

TECNOLOGIA E CRISE AMBIENTAL: OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO BRASIL¹

TECHNOLOGY AND THE ENVIRONMENTAL CRISIS: THE SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BRAZIL

Pillar Cornelli Crestani²
Jerônimo Siqueira Tybusch³

Resumo: O artigo tem como objetivo analisar os impactos socioambientais da inteligência artificial (IA) no Brasil, com ênfase na implementação de *data centers* e suas implicações para a crise ambiental em curso. O referencial metodológico está ancorado na Teoria dos Sistemas de Niklas Luhmann, aliado à pesquisa bibliográfica e documental, utilizando-se de fichamentos e resumos para sistematizar as informações oriundas de fontes acadêmicas e institucionais. O trabalho divide-se em dois capítulos: o primeiro discute o conceito e o cenário contemporâneo da crise ambiental; o segundo examina os efeitos socioambientais dos *data centers* de IA no contexto brasileiro. Com base no estudo realizado, conclui-se que o modelo vigente de desenvolvimento tecnológico é estruturalmente incompatível com a sustentabilidade ambiental, pois a implementação de *data centers* de inteligência artificial depende do elevado consumo energético, da exploração contínua de recursos naturais e da geração significativa de resíduos, agravando a crise ambiental.

¹ Artigo produzido na disciplina “Direitos da Sociobiodiversidade: Desenvolvimento e Dimensões da Sustentabilidade”, vinculada ao Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Federal de Santa Maria (PPGD/UFSM), sob orientação do Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch.

² Doutoranda e Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Federal de Santa Maria (PPGD/UFSM). Especialista em Direito Digital pela Fundação Escola Superior do Ministério Público (FMP). Pesquisadora do Centro de Estudos e Pesquisas em Direito e Internet da Universidade Federal de Santa Maria (CEPEDI/UFSM). Advogada. E-mail para contato: pillarcornellicrestani@gmail.com.

³ Doutor em Ciências Humanas pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); mestre em Direito Público pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS); graduado em Direito pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Professor Associado no Departamento de Direito da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Orientador de Mestrado e Doutorado. Professor do Programa de Pós-Graduação em Direito (PPGD/UFSM) - Mestrado e Doutorado em Direito. Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede (PPGTER/UFSM) - Mestrado Profissional em Tecnologias Educacionais em Rede. Pesquisador e Líder do Grupo de Pesquisa em Direito da Sociobiodiversidade - GPDS. Foi Coordenador da Região Sul (2020), Vice-Coordenador Nacional (2021-2022) e Coordenador Nacional (2023) do Colégio de Pró-reitores de Graduação (COGRAD) da Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (ANDIFES). Atualmente é Pró-Reitor de Graduação da UFSM e Presidente Nacional do Fórum de Pró-reitorias de Graduação do Brasil (FORGRAD). Membro da Diretoria do CONPEDI Gestão 2017-2020 / 2020-2023 / 2023-2026. E-mail: jeronimotybusch@ufsm.br.

Palavras-chave: Crise Ambiental. Data Centers. Inteligência Artificial. Sociobiodiversidade. Tecnologia.

Abstract: The article aims to analyze the socio-environmental impacts of Artificial Intelligence (AI) in Brazil, with an emphasis on the implementation of data centers and their implications for the ongoing environmental crisis. The methodological framework is anchored in Niklas Luhmann's Systems Theory, combined with bibliographical and documentary research, utilizing file card systems and summaries to systematize information from academic and institutional sources. The work is divided into two chapters: the first discusses the concept and the contemporary scenario of the environmental crisis; the second examines the socio-environmental effects of AI data centers in the Brazilian context. Based on the study conducted, it is concluded that the current model of technological development is structurally incompatible with environmental sustainability, as the implementation of Artificial Intelligence data centers depends on high energy consumption, the continuous exploitation of natural resources, and the significant generation of waste, thereby aggravating the environmental crisis.

Keywords: Artificial Intelligence. Data Centers. Environmental Crisis. Socio-biodiversity. Technology.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, tecnologias como a inteligência artificial têm cada vez mais ganhado espaço na sociedade, no intuito de facilitar as atividades humanas – cumprindo, especialmente, as metas do progresso e do desenvolvimento econômico. Entretanto, apesar das vantagens intrínsecas a essas inovações tecnológicas, verifica-se que elas provocam intensos impactos socioambientais, acentuando a crise ambiental, que, por sua vez, põe em xeque o direito de presentes e futuras gerações a um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Nessa perspectiva, destaca-se que o Brasil se encontra no centro da agenda de implementação de *data centers* de inteligência artificial – o que vem sendo visto com preocupação, do ponto de vista ecológico. A partir desse problema, questiona-se: quais os impactos socioambientais da implementação dos *data centers* de inteligência artificial, no âmbito brasileiro, e em que medida isso contribui para o agravamento da crise ambiental?

Para tanto, aplica-se a abordagem sistêmica, com base na teoria de Niklas Luhmann (1996), mediante a qual é possível estabelecer comparações entre diversos sistemas sociais, como a Ciência, o Direito, a Economia, a Política, visando à produção de sentido, a partir de sistemas autopoieticos abertos e fechados. No presente caso, serão postos em discussão os sistemas da Sociobiodiversidade, da Tecnologia e do Direito, buscando apontar a interligação entre eles.

Por conseguinte, no que tange à teoria de base, são utilizados os autores que trabalham com a perspectiva da “crise ambiental” ou “crise ecológica”, como Enrique Leff, Henri Acselrad e Fernando Estenssoro Saavedra. Aliado a esse referencial metodológico, a presente produção utiliza a pesquisa bibliográfica e documental como procedimento; e a técnica de elaboração de fichamentos e resumos, a fim de selecionar as informações das obras e dos relatórios analisados.

Na sequência, esclarece-se que a aplicação do referido método resultou na divisão do artigo em duas partes: o primeiro capítulo contempla o cenário atual da crise ambiental; ao passo que o segundo capítulo trata dos impactos socioambientais da implementação dos *data centers* de inteligência artificial no Brasil. Por fim, destaca-se a relevância da temática abordada nesta pesquisa, considerando a crescente popularização das novas tecnologias e a progressiva crise ecológica global – o que pressupõe a adoção de estratégias de compatibilização entre o uso racional das inovações tecnológicas e a preservação ambiental.

2 CRISE AMBIENTAL: POR UMA VISÃO DE MUNDO BIOCÊNTRICA

Inicialmente, destaca-se, nas palavras de Fernando Estenssoro Saavedra (2009, p. 35, tradução nossa), que “a ideia de crise ambiental evoluiu para um tema central na discussão política global nas últimas décadas”, enquanto Enrique Leff (2003, p. 15) vai mais a fundo, defendendo que “a crise ambiental é a crise do nosso tempo”. Henri Acselrad, por sua vez, expõe que “a chamada ‘crise ecológica’ é entendida como global, generalizada, atingindo a todos de maneira indistinta” (ACSELRAD, 2009, p. 12).

Convém esclarecer que, ao contrário das concepções vinculadas ao senso comum, a crise ambiental não decorre dos limites físicos do planeta, sendo resultado da desigualdade social e da distribuição de poder e riqueza (SAAVEDRA, 2009, p. 35). Acosta (2016) denuncia o “desenvolvimento” como um mito que, embora

legitimado desde o século XX, sustenta práticas consumistas e predatórias que agravam as desigualdades e a crise ecológica. Segundo ele, “temos aceitado as regras do ‘vale tudo’”. Tudo se tolera em nome de sair do subdesenvolvimento” (ACOSTA, 2016, p. 207).

Portanto, a noção de crise ambiental revela um paradoxo: o avanço econômico, acompanhado do alto nível de desenvolvimento e de qualidade de vida proporcionados pela Civilização Industrial, acabou gerando graves problemas ecológicos, que colocam em risco a sobrevivência da humanidade e os próprios processos vitais do planeta (SAAVEDRA, 2009, p. 38-39). Portanto, a crise ambiental pode ser definida como o conjunto de problemas ecológicos e socioambientais resultantes da relação desequilibrada entre a sociedade humana e a natureza, ameaçando toda a infinidade de formas de vida existentes na Terra.

E, dentre as principais consequências acarretadas por esse fenômeno, é possível elencar: a degradação dos ecossistemas e a perda da biodiversidade; a intensificação do aquecimento global e das mudanças climáticas; a exploração excessiva de recursos naturais, o que acarreta a escassez e o colapso de sistemas de sustentação da vida; a injustiça ambiental e modelo de desenvolvimento baseado no crescimento econômico e o consumo ilimitado.

Por conseguinte, não se pode deixar de mencionar que a crise ambiental é produto do sistema econômico capitalista, sendo que, no período de consolidação do pensamento neoliberal em escala global, houve um “esforço teórico de se compatibilizar a questão ambiental com o pensamento desenvolvimentista e economicista” (ACSELRAD, 2009, p. 13-14). “Nesse contexto, a discussão ambiental foi incorporada pela mesma ‘utopia’ de um bem-estar alcançável a partir do livre jogo das forças de mercado” (ACSELRAD, 2009, p. 13-14). Hervé Kempf, por sua vez, defende que, atualmente, além do esgotamento ambiental, está-se diante do esgotamento do próprio sistema capitalista, que ignora os alertas ecológicos em prol da manutenção de privilégios e do hiperconsumo (KEMPF, 2009).

Além disso, Kempf argumenta que enfrentar a crise atual requer não apenas uma mudança em termos ecológicos, mas também uma transformação cultural. Isso implica superar o estilo de vida baseado na lógica da acumulação e do consumo excessivo, característico das elites. Para o autor, a questão ambiental deve estar no centro de um novo projeto político, capaz de ultrapassar os limites das ideologias

tradicionais, e orientado para a construção de um modelo pós-capitalista, fundamentado em princípios ecológicos e sociais (KEMPF, 2009).

Sua crítica também se estende à confiança ingênua na tecnologia como solução automática para os problemas ambientais – visão incentivada pelas classes dominantes como forma de adiar ou evitar transformações estruturais mais radicais (KEMPF, 2009). Portanto, verifica-se que a relação entre crise ambiental e tecnologia é dupla e paradoxal: a tecnologia pode ser considerada tanto como uma das causas da crise (industrialização e poluição; consumo e obsolescência programada; exploração intensiva de recursos por meio de recursos tecnológicos), quanto como um dos meios para enfrentá-la (ações voltadas à sustentabilidade; adoção de energias renováveis e tecnologias limpas; gestão de resíduos)⁴.

Considerando todas essas questões, não se pode deixar de mencionar que, apesar de todos os seres humanos estarem sujeitos aos efeitos da crise ambiental, entende-se que os riscos a ela inerentes não são igualmente distribuídos, conforme o entendimento de Ulrich Beck (2018), que é endossado por Acsehrad (2009, p. 12):

[...] é possível constatar que sobre os mais pobres e os grupos étnicos desprovidos de poder recai, desproporcionalmente, a maior parte dos riscos ambientais socialmente induzidos, seja no processo de extração dos recursos naturais, seja na disposição de resíduos no ambiente (ACSELRAD, 2009, p. 12).

Verifica-se, portanto, que os impactos da crise ambiental estão desigualmente distribuídos por raça e por renda, sendo que a própria atuação estatal contribui para essa conjuntura, à medida em que as leis ambientais são aplicadas de forma desigual. Embora as normas de proteção muitas vezes estejam previstas em lei, elas tendem a ser negligenciadas por órgãos de licenciamento e fiscalização quando os grupos afetados pertencem a populações pobres e/ou alvo de discriminação étnica (ACSELRAD, 2009, p. 32). Nessa perspectiva, é importante destacar que:

⁴ Nesse sentido, convém esclarecer que, para fins do presente estudo, será abordada a perspectiva da inteligência artificial enquanto um dos eixos de agravamento da crise ambiental, à medida que essa tecnologia provoca constantes degradações socioambientais – apesar de a IA também ser utilizada no enfrentamento da crise, como é o caso do monitoramento ambiental, que possibilita o rastreamento das mudanças climáticas e do desmatamento, por exemplo.

A desigualdade ambiental pode manifestar-se tanto sob a forma de proteção ambiental desigual como de acesso desigual aos recursos ambientais. A proteção ambiental é desigual quando a implementação de políticas ambientais ou a omissão de tais políticas ante a ação das forças de mercado gera riscos ambientais desproporcionais, intencionais ou não intencionais, para os mais carentes de recursos financeiros e políticos: os mais pobres, os moradores de áreas desvalorizadas e etnias marginalizadas. Se há diferença nos graus de exposição das populações aos males ambientais, isso não decorre de nenhuma condição natural, determinação geográfica ou casualidade histórica, mas de processos sociais e políticos que distribuem de forma desigual proteção ambiental. Esses efeitos desiguais ocorrem através de múltiplos processos privados de decisão, de programas governamentais e de ações regulatórias de agências públicas. Processos não-democráticos de elaboração e aplicação de políticas sob a forma de normas discriminatórias, prioridades não discutidas e vieses tecnocráticos, via de regra produzem consequências desproporcionais sobre os diferentes grupos sociais (ACSELRAD, 2009, p. 73).

Diante disso, é necessário recorrer à noção de justiça ambiental, que pressupõe a condição de existência social caracterizada pelo tratamento equitativo e pela participação efetiva de todas as pessoas, independentemente de raça ou condição econômica, nos processos de formulação, desenvolvimento, implementação e execução de políticas, legislações e normas ambientais (ACSELRAD, 2009, p. 16).

Além disso, o ideal de justiça ambiental também compreende “o direito a um meio ambiente seguro, sadio e produtivo para todos”, podendo ser entendido como a busca pela equidade socioambiental, assegurando que nenhum grupo social seja privado de proteção ambiental ou sobrecarregado pelos impactos da degradação (ACSELRAD, 2009, p. 17). Portanto, “a justiça ambiental relaciona-se diretamente à dignidade da pessoa humana e ao direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado”, representando um “caráter coletivo e solidário” (TYBUSCH, 2013, p. 233).

Por conseguinte, retomando, brevemente, o tópico das causas da crise ecológica, destaca-se que parte do pensamento ambientalista defende que a crise ambiental é produto da visão de mundo antropocêntrica, em que o ser humano se encontra no centro do sistema (SAAVEDRA, 2009, p. 91). Contudo, ao adotar uma perspectiva que vá além do paradigma antropocêntrico, percebe-se que, ao interagir com o ambiente para garantir sua sobrevivência, o ser humano estabelece uma relação de reciprocidade com o ecossistema. Dessa forma, ele se tornaria mais um elemento integrante da teia⁵ que assegura o equilíbrio por meio dos ciclos naturais – o que constitui a essência do chamado “pensamento biocêntrico” (DE GREGORI, 2011, p. 3). Nessa perspectiva, ressalta-se:

Nos Direitos Humanos, o centro está na pessoa. Trata-se de uma visão antropocêntrica. Nos Direitos da Natureza, o centro está na natureza, que certamente inclui o ser humano. A natureza vale por si mesma, independentemente da utilidade ou uso para o ser humano. Este aspecto é fundamental se aceitarmos que todos os seres vivos têm o mesmo valor ontológico, o que não implica que todos sejam idênticos. Isso é o que representa uma visão biocêntrica (ACOSTA, 2016, p. 214).

Diante disso, entende-se que “a única maneira de superar a crise ambiental passa necessariamente por abandonar a perspectiva homocêntrica ou antropocêntrica de compreensão da realidade e adotar uma perspectiva biocêntrica” (SAAVEDRA, 2009, p. 99). Assim, pretende-se “substituir essa visão antropocêntrica por uma cosmovisão biocêntrica que se define como uma nova filosofia, uma nova ética, uma nova religião e uma nova proposta ideológica”, consubstanciada na ideia de que o ser humano constitui apenas mais um ente dentro do conjunto da natureza, não detendo privilégios ou direitos superiores em relação às demais espécies e processos que integram a Biosfera (SAAVEDRA, 2009, p. 91-92).

⁵ Convém destacar que o conceito de “teia” foi idealizado por Fritjof Capra (2006), que significa uma metáfora para descrever a visão sistêmica da vida, a qual é sustentada por processos dinâmicos de inter-relação, interdependência e ciclos contínuos de troca, formando uma rede complexa que mantém o equilíbrio dos sistemas naturais. Portanto, em vez de uma hierarquia fixa, há uma forma de coexistência em rede, na qual os fluxos de energia e matéria interligam todos os seres vivos e processos naturais.

Nessa perspectiva, o ecologismo biocêntrico considera que a única maneira eficaz de abordar a crise ambiental é construir uma nova ordem global sob "uma visão de mundo holística, enfatizando que o todo é mais do que as partes" (SAAVEDRA, 2009, p. 99; CAPRA, 2006). Por essa razão, busca-se a sustentabilidade como ideal a ser atingido, o qual deve considerar os limites biofísicos da natureza – que não dão conta de um processo econômico contínuo, como é bem característico da sociedade de consumo (SAAVEDRA, 2009, p. 118-119).

Diante disso, entende-se imprescindível compreender a dificuldade em conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação do meio ambiente, haja vista a finitude dos recursos naturais disponíveis, considerando, em contrapartida, o perfil de consumo da população. Obviamente, o sistema capitalista, por seu turno, segue firme em seus propósitos, explorando os ecossistemas desmedidamente, conforme será visto no próximo capítulo, em que se evidenciará que até mesmo o setor tecnológico contribui para o agravamento da crise ambiental em curso.

3 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: A IMPLEMENTAÇÃO DE *DATA CENTERS* NO BRASIL

A inteligência artificial (IA) consiste na atividade de construir máquinas inteligentes, entendendo-se por "inteligência" a capacidade de atingir finalidades em ambientes complexos (NILSSON, 1998). Kaplan e Haenlein (2019), por sua vez, definem a IA como a aptidão de um sistema em interpretar dados externos, aprender com eles e aplicar tal aprendizado para alcançar metas específicas mediante adaptação flexível. Para Crawford (2021), a IA deve ser entendida não apenas como um conjunto de programas ou algoritmos, mas como uma infraestrutura complexa que exerce poder, apoiada por cadeias globais de extração de recursos e exploração de trabalho.

Crawford (2021) afirma que o termo "inteligência artificial" é enganoso, porque essas tecnologias não são verdadeiramente artificiais ou inteligentes: elas dependem intensamente de recursos naturais, energia, água, minerais e trabalho humano – inclusive, muitas vezes, precarizado – o que torna sua natureza profundamente material e social, e não meramente lógica ou digital. A autora enfatiza, ainda, que a IA é moldada por estruturas de poder e ideologias, não sendo, portanto, neutra.

Partindo desses conceitos, não se pode deixar de mencionar que a inteligência artificial tem se popularizado nos últimos tempos, sendo amplamente utilizada em diversos setores, como saúde, educação, economia, segurança, transporte – e até mesmo na perspectiva do meio ambiente, conforme já destacado no capítulo anterior. “Esta tecnologia busca replicar a inteligência humana em máquinas, permitindo-lhes realizar tarefas como reconhecimento de fala, tomada de decisão e tradução de idiomas”, destacando-se, entre os seus subcampos, “o aprendizado de máquina, a IA generativa, os Grandes Modelos de Linguagem (Large Language Models - LLM)” (FRANÇA, 2024, p. 10).

O fato é que essa tecnologia não fica restrita à “nuvem” – que, em um primeiro momento, pode transparecer a ideia de algo abstrato, imaterial (FERNANDES, 2025, p. 5). Isso porque o processamento dos dados da IA demanda a implementação de *data centers* (Centro de Processamento de Dados, em Português), que são estruturas físicas “onde informações são processadas, armazenadas, transmitidas e gerenciadas, sendo o centro da infraestrutura moderna de Tecnologia da Informação (TI)” (SANTOS; LEYENDECKER, 2024, p. 1).

Os *data centers* são “locais, muitas vezes grandes pavilhões, onde os sistemas computacionais de uma empresa, organização ou instituição de ensino, armazenam informações”, constituindo, portanto, o “cérebro” que gera todos os dados solicitados às inteligências artificiais (DIAS, 2025). Portanto, trata-se de megaestruturas, que demandam alto consumo de água e de energia, além de serem construídos a partir da extração de recursos do solo, contribuindo, assim, com a poluição (FURTADO; CUNHA, 2024, p. 3-4). A título de exemplo “os data centers da Google possuem, hoje em dia, aproximadamente, um padrão de 100 mil metros quadrados de extensão” (DIAS, 2025) – evidenciando o impacto dessas estruturas no ambiente no qual estão instaladas.

Atualmente, os maiores *data centers* do mundo encontram-se nos Estados Unidos, na Europa e na China, cuja disponibilidade energética, em termos de energias limpas e renováveis, é restrita (FURTADO; CUNHA, 2024, p. 6). Por essa razão, o Brasil vem sendo visado como um ponto estratégico para a instalação dessas estruturas, atraindo expressivos investimentos estrangeiros em razão de sua estabilidade geológica e de seu potencial gerador de fontes renováveis de energia – o que aprofunda o cenário de dependência tecnológica e desigualdade digital dos países onde estão situados os grandes conglomerados do setor das Tecnologias de

Informação e Comunicação (TICs) em relação aos países do Sul Global (SANTOS; LEYENDECKER, 2024, p. 5; FURTADO; CUNHA, 2024, p. 2).

Contudo, a implementação dos *data centers* pode acarretar significativos impactos socioambientais, que acabam sendo propositalmente invisibilizados pelas empresas de tecnologia, no intuito de endossar o suposto progresso que será obtido a partir da adoção de suas infraestruturas digitais⁶ (FURTADO; CUNHA, 2024, p. 5). Diante disso, destaca-se que o primeiro reflexo da implementação de *data centers* de inteligência artificial está relacionado a questões territoriais, tendo em vista que as empresas “visam áreas com baixa taxa de desmatamento e com maior capacidade regenerativa, como terras indígenas”, o que pode gerar “conflitos e deslocamentos forçados, uma vez que as decisões sobre o uso da terra frequentemente ignoram os interesses e as formas de vida dessas populações” (SANTOS; LEYENDECKER, 2024, p. 2).

Outro impacto relevante é o fato de os *data centers* de inteligência artificial, “composto por servidores, redes, unidades de processamento, sistemas de armazenamento e refrigeração, fontes de energia, sensores e cabeamentos” ser totalmente dependente da extração de minérios, como gálio, germânio, silício metálico, cobre, terras raras, prata e ouro – majoritariamente oriundos do Sul Global (STACCIARINI; GONÇALVES, 2025). Ressalta-se que grande parte desses materiais exige extração por meio de escavação e tratamento com reagentes químicos, processo que gera impactos ambientais significativos e costuma estar associado a contextos de violência local e disputas geopolíticas⁷ (FERNANDES, 2025, p. 6). Além disso:

Essa demanda é agravada pelo curto ciclo de vida dos equipamentos – muitas vezes substituídos em apenas dois a cinco anos –, em razão da rápida obsolescência tecnológica. O descarte frequente de hardware, além de representar riscos

⁶ Retomando as concepções de Acelard (2009, p. 90-91), destaca-se que as empresas responsáveis pela geração de riscos frequentemente ocultam seus perigos por meio da desinformação, dificultando a compreensão da relação entre suas atividades e os danos socioambientais. Esse processo, descrito como “expropriação dos sentidos”, atinge sobretudo populações pobres e periféricas, enquanto setores com maior poder de voz na esfera pública são mantidos à margem da identificação desses riscos.

⁷ Destaca-se que “o garimpo ilegal, especialmente na Amazônia, já causa desmatamento, contaminação de rios e violência contra povos indígenas – como ocorre nas terras Yanomami, onde a mineração ilegal é associada a surtos de malária e desnutrição” (SANTOS; LEYENDECKER, 2024, p. 5).

ambientais e à saúde devido à presença de materiais tóxicos, interrompe o reaproveitamento de metais valiosos, exigindo nova extração de recursos minerais e pressionando ainda mais os ecossistemas (STACCIARINI; GONÇALVES, 2025).

Nessa perspectiva, ainda, destaca-se que grande parte dos *data centers* não detém estratégias de monitoramento de descarte de lixo. Evidencia-se que, apesar das iniciativas para reutilização dos componentes eletrônicos, estes não são reaproveitados de maneira correta – o que contribui para o aumento da poluição ambiental, bem como a contaminação do solo e da água (FERNANDES, 2025, p. 7; SANTOS; LEYENDECKER, 2024, p. 2; DIAS, 2025). E, por falar em água, não se pode deixar de mencionar que o consumo hídrico constitui um dos maiores impactos ambientais atrelados à operação dos *data centers* – que carece de resfriamento permanente, pois ao processarem as solicitações dirigidas a uma IA, os computadores executam milhares de cálculos, o que demanda elevado gasto de energia elétrica, gerando aquecimento das estruturas e reduzindo a eficiência do sistema⁸ (DIAS, 2025).

Diante disso, estima-se que “a cada 20 a 50 interações de uso pessoal das IAs utilizam, aproximadamente, 500ml de água” (DIAS, 2025). A título de exemplo, o ChatGPT, criado pela OpenAI, registra aproximadamente 800 milhões de usuários semanais ativos e mais de 122 milhões de acessos diários, totalizando mais de um bilhão de interações por dia. De acordo com essas projeções, tal volume de utilização corresponderia a um consumo diário estimado entre 10 e 25 milhões de litros de água⁹ (DIAS, 2025). Obviamente, tal conjuntura contribui para o agravamento da crise hídrica, considerando que aproximadamente quatro bilhões de pessoas enfrentam severa escassez de água por, ao menos, um mês a cada ano (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2016) e que cerca de 33 milhões de pessoas no Brasil não têm acesso à água potável (PEDUZZI, 2024).

⁸ Convém esclarecer, brevemente, que os *data centers* operam com duas formas distintas de resfriamento: por meio de ar-condicionado e por meio de serpentinas, efetuando a troca de calor entre os circuitos e o ar/água resfriados (DIAS, 2025). Nessa perspectiva, destaca-se, ainda, que o emprego de água potável, para o resfriamento de *data centers*, mesmo quando reutilizada, leva a um grande desperdício, em razão da evaporação (FURTADO; CUNHA, 2024, p. 7).

⁹ Destaca-se que “uma simples interação com o ChatGPT pode demandar até dez vezes mais energia do que uma pesquisa no Google. Tecnologias voltadas à geração de imagens e vídeos exigem ainda mais” (STACCIARINI; GONÇALVES, 2025).

Convém destacar que, no Brasil, os *data centers* estão majoritariamente localizados em áreas marcadas pela intensa escassez de água. Conforme informações da Associação Brasileira de Data Centers, existem, hoje, 162 unidades no país: 110 no Sudeste, 27 no Sul, 15 no Nordeste, oito no Centro-Oeste e apenas duas no Norte – números que incluem instalações de grandes corporações internacionais, como Amazon, Microsoft e Google (DIAS, 2025). Além disso, evidencia-se que, “no Brasil, onde mais da metade dos rios estão secando, a instalação desses *data centers* pode exercer pressão adicional sobre recursos hídricos já comprometidos” (SANTOS; LEYENDECKER, 2024, p. 2). Nesse sentido:

Apesar de o Brasil ter uma matriz energética amplamente renovável, considerando sua capacidade de geração de energia hidroelétrica, solar e eólica, a maioria dessas fontes é de caráter intermitente – ou seja, a disponibilidade energética não é estável e constante. Em contrapartida, o funcionamento dos *data centers* pressupõe continuidade e estabilidade operacional, de modo que, viabilizar essa constância energética implica a necessidade de uso de energias não-renováveis. Além disso, não há, nacionalmente, diploma normativo suficiente para comportar e coibir práticas como *greenwashing*, que consiste, dentre outras ações, em aumentar o investimento em energias renováveis com o fito de justificar o aumento de utilização, em outra ponta operacional, de energias não-renováveis (SANTOS; LEYENDECKER, 2024, p. 5).

Nessa perspectiva, não se pode deixar de ressaltar que “o treinamento de grandes modelos de IA consome vastas quantidades de energia elétrica, grande parte dela proveniente de fontes não renováveis, como carvão e gás natural”, o que “resulta na emissão de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases de efeito estufa, contribuindo significativamente para as mudanças climáticas (FRANÇA, 2024, p. 13). O funcionamento dos *data centers* exige anualmente cerca de 400 terawatts-hora de energia, um volume superior ao consumo de muitos países e responsável por, no mínimo, 0,3% das emissões globais de gases de efeito estufa (FURTADO; CUNHA, 2024, p. 4).

Esse gasto é agravado pelo fato de grande parte da energia se converter em calor, o que obriga o uso adicional de eletricidade para acionar os sistemas de refrigeração que mantêm os equipamentos na temperatura adequada e evitam falhas. Como a demanda energética de um *data center* já é naturalmente elevada, o processamento de dados voltado ao treinamento de modelos de linguagem, como o ChatGPT, intensifica ainda mais a emissão de gases de efeito estufa, devido à alta complexidade de seus algoritmos (FURTADO; CUNHA, 2024, p. 4).

Portanto, destaca-se o elevado consumo energético e o impacto ambiental dos *data centers*, sendo que, aproximadamente, metade da energia é usada pela infraestrutura de TI, enquanto refrigeração responde por 37%, distribuição elétrica por 10% e iluminação por 3%. Globalmente, eles já representam 2,4% do consumo de eletricidade e devem crescer 16% até 2026; em São Paulo, uma única empresa consome energia equivalente à de uma cidade de 150 mil habitantes. Quanto às emissões, os *data centers* geram 0,3% do CO₂ mundial, agravadas pela fabricação de servidores, que lança milhões de toneladas de carbono (SANTOS; LEYENDECKER, 2024, p. 1-2; (FURTADO; CUNHA, 2024, p. 5/12).

Apesar de estratégias de compensação, entretanto, o setor mantém uma lógica de crescimento predatória. Projeções indicam que, até 2040, a indústria tecnológica pode responder por 14% das emissões globais, superando a aviação. Além dos impactos ambientais, há riscos de sobrecarga no fornecimento de energia, como os apagões já ocorridos em São Paulo, por exemplo, revelando a incompatibilidade entre a crescente demanda e a limitada oferta energética. Por fim, observa-se uma tendência de transferência dessas infraestruturas para países do Sul Global, incluindo o Brasil, cuja matriz de energias limpas não será suficiente para conter o aumento das emissões de gases de efeito estufa (SANTOS; LEYENDECKER, 2024, p. 1-2; (FURTADO; CUNHA, 2024, p. 5/12).

A partir disso, constata-se que a indústria da inteligência artificial oculta seus custos sociais e ambientais – como a exploração de recursos naturais, o elevado gasto de energia e a utilização de mão de obra de baixo custo¹⁰ – por meio de um discurso de inovação “sustentável”. Essa opacidade é intencional e serve para resguardar interesses corporativos, razão pela qual mecanismos de transparência são

¹⁰ Convém explicitar que “data centers raramente empregam muitos funcionários – e a mão de obra contratada é majoritariamente estrangeira, já que a operação infraestrutural requer profissionais especializados que não são encontrados localmente” (FURTADO; CUNHA, 2024, p. 7).

indispensáveis para expor os impactos concretos; promover a participação de comunidades afetadas e grupos minoritários; e assegurar um acesso à informação mais inclusivo. Nesse sentido, a transparência não deve ser entendida apenas como um fim em si mesma, mas como parte de um arcabouço regulatório que estabeleça deveres claros e garanta responsabilidade, justiça e bem-estar social (FERNANDES, 2025, p. 13-14).

Nesta senda, verifica-se que, no Brasil, ainda não existe uma regulamentação voltada especificamente para os *data centers*, especialmente no que diz respeito aos impactos socioambientais. O PL 2338/23¹¹, que trata da regulação da IA, faz uma breve menção à ideia de “data centers sustentáveis”, mas não estabelece medidas concretas a respeito (BRASIL, 2023). Embora o país tenha grande potencial em energia renovável, a ausência de normas compromete um crescimento responsável do setor, sendo que, para alinhar-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, são necessárias ações como a criação de métricas padronizadas; exigência de estudos de impacto ambiental; uso de fontes limpas; e mecanismos contra o greenwashing (SANTOS; LEYENDECKER, 2024, p. 6-8).

Nesse contexto de lacuna regulatória, entretanto, observa-se que o cenário legislativo brasileiro passou a apresentar movimentos recentes de incentivo econômico ao setor: em 25 de fevereiro de 2026, a Câmara dos Deputados aprovou o Projeto de Lei nº 278/2026, voltado à atração de investimentos em infraestrutura digital, ao prever a isenção de imposto de importação sobre equipamentos destinados à implantação de data centers, bem como a desoneração das exportações de serviços correlatos. O acesso a tais benefícios, contudo, condiciona-se à adesão ao Regime Especial de Tributação para Serviços de Datacenter (REDATA), o qual impõe determinadas contrapartidas às empresas interessadas, como o fornecimento de, no mínimo, 10% da capacidade de processamento ao mercado interno e o investimento de ao menos 2% do valor dos bens adquiridos (no país ou no exterior) em projetos de pesquisa e inovação na indústria digital (Rodrigues, 2026).

Ademais, o regime estabelece exigências de natureza socioambiental, determinando a publicação de relatórios de sustentabilidade e a utilização exclusiva de fontes limpas ou renováveis de energia elétrica. Ainda que tais previsões representem avanço relevante ao incorporar critérios ambientais e de inovação, nota-

¹¹ Até o momento da conclusão deste artigo, o texto do PL 2338/23 havia sido aprovado pelo Senado, estando em análise pela Câmara dos Deputados, para virar lei (Câmara dos Deputados, 2025).

se que permanecem inseridas em uma lógica predominantemente indutiva e tributária, não substituindo a necessidade de um marco regulatório mais abrangente e específico quanto aos impactos socioambientais dos data centers no Brasil (Rodrigues, 2026).

Por fim, diante de tudo o que foi pontuado anteriormente, constata-se que inúmeros são os impactos socioambientais decorrentes da implementação de *data centers* de inteligência artificial, os quais contribuem para a intensificação da crise ambiental, à medida que ocasionam desmatamento; poluição e contaminação do solo e da água; crise hídrica; emissão de gases de efeito estufa. Portanto, entende-se que a crise ecológica se mostra como um fenômeno praticamente irreversível, pois o modelo atual de desenvolvimento tecnológico é, em sua essência, incompatível com a conservação do meio ambiente.

A base da inovação está sustentada pelo uso excessivo de energia; pela exploração contínua de recursos naturais; e pela produção constante de resíduos – fatores que, inevitavelmente, conflitam com qualquer proposta de sustentabilidade. Ainda que surjam soluções “verdes” ou práticas de compensação, essas iniciativas demonstram-se superficiais, sem enfrentar as causas estruturais das emissões e da degradação. Assim, a ideia de harmonizar avanço tecnológico e preservação ambiental torna-se contraditória: quanto mais se investe em inovação e expansão technoindustrial, mais se agravam os danos ecológicos, reforçando a impossibilidade de reverter os impactos negativos já acumulados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A temática abordada no presente trabalho revela a intersecção entre Sociobiodiversidade, Tecnologia e Direito, a partir da Teoria dos Sistemas de Luhmann (1996), à medida que a expansão da inteligência artificial, materializada pela instalação de *data centers* (Sistema da Tecnologia), aprofunda contradições estruturais entre desenvolvimento tecnológico e sustentabilidade socioambiental (Sistema da Sociobiodiversidade).

Evidencia-se que, embora a inteligência artificial seja frequentemente apresentada sob o signo do progresso e da inovação, seus custos ocultos – explicitados pela exploração de recursos minerais, pelo elevado consumo hídrico e energético, pelas emissões de gases de efeito estufa e pela produção de resíduos – revelam um modelo de modernização atrelado ao sistema capitalista que reproduz

desigualdades; reforça o legado colonial de áreas do Sul Global, como é o caso do Brasil; e intensifica a crise ambiental.

Nesse cenário, a ausência de regulamentação específica para *data centers* no âmbito brasileiro agrava os impactos, ao passo que o projeto de regulação existente (PL 2338/23), mostra-se incipiente diante da complexidade dos desafios – especialmente, diante do *lobby* das *big techs*, que incentivam a implementação de seus produtos sob a justificativa da conquista do progresso e do desenvolvimento. Assim, a compatibilização entre tecnologia e meio ambiente exige mais do que medidas paliativas ou apenas narrativas de sustentabilidade: demanda a construção de um marco normativo robusto, transparente e comprometido com a justiça socioambiental – onde se insere, então, o Sistema do Direito.

Por fim, destaca-se que, somente por meio de uma perspectiva biocêntrica, que reconheça os limites do planeta e a centralidade da equidade, talvez, será possível reorientar a relação entre inovação tecnológica e proteção da sociobiodiversidade, de modo a assegurar os direitos das presentes e das futuras gerações a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, inseridas na “teia da vida”.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, A. O Buen Vivir: uma oportunidade de imaginar outro mundo. In: SOUSA, C. M., org. **Um convite à utopia** [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2016. Um convite à utopia collection, vol. 1, pp. 203-233. ISBN: 978-85-7879-488-0. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/kcdz2/epub/sousa-9788578794880.epub>. Acesso em: 7 ago. 2025.

ACSELRAD, Henri. **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond. 2009. 160p.

BECK, Ulrich. **A metamorfose do mundo**. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. 1. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2018.

BRASIL. Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial. **Projeto de Lei N° 2338**. Brasil, 2023. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em: 15 set. 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto que regulamenta uso da inteligência artificial no Brasil**. 2025. Disponível em:

<https://www.camara.leg.br/noticias/1159193-projeto-que-regulamenta-uso-da-inteligencia-artificial-no-brasil>. Acesso em: 30 mar. 2026.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. 14. ed. São Paulo: Cultrix, 2006.

CRAWFORD, Kate. **Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence**. New Haven & Londres: Yale University Press, 2021.

DE GREGORI, Matheus Silva; DE GREGORI, Isabel Christine Silva. Direitos da Sociobiodiversidade: a exploração dos conhecimentos tradicionais sob uma perspectiva de ecocidadania. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, [S. l.], v. 6, n. 2, 2011. DOI: 10.5902/198136947068. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/revistadireito/article/view/7068>. Acesso em: 6 ago. 2025.

DIAS, Maurício. **Como o uso de inteligências artificiais consome água?** UFSM, 4 set. 2025. Disponível em: <https://www.ufsm.br/2025/09/04/como-o-uso-de-inteligencias-artificiais-consome-agua>. Acesso em: 6 set. 2025.

FERNANDES, André, et al. **Opacidade ambiental na discussão sobre transparência da economia da inteligência artificial**. Instituto de Pesquisa em Direito e Tecnologia do Recife - IP.rec, junho de 2025. Disponível em: <https://ip.rec.br/wp-content/uploads/2025/06/V2-Opacidade-Ambiental-e-Desastre-Ecologico-na-IA.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2025.

FRANÇA, Vitor. **Desafios energéticos em treinamento de modelos de inteligência artificial**. 2024. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2024. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/7901>. Acesso em: 7 ago. 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, p. 1-18, nov. 2024.

Disponível em:

<https://liinc.commscientia.com.br/index.php/liinc/article/view/7272/7049>. Acesso em: 07 ago. 2025.

KAPLAN, Andreas; HAENLEIN, Michael. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. **Business Horizons**, v. 62, n. 1, p. 15-25, 2019.

KEMPF, Hervé. **Para salvar o Planeta, livrem-se do Capitalismo**. Lisboa: Ana Paula Faria Editora, 2009. 158 p.

LEFF, Enrique. **A complexidade ambiental**. São Paulo: Cortez, 2003.

LUHMANN, Niklas. **Introducción a la teoría de sistemas**. Lecciones publicadas por Javier Torres Nafarrete. Guadalajara: Barcelona: Anthropos, 1996.

MEKONNEN, Mesfin M.; HOEKSTRA, Arjen Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advances**, v. 2, n. 2, e1500323, 12 fev. 2016. DOI: 10.1126/sciadv.1500323. Disponível em:

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1500323>. Acesso em: 7 set. 2025.

NILSSON, Nils J. **Artificial Intelligence: a new synthesis**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1998.

PEDUZZI, Pedro. Falta de acesso à água potável atinge 33 milhões de pessoas no Brasil. **Agência Brasil**, 22 mar. 2024. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-03/falta-de-acesso-agua-potavel-atinge-33-milhoes-de-pessoas-no-brasil>. Acesso em: 7 set. 2025.

RODRIGUES, Paloma. Deputados aprovam regime especial de tributação para atrair data centers para o Brasil. **G1**, 24 fev. 2026. Disponível em:

<https://g1.globo.com/politica/noticia/2026/02/25/deputados-aprovam-regime-especial-de-tributacao-para-atrair-data-centers-para-o-brasil.ghtml>. Acesso em: 30 mar. 2026.

SANTOS, Anicely; LEYENDECKER, Helton. **IA, data centers e os impactos ambientais**. Recife: Instituto de Pesquisa em Direito e Tecnologia do Recife, 2024. 14 p. Disponível em: <https://ip.rec.br/wp-content/uploads/2025/05/Policy-Paper-Data-Centers.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2025.

SAAVEDRA, Fernando Estenssoro. **Medio ambiente e ideología: la discusión pública en Chile, 1992-2002: antecedentes para una historia de las ideas políticas a inicios del siglo XXI**. Santiago: IDEA, 2009.

STACCIARINI, João; GONÇALVES, Ricardo Assis. Geopolítica, minerais críticos e energia: a infraestrutura invisível que alimenta a IA. **The Conversation**. Brasil. 4 jul. 2025. Disponível em: https://theconversation.com/geopolitica-minerais-criticos-e-energia-a-infraestrutura-invisivel-que-alimenta-a-ia-259254?utm_medium=email&utm_campaign=ltimas%20do%20The%20Conversation%20para%2025%20julho%202025%20-%203464335288&utm_content=ltimas%20do%20The%20Conversation%20para%2025%20julho%202025%20-%203464335288+CID_88ec6e7db846b20ab36f79f371ad9612&utm_source=campaign_monitor_br&utm_term=fontes%20de%20energia%20renovvel%20veculos%20eltricos%20e%20data%20centers. Acesso em: 7 ago. 2025.

TYBUSCH, Jerônimo Siqueira. Ecologia Política, Sustentabilidade e Direito. In: TYBUSCH, Jerônimo Siqueira; ARAÚJO, Luiz Ernani Bonesso de; SILVA, Rosane Leal da. (org.) **Direitos Emergentes na Sociedade Global: Anuário do Programa de Pós Graduação em Direito da UFSM**. Ijuí: Unijuí, 2013. p. 221-267.