas) ficam circunscritos a arenas técnicas e pouco permeáveis ao debate público.

O argumento da energia limpa como vantagem competitiva tende também a obscurecer a crescente complexidade do sistema elétrico nacional (Kaufman, 2025a). A exigência de um fornecimento contínuo, estável e previsível — característica central das operações de data centers — impõe desafios estruturais à integração de fontes renováveis intermitentes, como a solar e a eólica. Para administrar essa tensão entre oferta variável e demanda constante, têm sido acionados mecanismos como o *curtailment*¹, isto é, a redução forçada da geração renovável em períodos de excesso de produção, revelando contradições internas do modelo energético que sustenta a expansão das infraestruturas digitais (Soares, 2025).

Entretanto, a naturalização do *curtailment* suscita questões críticas. Em vez de ser tratado como sintoma de desequilíbrios estruturais entre produção e demanda, ele passa a funcionar como instrumento de racionalização do excesso produtivo, permitindo a continuidade da expansão dos data centers sem enfrentar o debate sobre limites energéticos, prioridades de uso e justiça distributiva (Fernandes et al., 2023). Assim, o processamento verde tende a mascarar deslocamentos de impacto, e não a eliminá-los.

3.3 Conflitos socioambientais e injustiça territorial

A expansão dos data centers no território brasileiro aprofunda conflitos socioambientais que permanecem pouco explorados na literatura e no debate público. Um dos aspectos mais sensíveis diz respeito à pressão sobre recursos hídricos. O resfriamento dos servidores demanda volumes significativos de água limpa e fria, condição técnica indispensável para evitar corrosão e superaquecimento dos equipamentos (Kaufman, 2024).

Kaufman (2025a) cita estudos que estimam, por exemplo, que a geração de uma única resposta de texto por modelos avançados de IA pode envolver centenas de litros

¹ Relatório da IEA Wind Task 25 (2025) aponta que *curtailment* ocorre tipicamente em períodos em que a produção excede a demanda ou há congestionamento da rede, e que, apesar de poder facilitar a integração de renováveis flexíveis, volumes excessivos de energia desperdiçada podem indicar ineficiências sistêmicas.

de água, quando considerados os sistemas de resfriamento. Os conflitos, porém, não se restringem à água. A densificação de data centers pode tensionar infraestrutura urbana (energia, trânsito, ruído, uso do solo), além de induzir reorganizações de zoneamento e de prioridades municipais orientadas à atração de investimentos.

Embora se alegue que tais empreendimentos elevam arrecadação e modernizam a economia local, a literatura crítica aponta que os empregos diretos são relativamente limitados e altamente especializados, e que parte relevante da captura de valor se dá em camadas extraterritoriais (software, propriedade intelectual, governança de dados e cadeias globais), o que torna incerta a proporcionalidade entre benefícios locais e custos ecológicos localizados Kaufman (2025a).

Os impactos locais da instalação dos data centers são, em geral, minimizados ou tratados como externalidades secundárias. Comunidades vizinhas raramente participam dos processos decisórios, e os estudos de impacto ambiental, quando existentes, tendem a fragmentar a análise, desconsiderando efeitos cumulativos e sinérgicos da concentração espacial dessas infraestruturas. Tal dinâmica reforça um padrão de injustiça territorial, no qual os benefícios do processamento digital — lucros, inovação e serviços — são apropriados por grandes corporações globais, enquanto os custos ambientais recaem sobre territórios específicos e populações localizadas.

Essa assimetria evidencia uma contradição central: enquanto a IA é promovida como vetor de eficiência, modernização e sustentabilidade, sua base material reproduz desigualdades históricas de apropriação do território e dos recursos naturais. O Brasil, nesse arranjo, assume o papel de fornecedor de energia, água e espaço físico para a economia digital global, sem que isso se traduza, necessariamente, em ganhos proporcionais de soberania tecnológica, justiça socioambiental ou controle democrático sobre essa infraestrutura estratégica (Stacciarini; Gonçalves, 2025).

Sob esse prisma, a disputa não é apenas ambiental, mas distributiva e democrática: trata-se de definir quem suporta riscos e quem decide sobre a conversão de água, energia e espaço urbano em capacidade computacional. O Brasil, nesse arranjo, tende a assumir papel de fornecedor de energia, água e território para a economia digital global, sem que isso se traduza, necessariamente, em ganhos proporcionais de soberania tecnológica, justiça socioambiental ou controle democrático sobre infraestrutura estratégica (Stacciarini; Gonçalves, 2025). A reconfiguração territorial promovida pelos data centers, portanto, revela-se menos como “modernização neutra” e mais como rearranjo de prioridades socioecológicas, que pode aprofundar desigualdades preexistentes.

4. O PARADOXO AMBIENTAL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial (IA) ocupa posição central nas narrativas contemporâneas sobre o enfrentamento da crise ambiental e climática. Em documentos institucionais, relatórios corporativos e discursos políticos, a IA é frequentemente apresentada como tecnologia capaz de corrigir ineficiências humanas, otimizar sistemas complexos e oferecer soluções inovadoras para problemas ambientais globais. Essa expectativa, contudo, convive com uma contradição fundamental: a expansão da IA depende de uma infraestrutura material intensiva em energia, água e extração mineral, cuja operação aprofunda exatamente os processos de degradação ecológica que se busca mitigar (Crawford, 2021; Kaufman, 2025a).

Esse paradoxo não é circunstancial, mas estrutural. Ele decorre do fato de que a IA não se desenvolve à margem do sistema econômico dominante, mas está profundamente imbricada na lógica do capitalismo contemporâneo, caracterizado pela aceleração produtiva, pela expansão contínua do consumo e pela crescente financeirização da natureza. Assim, ainda que determinadas aplicações da IA apresentem benefícios ambientais pontuais, seu funcionamento sistêmico tende a reforçar o metabolismo energético e material da economia global, deslocando o debate ambiental para uma esfera predominantemente técnica e despolitizada (Ferrari, 2023).

4.1 IA como ferramenta ambiental: promessas, usos e limites estruturais

A incorporação da inteligência artificial às agendas ambientais tem ocorrido em múltiplas frentes. Sistemas baseados em aprendizado de máquina vêm sendo utilizados no monitoramento do desmatamento, na detecção de mudanças no uso e cobertura da terra, na identificação de padrões de poluição atmosférica e hídrica, bem como na previsão de eventos climáticos extremos. A capacidade de processar grandes volumes de dados provenientes de sensores, estações meteorológicas e imagens de satélite tem ampliado significativamente a escala e a precisão das análises ambientais, permitindo respostas mais rápidas e fundamentadas (Kaufman, 2025a).

No setor energético, aplicações de IA associadas às *smart grids* são frequentemente destacadas como instrumentos-chave para a transição energética. Ao otimizar a distribuição de energia, reduzir perdas técnicas e ajustar a oferta à demanda em tempo real, tais sistemas prometem aumentar a eficiência do uso de recursos e facilitar a integração de fontes renováveis. Da mesma forma, a IA tem sido aplicada na concepção de edifícios energeticamente mais eficientes, na otimização de processos industriais e no desenvolvimento de tecnologias de captura e armazenamento de carbono (Galaz et al., 2021).

Entretanto, uma análise crítica dessas promessas revela limites importantes. Em primeiro lugar, os ganhos ambientais proporcionados por essas aplicações são setoriais, localizados e dependentes de contextos específicos, enquanto os custos associados à

infraestrutura que as sustenta são globais, cumulativos e crescentes. A ampliação do monitoramento ambiental, por exemplo, exige maior capacidade de processamento, armazenamento e transmissão de dados, impulsionando a expansão dos data centers e o consumo energético associado (Chen, 2025).

Em segundo lugar, essas aplicações não questionam o padrão de crescimento que estrutura a economia digital. Ao contrário, ao aumentar a eficiência e a capacidade de gestão de sistemas complexos, a IA frequentemente viabiliza a expansão de atividades econômicas que intensificam a exploração de recursos naturais. Como observa Ferrari (2023), há uma tendência de se atribuir à tecnologia a função de compensar externalidades ambientais, sem enfrentar as causas estruturais que as produzem. Nesse sentido, a IA opera mais como instrumento de mitigação técnica do que como vetor de transformação socioecológica.

4.2 O efeito rebote, a expansão digital e a ilusão da eficiência sustentável

A crença de que avanços tecnológicos conduzem automaticamente à redução do consumo de recursos naturais ignora um dos conceitos mais consolidados da economia ecológica: o efeito rebote, também conhecido como Paradoxo de Jevons (Alcott, 2005; Giampietro; Mayumi, 2018). Formulado originalmente no século XIX, esse conceito descreve como ganhos de eficiência reduzem custos relativos e, paradoxalmente, estimulam o aumento do consumo total de um recurso (Jevons, 1865; Alcott, 2005).

No contexto da inteligência artificial, o efeito rebote manifesta-se de maneira particularmente intensa, a medida que modelos se tornam mais eficientes, rápidos e acessíveis, sua adoção se expande para um número crescente de setores e aplicações. A redução do custo por operação não resulta em menor uso da tecnologia, mas em sua disseminação acelerada, ampliando o volume total de dados processados e, conseqüentemente, a demanda por energia, água e infraestrutura física (Crawford, 2021).

Esta discussão pode ser adensada ao reconhecer que a eficiência computacional opera em um campo de forças competitivo, no qual ganhos de desempenho convertem-se rapidamente em novas fronteiras de demanda. A lógica identificada por Jevons — expansão do consumo após ganhos de eficiência — reaparece quando a redução do custo por operação algorítmica estimula a multiplicação de aplicações, a intensificação do uso e a ampliação da capacidade instalada (Jevons, 1865; Alcott, 2005).

Nessa dinâmica, a promessa de mais eficiência desloca o debate do núcleo decisivo: a compatibilidade entre crescimento contínuo e limites ecológicos. Assim, a controvérsia contemporânea não se resolve apenas pela engenharia da eficiência; ela

recoloca a alternativa entre paradigmas de eficiência e de suficiência, isto é, entre expandir indefinidamente a capacidade computacional ou submetê-la a critérios políticos de prioridade, contenção e precaução (Ferrari, 2023).

Dados recentes reforçam essa dinâmica. Conforme destacado por Kaufman (2025a), grandes empresas de tecnologia registraram aumentos expressivos no consumo de água e nas emissões de gases de efeito estufa nos últimos anos, associados à expansão de data centers e serviços de IA. A Microsoft reportou crescimento significativo no uso de água e nas emissões entre 2021 e 2022, enquanto o Google apontou aumentos substanciais em seus impactos ambientais desde 2019, em grande medida relacionados à intensificação do processamento de dados (Kaufman, 2025a).

Esses dados demonstram que a eficiência técnica — expressa em indicadores como otimização algorítmica ou redução do consumo por operação — não se traduz em redução absoluta dos impactos ambientais. Ao contrário, ela funciona como condição de possibilidade para a expansão da infraestrutura digital, reforçando a contradição entre mitigação ambiental e crescimento contínuo. Assim, a eficiência, quando desvinculada de limites, converte-se em ilusão de sustentabilidade, capaz de legitimar a intensificação material da economia digital.

5 REGULAÇÃO AMBIENTAL, GOVERNANÇA E COLONIALIDADE DIGITAL

O avanço da inteligência artificial e de sua infraestrutura material não coloca apenas desafios técnicos de eficiência ou inovação, mas expõe limites políticos, institucionais e ecológicos dos atuais regimes de regulação. A questão central não é apenas *como* regular a IA, mas *quem* define os critérios, a serviço de quais interesses e com quais custos territoriais e ambientais.

A expansão dos data centers no Brasil ocorre em um contexto marcado pela ausência de um marco regulatório ambiental específico para esse tipo de infraestrutura. Embora tais empreendimentos apresentem elevado consumo de energia, água e território, eles seguem sendo enquadrados de forma fragmentada em normas gerais de licenciamento, muitas vezes classificadas como atividades de baixo ou médio impacto, o que reduz exigências ambientais e limita avaliações cumulativas e estratégicas (Santos et al., 2024).

Essa lacuna regulatória favorece processos de flexibilização ambiental indireta, nos quais a urgência por atração de investimentos, inovação tecnológica e competitividade internacional se sobrepõe à precaução ambiental. Como observa Kaufman (2025b), o debate legislativo sobre a regulação da IA no Brasil — em especial no âmbito do PL nº 2338/2024 — tem se concentrado prioritariamente em temas como

direitos fundamentais, transparência algorítmica e soberania informacional, relegando a segundo plano a dimensão ecológica da infraestrutura que sustenta esses sistemas.

A fragmentação normativa também se manifesta na dissociação entre políticas digitais, energéticas e ambientais. Enquanto o discurso oficial promove o país como polo estratégico para data centers “verdes”, não há mecanismos robustos que integrem licenciamento ambiental, gestão hídrica, planejamento energético e ordenamento territorial. Esse cenário amplia o risco de retrocesso ambiental, na medida em que impactos sistêmicos são tratados como externalidades pontuais, e não como parte constitutiva do modelo de desenvolvimento digital em curso (Stacciarini; Gonçalves, 2025).

A inserção do Brasil na economia global da inteligência artificial revela traços evidentes de uma colonialidade digital, na qual países do Sul Global assumem funções específicas na cadeia de valor da IA, sobretudo como fornecedores de energia, água, minerais críticos e território físico para infraestruturas intensivas em recursos (Coeckelbergh, 2020; Crawford, 2021;).

Nesse arranjo, os centros decisórios — responsáveis pelo desenvolvimento dos modelos, pela apropriação dos dados e pela captura dos lucros — permanecem concentrados em grandes corporações e países centrais, enquanto os custos ambientais e sociais da materialidade digital são territorializados em regiões periféricas. Como apontam Stacciarini e Gonçalves (2025), a suposta imaterialidade da IA oculta uma cadeia extrativista ampliada, que articula mineração, energia, logística e descarte de resíduos, reproduzindo padrões históricos de dependência e assimetria.

A retórica da soberania digital, frequentemente mobilizada nos debates regulatórios, mostra-se limitada quando não incorpora a dimensão ecológica. A soberania informacional não se traduz automaticamente em soberania tecnológica ou ambiental, sobretudo quando a expansão da infraestrutura ocorre sob controle de capitais transnacionais e com baixa capacidade estatal de impor contrapartidas socioambientais efetivas (Kaufman, 2025b).

Assim, a colonialidade digital manifesta-se não apenas no controle dos fluxos de dados e algoritmos, mas também na transferência desigual dos impactos ecológicos, reforçando uma geografia do poder em que certos territórios são convertidos em zonas de sacrifício ambiental para sustentar a expansão do capitalismo digital global.

Diante desse cenário, torna-se imprescindível articular os debates sobre justiça ambiental e justiça digital, reconhecendo que a governança da IA envolve disputas distributivas profundas. Não se trata apenas de proteger direitos individuais frente a sistemas algorítmicos, mas de enfrentar a desigual distribuição dos riscos e danos ambientais associados à infraestrutura que os viabiliza (Galaz et al., 2021)

A literatura crítica tem destacado os limites da autorregulação corporativa, baseada em compromissos voluntários de sustentabilidade, neutralidade de carbono ou

eficiência energética. Tais mecanismos, embora relevantes como instrumentos complementares, não substituem políticas públicas vinculantes capazes de estabelecer limites claros à expansão infraestrutural e de assegurar transparência, participação social e responsabilização ambiental (Crawford, 2021; Santos et al., 2024).

A construção de uma soberania tecnológica ambientalmente orientada exige, portanto, a incorporação de critérios de justiça climática nos processos decisórios sobre data centers e IA. Isso implica reconhecer que nem toda expansão tecnológica é desejável ou sustentável, e que o planejamento digital deve ser submetido a limites ecológicos e sociais, e não apenas a métricas de eficiência ou competitividade econômica (Barroso; Mello, 2024).

Em última instância, o paradoxo da regulação da IA no Brasil reside no fato de que a sustentabilidade é frequentemente invocada como discurso legitimador, mas raramente assumida como limite estruturante. Sem enfrentar essa contradição, a governança da inteligência artificial tende a reproduzir — sob novas linguagens tecnológicas — velhas formas de desigualdade, dependência e injustiça ambiental.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste artigo evidencia que a inteligência artificial, longe de constituir uma tecnologia imaterial ou ambientalmente neutra, depende de uma infraestrutura ecológica intensiva em energia, água, território e cadeias extrativas. Ao explicitar a materialidade dos data centers e sua territorialização no Brasil, o texto demonstrou que a expansão da IA aprofunda pressões sobre recursos naturais e sistemas urbanos, reinscrevendo desigualdades históricas sob a gramática da inovação tecnológica. Nesse sentido, a promessa de eficiência e sustentabilidade associada à IA revela-se profundamente paradoxal: os ganhos relativos de desempenho convivem com o crescimento absoluto do consumo energético e hídrico, tensionando os limites ecológicos que estruturam a crise ambiental contemporânea.

O caso brasileiro evidencia de forma particularmente clara essa contradição. A inserção do país na geografia global da inteligência artificial tem ocorrido, em grande medida, como território funcional à expansão do capitalismo digital, absorvendo custos socioambientais associados à operação contínua dos data centers, enquanto os centros de decisão, controle dos modelos e apropriação dos benefícios econômicos permanecem concentrados em atores transnacionais. A mobilização da matriz energética renovável como argumento legitimador da expansão dessas infraestruturas tende a obscurecer conflitos territoriais, pressões sobre recursos hídricos e processos de injustiça ambiental, ao tratar a sustentabilidade como atributo discursivo e não como limite normativo.

O artigo também demonstrou que o paradoxo ambiental da inteligência artificial não pode ser resolvido por meio de soluções estritamente técnicas ou por compromissos voluntários de autorregulação corporativa. A ênfase na eficiência algorítmica, na otimização energética e no chamado “processamento verde” mostra-se insuficiente diante do efeito rebote e da lógica de crescimento contínuo que estrutura a economia digital.

A discussão sobre regulação e governança reforça esse diagnóstico. Embora o debate legislativo brasileiro, exemplificado pelas audiências públicas do PL nº 2338/2024, avance na proteção de direitos fundamentais, na transparência e na soberania informacional, a dimensão ambiental da infraestrutura da IA permanece marginalizada. Essa lacuna normativa revela que a governança da inteligência artificial é, antes de tudo, uma disputa política e institucional sobre quem decide os rumos do desenvolvimento tecnológico, quem captura seus benefícios e quem absorve seus impactos ambientais. Sem a incorporação explícita de critérios ambientais vinculantes, a regulação corre o risco de legitimar uma expansão infraestrutural que reproduz desigualdades territoriais e formas contemporâneas de colonialidade digital.

Diante desse cenário, a principal contribuição deste artigo reside em afirmar que a sustentabilidade da inteligência artificial não pode ser pensada apenas como eficiência técnica, mas como decisão política sobre limites. Integrar justiça ambiental e justiça digital implica submeter a expansão da IA a critérios de precaução, participação social e planejamento territorial, reconhecendo que nem toda inovação é desejável ou compatível com os limites planetários. A soberania tecnológica, por sua vez, só se torna substantiva quando articulada à soberania ambiental, à capacidade regulatória do Estado e à democratização das decisões sobre infraestrutura, energia e uso do território.

Por fim, ao deslocar o debate da inteligência artificial do campo estritamente tecnológico para o campo da ecologia política, este artigo sustenta que enfrentar o paradoxo ambiental da IA exige mais do que aprimorar algoritmos ou diversificar fontes energéticas. Exige uma inflexão no próprio modelo de desenvolvimento que orienta a expansão da economia digital, reconhecendo que a sustentabilidade, se levada a sério, não pode operar apenas como promessa, mas deve funcionar como limite efetivo à reorganização contemporânea do território, da natureza e da tecnologia.

REFERÊNCIAS

ALCOTT, Blake. Jevons' paradox. **Ecological Economics**, v. 54, n. 1, p. 9–21, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.020>

BARROSO, Luís Roberto; MELLO, Patrícia Perrone Campos. Inteligência artificial: promessas, riscos e regulação. Algo de novo debaixo do sol. **Revista Direito e Práxis**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p. 1–45, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8966/2024/84479> .

CHEN, S. How much energy will AI really consume? The good, the bad and the unknown. **Nature**, v.639, n.8053, 2025, p. 22-24, <https://doi.org/10.1038/d41586-025-00616-z>

COECKELBERGH, Mark. **AI ethics**. Cambridge: MIT Press, 2020.

CRAWFORD, Kate. **Atlas of AI: power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence**. New Haven: Yale University Press, 2021.

FERNANDES, André Lucas (coord.); SANTOS, Anicely; LEYENDECKER, Helton; MENDES, Clarissa. **IA, data centers e os impactos ambientais**. Policy Brief. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa em Direito e Tecnologia do Recife (IP.rec), 2023.

FERRARI, Vanessa. Inteligência artificial: um paradoxo ambiental? **Cadernos Jurídicos da Escola Paulista da Magistratura**, São Paulo, ano 24, n. 65, p. 201–212, 2023. Disponível em: <https://bdjur.stj.jus.br/entities/publication/9e5501a1-4efc-4d8d-9ad7-6876e486799b> >. Acesso em: 18 out. 2025.

FURTADO, Renato Guimarães; CUNHA, Simone Evangelista. Inteligência artificial, data centers e colonialismo digital: impactos socioambientais e geopolíticos a partir do Sul Global. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18617/liinc.v20i2.7272> . Disponível em: <https://revista.ibict.br/liinc/article/view/7272>. Acesso em: 16 nov. 2025.

GALAZ, V., CENTENO, M. A., CALLAHAN, P. W., CAUSEVIC, A., PATTERSON, T., BRASS, I., BAUM, S., FARBER, D., FISCHER, J., GARCIA, D., MCPHEARSON, T., JIMENEZ, D., KING, B., LARCEY, P., & LEVY, K. Artificial intelligence, systemic risks, and sustainability. **Technology in Society**, 67, Article 101741, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101741>

GIAMPIETRO, M.; MAYUMI, K. Unraveling the Complexity of the Jevons Paradox: The Link Between Innovation, Efficiency, and Sustainability. **Frontiers in Energy Research**, 6, 2018. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2018.00026>

GODOY, Jeane Aparecida Rombi de; BENINI, Sandra Medina; SILVA, Allan Leon Casemiro da; PALMISANO, Angelo. Análise das Políticas de Adaptação Climática no Rio Grande do Sul. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 20, n. 3, 2024. DOI: [10.17271/1980082720520245550](https://doi.org/10.17271/1980082720520245550). Disponível

em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/5550. Acesso em: 15 jan. 2025.

HILTY, Lorenz M.; AEBISCHER, Bernard. ICT for sustainability: an emerging research field. In: HILTY, Lorenz M.; AEBISCHER, Bernard (org.). **ICT innovations for sustainability**. Cham: Springer, 2014. p. 3–36. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-09228-7_1.

JEVONS, William Stanley. **The coal question: an inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines**. London: Macmillan, 1865.

KAUFMAN, Dora. IA como aliada ou inimiga da natureza. **Valor Econômico**, São Paulo, 10 mar. 2025a. Disponível em: <https://valor.globo.com/opiniao/coluna/ia-como-aliada-ou-inimiga-da-natureza.ghtml>. Acesso em: 18 out. 2024.

KAUFMAN, Dora. Infraestrutura de IA sustentável. **Valor Econômico**, São Paulo, 18 out. 2024. Disponível em: < <https://valor.globo.com/opiniao/coluna/infraestrutura-de-ia-sustentavel.ghtml> >. Acesso em: 18 out. 2024.

KAUFMAN, Dora. Regulação da IA no Brasil: soberania, transparência e direitos. **Valor Econômico**, São Paulo, 6 out. 2025b. Disponível em: <https://valor.globo.com/opiniao/coluna/regulacao-da-ia-no-brasil-soberania-transparencia-e-direitos.ghtml>. Acesso em: 18 out. 2024.

LIU, Yanan; WEI, Xiaoxia; XIAO, Jinyu; LIU, Zhijie; XU, Yang; TIAN, Yun. Energy consumption and emission mitigation prediction based on data center traffic and PUE for global data centers. **Global Energy Interconnection**, v. 3, n. 3, p. 272–282, jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloe.2020.07.008>.

MARTÍNEZ-VARGAS, Ivan. Brasil já colhe benefícios do boom dos data centers. **Valor Econômico**, São Paulo, 6 nov. 2024. Disponível em: <https://valor.globo.com/publicacoes/especiais/investimento-estrangeiro/noticia/2024/11/06/brasil-ja-colhe-beneficios-do-boom-dos-data-centers.ghtml>. Acesso em: 16 nov. 2025.

NUSDEO, Ana Maria de Oliveira et al. O Brasil como polo de data centers de IA no Sul Global: limites regulatórios e riscos socioambientais. **Revista Jurídica Direito & Realidade**, v. 16, p. 56–86, 2025. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/direito-realidade/article/view/4036>. Acesso em: 16 nov. 2025.

SANTOS, Anicely et al. **IA, data centers e os impactos ambientais**. Policy Brief. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa e Tecnologia, 2024. Disponível em: <https://ip.rec.br/wp-content/uploads/2025/05/Policy-Paper-Data-Centers.pdf> . Acesso em: 16 nov. 2025.

SCHUCK, Sofia. Data centers vão dobrar consumo de energia no Brasil e superar iluminação pública, revela MIT. **Exame**, São Paulo, 2025. Disponível em: <https://exame.com/esg/data-centers-vaio-dobrar-consumo-de-energia-no-brasil-e-superar-iluminacao-publica-revela-mit/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

SOARES, Ricardo. Inteligência artificial generativa: entre energias renováveis e o uso crescente da energia nuclear. **Jornal da USP**, São Paulo, 16 jan. 2025. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/inteligencia-artificial-generativa-entre-energias-renovaveis-e-o-uso-crescente-da-energia-nuclear/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

STACCIARINI, João Henrique Santana; GONÇALVES, Ricardo Junior de Assis Fernandes. Data Centers, Minerais Críticos, Energia e Geopolítica: as bases da Inteligência Artificial. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 37, n. 1, 2025. DOI: [10.14393/SN-v37-2025-77215](https://doi.org/10.14393/SN-v37-2025-77215). Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/77215>. Acesso em: 16 nov. 2025.

WIND Task 25. Wind and Solar Energy Curtailment. **IEA Wind**, 2025. Disponível em: <https://iea-wind.org/wp-content/uploads/2025/02/Task25-FactS-Curtailment-February2025.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2025.

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

- **Concepção e Design do Estudo:** Ricardo Miranda dos Santos; Sandra Medina Benini.
 - **Curadoria de Dados:** Ricardo Miranda dos Santos.
 - **Análise Formal:** Ricardo Miranda dos Santos; Allan Leon Casemiro da Silva.
 - **Aquisição de Financiamento:** Não houve.
 - **Investigação:** Ricardo Miranda dos Santos.
 - **Metodologia:** Ricardo Miranda dos Santos; Sandra Medina Benini.
 - **Redação – Rascunho Inicial:** Ricardo Miranda dos Santos.
 - **Redação – Revisão Crítica:** Sandra Medina Benini; Allan Leon Casemiro da Silva.
 - **Revisão e Edição Final:** Ricardo Miranda dos Santos; Sandra Medina Benini.
 - **Supervisão:** Sandra Medina Benini.
-

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Eu/Nós, **Ricardo Miranda dos Santos, Sandra Medina Benini e Allan Leon Casemiro da Silva**, declaramos que o manuscrito intitulado **“Inteligência artificial e seus custos ocultos: limites ecológicos e colonialidade digital no Brasil”** atende aos seguintes critérios:

1. **Vínculos Financeiros:** Nenhuma instituição ou entidade financiadora esteve envolvida no desenvolvimento deste estudo.
 2. **Relações Profissionais:** Os autores mantêm vínculo empregatício com instituições acadêmicas, sem que tais vínculos tenham influenciado a análise, a interpretação ou a apresentação dos resultados. Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida.
 3. **Conflitos Pessoais:** Nenhum conflito de interesse pessoal relacionado ao conteúdo deste manuscrito foi identificado.
-