

A IA PODE NOS AJUDAR A ENFRENTAR AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS?

Can artificial intelligence help us address climate change?

Milene Consenso Tonetto

Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, SC, Brasil

milene.consenso.tonetto@ufsc.br

<https://orcid.org/0000-0003-2712-7119> 

A lista completa com informações dos autores está no final do artigo ●

Resumo: O artigo analisa se e sob quais condições a inteligência artificial (IA) pode contribuir para o enfrentamento das mudanças climáticas. Argumenta que tanto o tecnosolucionismo quanto o ceticismo radical são insuficientes quando não ancorados em um quadro normativo capaz de avaliar benefícios e custos éticos, ambientais e distributivos. A análise considera três dimensões: os ganhos epistêmicos e operacionais da IA, os custos ambientais de sua infraestrutura material e as assimetrias de poder que estruturam sua implementação global. Com base na concepção de IA como forma minimalista de agência proposta por Luciano Floridi, o artigo sustenta que a contribuição da IA para a ação climática depende de condições institucionais que assegurem justiça distributiva e responsabilidade ambiental.

Palavras-chave: inteligência artificial; mudanças climáticas; ética ambiental; justiça distributiva.

Abstract: This article examines whether and under what conditions artificial intelligence (AI) can contribute to addressing climate change. It argues that both techno-solutionism and radical skepticism are insufficient without a normative framework capable of assessing ethical, environmental, and distributive costs and benefits. The analysis focuses on three dimensions: AI's epistemic and operational advantages, the environmental costs of its material infrastructure, and the global power asymmetries shaping its deployment. Drawing on Luciano Floridi's conception of AI as a minimalist form of agency, the article concludes that AI can support climate action only under conditions that ensure distributive justice and environmental responsibility.

Keywords: artificial intelligence; climate change; environmental ethics; distributive justice.



Introdução

O debate contemporâneo sobre o papel da inteligência artificial (IA) no enfrentamento das mudanças climáticas costuma oscilar entre dois polos problemáticos. De um lado, narrativas excessivamente otimistas, aqui chamadas de tecnosolucionistas, que apresentam a IA como uma solução técnica capaz de otimizar sistemas complexos e acelerar a transição ecológica. De outro, abordagens profundamente céticas, que enfatizam seus riscos sociais, ambientais e políticos. Este artigo parte da premissa de que ambas as posições são insuficientes quando formuladas de maneira isolada, isto é, quando não estão ancoradas em um quadro normativo amplo capaz de avaliar, de forma sistemática, tanto os potenciais benefícios quanto os custos éticos e materiais associados ao uso da IA.

Este artigo defende que, do ponto de vista ético, a pergunta “a IA pode nos ajudar a enfrentar as mudanças climáticas?” não admite uma resposta dicotômica, reduzida a um simples “sim” ou “não”. O problema central consiste, antes, em determinar sob quais condições a IA pode contribuir de maneira justa, responsável e ambientalmente sustentável para o enfrentamento da crise climática, levando em conta não apenas sua eficácia instrumental, mas também seus impactos distributivos, ambientais e institucionais.

Nesse sentido, o artigo investiga em que medida a IA pode integrar respostas normativamente justificadas às mudanças climáticas, considerando três dimensões centrais: 1) os benefícios epistêmicos e operacionais associados ao uso de sistemas algorítmicos em contextos climáticos; 2) os custos ambientais decorrentes da infraestrutura material que sustenta a IA, em especial o consumo intensivo de energia, água e recursos naturais; e 3) as assimetrias de poder que estruturam o desenvolvimento, a implementação e a distribuição dos ganhos e ônus dessas tecnologias em escala global. Metodologicamente, a pesquisa adota uma abordagem filosófica de caráter analítico-normativo, baseada na reconstrução crítica da literatura especializada e na avaliação dos argumentos que sustentam tanto as perspectivas tecnosolucionistas quanto as abordagens críticas acerca do uso da inteligência artificial no contexto das mudanças climáticas.

Para desenvolver esse argumento, o artigo adota, inicialmente, a concepção de Luciano Floridi (2023), segundo a qual a IA deve ser compreendida não como uma forma de inteligência análoga à humana, mas como uma forma minimalista de agência, capaz de reconfigurar práticas sociais, institucionais e ambientais. Em seguida, examina a ambivalência do uso da IA no contexto da crise climática, confrontando o otimismo normativo associado às chamadas “transições gêmeas” com abordagens críticas que



evidenciam os impactos ambientais e intensivamente exploratórias da infraestrutura digital. Por fim, a análise desloca-se para a instalação de infraestrutura digital de grande porte voltada ao processamento de dados e às aplicações de inteligência artificial, a fim de examinar como a expansão dessas tecnologias pode produzir impactos ambientais significativos e acentuar desigualdades sociais, suscitando importantes questões éticas relacionadas à sustentabilidade, à justiça distributiva e à governança tecnológica.

1. IA como nova forma de agência?

Para compreender o que a IA representa para as respostas contemporâneas às mudanças climáticas, este artigo parte da abordagem proposta por Luciano Floridi (2023), segundo a qual a IA não deve ser definida como uma forma de inteligência comparável à humana, mas como uma nova forma de agência artificial, capaz de reconfigurar práticas sociais, institucionais e ambientais. Nessa concepção, a IA não será entendida apenas como uma ferramenta neutra a serviço de fins previamente definidos por agentes humanos, mas um instrumento que atua no mundo, produz efeitos relevantes, reconfigura práticas sociais e participa de processos decisórios, ainda que não possua consciência, consciência ou intencionalidade.

Como esclarece Floridi, trata-se de uma noção mais minimalista de agência, oriunda da ciência da computação e da literatura sobre sistemas multiagentes, segundo a qual um sistema é agente se for capaz de

a) receber e usar dados do ambiente, por meio de sensores ou outras formas de entrada de dados; b) tomar ações com base nos dados recebidos, de forma autônoma, para atingir objetivos, por meio de atuadores ou outras formas de saída; e c) melhorar seu desempenho aprendendo com suas interações (Floridi, 2023, p. 10).

O foco deste artigo recai exclusivamente sobre a agência artificial, isto é, sobre sistemas de IA que, embora não possuam consciência, consciência ou intencionalidade, atuam no mundo, produzem efeitos relevantes, participam de processos decisórios e contribuem para a reconfiguração de dinâmicas sociais e ambientais.

Floridi identifica dois movimentos centrais que viabilizam essa nova forma de agência. O primeiro é o desacoplamento entre agência e inteligência: um sistema pode agir de modo eficaz sem compreender, deliberar ou possuir consciência. O segundo é o chamado “envelopamento” do mundo (*envelopment*): ambientes sociais, digitais e físicos são progressivamente remodelados para se tornarem *IA-friendly*, isto é, adaptados às limitações e capacidades dos sistemas artificiais (Floridi, 2023, p. 26).



Essa agência se manifesta no contexto do que Floridi denomina mundo *onlife*, a saber, um ambiente híbrido no qual a distinção entre *online* e *offline* perde sentido normativo e descritivo. Como observa o autor:

Vivemos cada vez mais nesse espaço especial, ou infosfera, que é simultaneamente analógico e digital, offline e online. Se isso parecer confuso, talvez uma analogia ajude a transmitir a ideia. Imagine alguém perguntando se a água é doce ou salgada no estuário onde o rio encontra o mar. Claramente, essa pessoa não compreendeu a natureza especial do lugar. Assim como os manguezais florescem em água salobra, nossas sociedades de informação maduras estão crescendo em um lugar novo e liminar. E, nessas “sociedades-mangue”, os dados legíveis por máquina, novas formas de agência inteligente e interações onlife estão em constante evolução (Floridi, 2023, p. 77).

Nesse sentido, não vivemos *online*, como se o digital fosse um espaço separado do mundo social, nem *offline*, como se a realidade material estivesse livre de mediações técnicas. Vivemos *onlife*: em uma realidade contínua, na qual o digital e o analógico estão profundamente entrelaçados. Como veremos, esse enquadramento é particularmente relevante para a questão climática, pois as decisões ambientais contemporâneas, por exemplo, do monitoramento de ecossistemas à modelagem climática, da gestão de recursos naturais à governança energética etc., são cada vez mais mediadas por sistemas algorítmicos.

Esses dois processos dão origem a desafios éticos profundos, especialmente no que diz respeito à autonomia, aos vieses, à explicabilidade, à justiça, à privacidade, à responsabilidade, à transparência e à confiança que demandam a formulação de princípios éticos claros para orientar o desenvolvimento e o uso responsável da IA, tema que será abordado na seção seguinte.

2. Princípios éticos para a IA

Diante da IA concebida como uma forma de agência, Floridi propõe um marco ético unificado composto por cinco princípios. Ele sustenta que há uma forte convergência entre as diretrizes éticas já existentes, o que permite identificar um quadro normativo comum, inspirado na bioética, mas reformulado para o contexto digital.

Os quatro primeiros princípios são familiares à ética biomédica, mais especificamente, ao princípalismo (Beauchamp & Childress, 2019). Eles são a 1) beneficência, 2) não maleficência, 3) autonomia, 4) justiça e 5) explicabilidade. A seguir, esses princípios são apresentados de forma sistemática, destacando-se seus significados específicos no contexto da inteligência artificial e suas implicações normativas.

O princípio da beneficência estabelece que o desenvolvimento e o uso da IA devem promover o bem-estar humano, respeitar a dignidade das pessoas e contribuir para a sustentabilidade do planeta. Para Floridi, esse princípio deve ser entendido de forma ampla, indo além do benefício individual imediato e incluindo a preservação das condições que tornam a vida possível e a proteção das gerações futuras. Como sintetiza o autor (Floridi, 2023, p. 61), a ética da IA deve estar orientada para a “promoção do bem-estar das pessoas e do planeta”, o que inclui explicitamente a preservação das “condições básicas para a vida em nosso planeta”.

O princípio da não maleficência complementa a beneficência ao enfatizar a obrigação de evitar danos associados ao uso e à difusão de sistemas de IA. Floridi observa que “fazer apenas o bem” e “não causar dano” não são princípios equivalentes, uma vez que prevenir danos exige atenção específica aos riscos da tecnologia, como violações de privacidade, falhas de segurança e usos indevidos. Nesse sentido, o autor destaca a necessidade de assumir responsabilidade “atuando contra os riscos decorrentes das inovações tecnológicas” (Floridi, 2023, p. 61), adotando uma postura de cautela diante das capacidades da IA.

O princípio da autonomia diz respeito à preservação da capacidade humana de decidir em um contexto no qual parte do poder decisório é delegada a sistemas artificiais. Para Floridi, afirmar a autonomia implica equilibrar decisões humanas e decisões mediadas por IA evitando que o aumento da autonomia artificial comprometa o florescimento da autonomia humana. Embora a IA possa agir de forma autônoma em termos funcionais, isto é, executando tarefas e tomando decisões dentro de limites predefinidos, essa autonomia não é equivalente à autonomia humana, pois não envolve compreensão, consciência ou julgamento deliberativo. Como ele coloca, os seres humanos devem manter o poder de “decidir decidir” (Floridi, 2023, p. 62), isto é, a capacidade de escolher quando delegar decisões e quando reassumir o controle sobre elas.

O princípio da justiça trata da distribuição equitativa dos benefícios e dos ônus da IA, bem como da prevenção de discriminações e vieses injustos. Floridi enfatiza que a justiça envolve tanto “benefício compartilhado” quanto “prosperidade compartilhada”, alertando para o risco de que sistemas de IA reforcem desigualdades sociais e ameacem formas de solidariedade. Assim, a justiça exige que a IA “contribua para a justiça global e para o acesso igualitário aos benefícios” (Floridi, 2023, p. 63) das tecnologias digitais, evitando a reprodução de injustiças estruturais já existentes.

O quinto princípio, o da explicabilidade, constitui a contribuição distintiva de Floridi.



Ele envolve dois sentidos inseparáveis. O sentido epistemológico responde à pergunta “como o sistema funciona?”, enfatizando a inteligibilidade e a compreensibilidade dos sistemas de IA. O sentido ético-político responde à pergunta “quem é responsável pelo que o sistema faz?”, remetendo diretamente à atribuição de responsabilidade (*accountability*).

A explicabilidade complementa os outros quatro princípios. Em relação à beneficência e à não maleficência, ela é necessária para compreender o bem ou o dano que a IA efetivamente causa à sociedade, bem como os modos pelos quais esses efeitos se produzem. No que se refere à autonomia, a explicabilidade é condição para saber como os sistemas agem em nosso lugar e de que maneira seu funcionamento pode ser supervisionado, corrigido ou aprimorado. Por fim, no âmbito da justiça, a explicabilidade é indispensável para atribuir responsabilidade ética (e, eventualmente, jurídica) em casos de resultados graves e negativos, o que exige compreender por que tais resultados ocorreram e como poderiam ser prevenidos ou mitigados no futuro.

Para Floridi, essa abordagem não é meramente teórica. Ela fornece uma base normativa para orientar políticas públicas, arranjos institucionais e práticas regulatórias, inclusive no domínio das mudanças climáticas. No contexto ambiental e da crise climática, os princípios da beneficência e da justiça assumem especial relevância, pois envolvem a preservação das condições que tornam a vida possível, a proteção da biodiversidade e a consideração dos interesses das gerações futuras. Ao mesmo tempo, a ênfase na explicabilidade e na responsabilidade prepara o terreno para uma avaliação crítica dos custos ambientais da própria IA tema que será aprofundado nas seções seguintes.

3. A ambivalência do uso da IA no enfrentamento das mudanças climáticas

O debate contemporâneo sobre inteligência artificial e mudanças climáticas é marcado por uma profunda ambivalência. Pode-se afirmar que a IA possui um significativo potencial transformador para enfrentar a crise climática, mas, ao mesmo tempo, levanta riscos éticos e impactos ambientais próprios que não podem ser ignorados. A análise do papel da IA nesse contexto exige, portanto, uma avaliação cuidadosa tanto de seus potenciais benefícios quanto de seus custos normativos e materiais.

Floridi identifica dois grandes eixos nos quais a IA pode contribuir para o enfrentamento das mudanças climáticas: uma oportunidade epistemológica (2023, p. 80), relacionada à ampliação do conhecimento científico sobre o clima, e uma oportunidade ética (2023, p. 81), vinculada ao desenvolvimento de soluções mais verdes, eficientes e sustentáveis. Esses dois eixos fundamentam os principais argumentos a favor do uso da IA

como uma ferramenta relevante de resposta à crise climática. Essas duas contribuições serão aprofundadas a seguir.

Do ponto de vista epistemológico, a IA já desempenha um papel significativo na modelagem e na previsão de fenômenos climáticos. Sistemas baseados em IA são utilizados para estimar variações na temperatura média global, analisar fenômenos climáticos e oceânicos, por exemplo, o *El Niño*, e identificar padrões complexos de precipitação e instabilidades atmosféricas. Além disso, essas ferramentas contribuem para a antecipação de eventos climáticos extremos, como chuvas intensas, ondas de calor e incêndios florestais, bem como para a avaliação de seus impactos sociais, incluindo deslocamentos populacionais e migrações humanas. Ao automatizar a rotulagem de dados, aprimorar simulações atmosféricas e acelerar modelos computacionais já existentes, a IA pode tornar os sistemas de previsão climática mais precisos, rápidos e abrangentes.

Como mencionado, a segunda oportunidade identificada por Floridi é de natureza ética. A IA pode viabilizar soluções mais verdes e eficientes ao otimizar a geração, a distribuição e o uso de energia, contribuindo diretamente para a mitigação do aquecimento global. Além disso, sistemas de IA já são empregados para melhorar a eficiência energética, monitorar níveis de poluição, prever emissões de carbono e avaliar o impacto de políticas climáticas. A tecnologia também pode apoiar estratégias de remoção e sequestro de carbono, ampliando o repertório de respostas disponíveis à crise climática. Nesse contexto, Floridi menciona o relatório *The Carbon Benefits of Cloud Computing: A Study on the Microsoft Cloud* (Microsoft, 2018), segundo o qual o uso da IA em aplicações ambientais poderia, até 2030, aumentar o PIB global e reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa em comparação com cenários de “*business as usual*”.

Esses argumentos sustentam a tese de que a IA pode, em princípio, contribuir de maneira relevante para o enfrentamento das mudanças climáticas. No entanto, Floridi também identifica dois grandes desafios que acompanham esse potencial (2023, p. 183). O primeiro desafio é mais amplo e diz respeito a problemas éticos já conhecidos da IA, como vieses algorítmicos, discriminação e falta de transparência, os quais tendem a se intensificar à medida que os sistemas se tornam mais complexos e opacos. Decisões algorítmicas podem reproduzir ou até mesmo aprofundar as desigualdades ambientais e sociais. Por exemplo, o uso de dados atuais sobre a adoção de veículos elétricos para decidir onde instalar estações de recarga pode levar os sistemas de IA a priorizar áreas mais ricas, onde a tecnologia já é amplamente utilizada, dificultando seu acesso em regiões mais pobres. Esse tipo de decisão enviesada viola o princípio da justiça e compromete a

democratização da transição energética.

O segundo desafio está diretamente ligado ao contexto climático e ainda é menos compreendido: a própria IA contribui para as emissões de gases de efeito estufa, ampliando sua pegada de carbono, sobretudo em razão do elevado consumo energético associado ao treinamento de modelos de grande escala. Como observa Floridi, a falta de transparência quanto à origem e à quantidade de energia utilizada nesses processos dificulta o cálculo preciso da pegada de carbono da IA comprometendo uma avaliação rigorosa de seus impactos ambientais. Essa opacidade torna particularmente problemático avaliar se os benefícios climáticos da IA superam, de fato, seus custos ambientais.

Nesse sentido, Floridi apresenta um estudo conduzido pelo *Digital Ethics Lab*, da Universidade de Oxford, que investigou a pegada de carbono associada à pesquisa e ao desenvolvimento de sistemas de IA, bem como os fatores que contribuem para o aumento ou a redução das emissões nesse processo. O estudo também destaca a escassez de evidências empíricas sólidas sobre o equilíbrio entre os custos ambientais da IA, isto é, as emissões geradas durante o treinamento e a operação dos modelos, e os benefícios potenciais que ela pode oferecer, como ganhos de eficiência energética e uso mais racional de recursos.

A conclusão do grupo de pesquisa é que a IA pode, de fato, ser uma ferramenta valiosa no enfrentamento das mudanças climáticas. Contudo, essa aposta envolve o que Floridi denomina uma espécie de “*green gambit*” ou gambito verde: assume-se o risco ético e o possível aumento da pegada de carbono no desenvolvimento da IA em troca da promessa de um benefício muito maior, uma resposta mais eficaz, coordenada e informada à crise climática. Essa aposta, porém, só pode ser considerada racional se for acompanhada por estruturas adequadas de governança, incluindo políticas claras, mecanismos de transparência e práticas responsáveis de desenvolvimento tecnológico.

Esse argumento se articula com a noção das chamadas “transições gêmeas” (*twin transitions*), defendida por Floridi e adotada institucionalmente pela União Europeia. Desde 2020, a Comissão Europeia reconhece que as transições digital e ecológica são processos interdependentes: tecnologias digitais, especialmente a IA, podem acelerar os objetivos do *European Green Deal*, cujo propósito é tornar a Europa o primeiro continente climaticamente neutro até 2050.

Floridi descreve essa integração como um “*Green & Blue marriage*”, isto é, a união entre o “verde” dos ecossistemas naturais e o “azul” das tecnologias digitais. O azul funciona como uma cor simbólica do mundo digital, culturalmente associada à tecnologia,



à internet e às redes de informação, em contraste deliberado com o verde, tradicionalmente ligado à natureza e aos ecossistemas. Pode-se afirmar que a metáfora do casamento expressa três ideias normativas centrais: (i) uma união estrutural e duradoura entre as agendas ecológica e digital, e não uma cooperação meramente instrumental; (ii) um compromisso mútuo de longo prazo, no qual o desenvolvimento tecnológico deve ser orientado por valores ambientais, enquanto o digital deve servir à proteção dos habitats; e (iii) a superação da narrativa de conflito entre tecnologia e meio ambiente, substituída por uma proposta de reconciliação normativa.

Quando a Comissão Europeia fala em *twin transitions*, ela institucionaliza, na prática, esse “casamento verde-azul”: a transição ecológica depende do digital para monitorar, simular e otimizar políticas ambientais, enquanto a transição digital deve ser guiada por valores ambientais, sociais e éticos. Para Floridi, um dos exemplos mais emblemáticos dessa integração é o uso da IA para enfrentar as mudanças climáticas, como ilustrado pelo projeto *Destination Earth*¹, que visa criar modelos digitais do planeta capazes de testar políticas climáticas antes de sua implementação no mundo real. Entre os benefícios esperados estão previsões mais precisas de eventos extremos, ferramentas avançadas de adaptação e mitigação, apoio à tomada de decisões baseada em modelos confiáveis e o fortalecimento da cooperação internacional diante de desafios climáticos compartilhados.

Apesar do otimismo da metáfora, é preciso reconhecer que ela revela uma assimetria problemática. O discurso tende a enfatizar o potencial do “azul” (a IA e as tecnologias digitais) para apoiar o “verde”, ao mesmo tempo em que minimiza os custos ambientais de toda a cadeia de produção, teste e uso da IA, como o consumo intensivo de energia e água, a mineração de recursos naturais e a expansão da infraestrutura digital. Assim, o “casamento” é apresentado como desejável sem que sejam plenamente enfrentadas as condições materiais necessárias para que essa união seja, de fato, justa e ambientalmente sustentável. Além disso, essa narrativa corre o risco de assumir um viés *tecnossolucionista*, ao tratar a IA como uma solução privilegiada para a crise climática sem considerar de modo adequado toda a sua cadeia material da extração e produção de hardware à instalação, ao treinamento, à operação contínua e ao descarte dos sistemas que operacionalizam a IA.

Para compreender os limites desse otimismo, é necessário confrontá-lo, a seguir, com abordagens críticas que questionam não apenas os usos da IA, mas também a sua

¹ *Destination Earth (DestinE)* é uma iniciativa da Comissão Europeia para criar um modelo digital da Terra, capaz de monitorar e simular fenômenos naturais e atividades humanas. Para mais informações, consulte: <https://destination-earth.eu/>.



composição material e os recursos ambientais envolvidos em seu desenvolvimento e operação.

4. Por que a IA agrava a crise climática

A avaliação apresentada anteriormente contrasta de forma significativa com o diagnóstico mais crítico e pessimista formulado por Benedetta Brevini (2022), que rejeita a ideia de que a inteligência artificial esteja, nas condições atuais, em um caminho ambientalmente sustentável. Para Brevini, a IA não é apenas uma tecnologia intensiva em energia, mas um conjunto de práticas que reorganiza e intensifica, de modo estrutural, os processos econômicos, produtivos e extrativistas que estão na base da crise climática contemporânea.

Nesse sentido, a autora sustenta que a inteligência artificial não é um fator neutro no contexto ambiental, mas parte integrante de um modelo tecnológico, econômico e material que amplia pressões ecológicas já existentes. A contribuição da IA para a crise climática ocorre por meio de múltiplos mecanismos interligados, que operam em diferentes níveis de sua cadeia de desenvolvimento, operação e uso.

Em primeiro lugar, uma das principais causas apontadas é “o aumento contínuo do consumo energético” (Brevini, 2022, p. 64) associado ao treinamento e à operação de sistemas de IA. Modelos de aprendizado de máquina (especialmente os de aprendizado profundo) exigem grandes volumes de dados, longos períodos de treinamento e poder computacional crescente, o que pressiona a expansão de *data centers* e infraestruturas de “nuvem”. Esse processo leva a um aumento significativo do consumo de eletricidade e de água, sobretudo para sistemas de resfriamento, empurrando a infraestrutura digital para os limites de sua capacidade e ampliando sua pegada de carbono.

Essa tendência tem sido corroborada por diversos estudos. Como observam Schwartz *et al.* (2019, p. 01), “os cálculos computacionais necessários para a pesquisa em aprendizado profundo têm dobrado a cada poucos meses, resultando em um aumento estimado de 300.000 vezes entre 2012 e 2018”. Esses cálculos possuem uma pegada de carbono surpreendentemente elevada, e cada ganho marginal de precisão passou a exigir volumes crescentes de dados, mais tempo de treinamento e, conseqüentemente, mais emissões de gases de efeito estufa. Assim, os ganhos de eficiência técnica mostram-se insuficientes para compensar o crescimento acelerado da demanda por poder computacional, resultando em um aumento líquido das emissões.

Esse crescimento do poder computacional também impulsiona dinâmicas de



“hiperconsumo, que, por sua vez, agravam os custos ambientais” (Brevini, 2022, p. 64). Em um primeiro nível, o consumismo favorece a proliferação de produtos desnecessários e amplia a geração de resíduos, tanto por meio do excesso de embalagens quanto da obsolescência acelerada dos dispositivos. Em um segundo nível, promove formas de dependência e engajamento contínuo nas mídias sociais, um tipo de conexão digital que demanda volumes crescentes de energia. Por fim, a coleta massiva de dados voltada à promoção do consumo gera ainda mais dados, ampliando a necessidade de armazenamento e processamento em nuvens e fazendas de servidores, em um ciclo cumulativo de expansão energética.

Além disso, o desenvolvimento e a disseminação de aplicações de IA aumentam significativamente os custos associados ao descarte de lixo eletrônico tóxico e digital. A rápida obsolescência de dispositivos e a constante necessidade de atualização de hardware intensificam a geração de resíduos cuja reciclagem é limitada, frequentemente deslocando seus impactos ambientais e sanitários para regiões mais vulneráveis.

A dependência estrutural da IA em relação aos *data centers* gera ainda impactos ambientais adicionais. Esses centros consomem quantidades massivas de energia, em níveis comparáveis ao consumo anual de países inteiros, e exigem grandes volumes de água para resfriamento (Brevini, 2022, p. 74), levantando sérias preocupações em regiões já afetadas por escassez hídrica. A expansão física dessas infraestruturas também demanda extensas áreas de terra, contribuindo para o desmatamento, a destruição de habitats e a redução da capacidade dos ecossistemas de absorver carbono, agravando a perda de biodiversidade e a vulnerabilidade ambiental (Brevini, 2022, p. 76).

Nesse contexto, Brevini chama a atenção para a falta de transparência das grandes corporações digitais quanto às suas fontes reais de energia, frequentemente mascaradas por esquemas de compensação de carbono que não eliminam, de fato, a dependência de combustíveis fósseis. Essa opacidade não se limita, contudo, à matriz energética que sustenta a infraestrutura digital. Ela se estende às próprias estratégias corporativas das empresas de tecnologia, que, apesar de prometerem atingir emissões líquidas zero, continuam operando *data centers* alimentados por combustíveis fósseis e recorrendo à compra de créditos de carbono como principal mecanismo de neutralização.

Mais alarmante ainda é que gigantes da tecnologia como Microsoft, Google e Amazon declaram constantemente seus compromissos ambientais, enquanto, nos bastidores, fecham acordos altamente lucrativos com as maiores empresas de energia fóssil do mundo, como BP, Chevron, Total, ExxonMobil, Shell e Aramco. Esses acordos visam aumentar o uso de IA na



extração de combustíveis fósseis tornando seu trabalho mais eficaz e mais violento (Brevini, 2022, p. 95).

Por fim, a autora destaca que empresas de IA têm desempenhado um papel ativo no aumento da eficiência da exploração de recursos naturais ao comercializar seus serviços para setores como mineração, petróleo e gás. Parcerias entre gigantes da tecnologia e grandes corporações de combustíveis fósseis ilustram como a IA tem sido utilizada para acelerar a exploração de reservas existentes, inclusive em ecossistemas frágeis.

Gigantes da tecnologia estão ajudando empresas de energia não renovável a automatizar a perfuração e a exploração invasiva de terras indígenas anteriormente não desenvolvidas, ecologicamente frágeis e muitas vezes sagradas, tornando a identificação e extração de minerais mais 'eficientes' do que nunca (Brevini, 2022, p. 95).

Ao otimizar processos de perfuração, exploração e extração, a IA contribui para prolongar e intensificar a economia fóssil, contrariando os esforços de mitigação climática.

A conclusão da autora é inequívoca: sem uma transformação estrutural do modelo econômico e energético vigente, a IA não apenas deixa de resolver a crise climática, como tende a aprofundá-la. Para Brevini, essas dinâmicas reproduzem uma lógica próxima a um padrão neocolonial, no qual os lucros associados à IA se concentram principalmente nos Estados Unidos e na China, enquanto países em desenvolvimento permanecem marginalizados. As grandes corporações tecnológicas do Ocidente e da China utilizam a IA para ampliar sua competitividade, controlar novos mercados e consolidar posições dominantes, em um movimento que remete às estratégias clássicas do colonialismo imperialista (Brevini, 2022, p. 22–24; p. 95).

Retomando a questão central de seu livro, isto é, “a IA é boa para o planeta?”, Brevini responde de forma categórica: “não”. Para a autora, a IA não é ambientalmente benéfica porque está operando como uma aceleradora das dinâmicas econômicas e produtivas que estão na origem da crise climática, em vez de questioná-las ou transformá-las. Como observa a autora,

os recursos para construir IA são retirados de países em desenvolvimento que não possuem a infraestrutura necessária, centros de dados, centros de pesquisa ou outros meios para participar plenamente ou monitorar a competição precipitada pela IA. Além disso, (...) muitas vezes os mesmos países em desenvolvimento arcam com os custos ambientais da IA, desde a extração dos recursos necessários para construir dispositivos de IA até seu descarte, aprofundando assim as desigualdades do capitalismo colonialista (Brevini, 2022, p. 96).

Nesse sentido, Brevini sustenta que a expansão da inteligência artificial reproduz uma



“lógica neocolonial” (2022, p. 24), ancorada em “estratégias tradicionais dos colonizadores imperialistas” (2022, p. 95), caracterizada pela concentração de lucros e de controle tecnológico nos países centrais e pela exclusão persistente do mundo em desenvolvimento dos benefícios econômicos, científicos e decisórios associados à IA.

Ainda que a caracterização dessas dinâmicas como “neocoloniais” seja passível de discussão e não constitua o foco deste artigo, tampouco possa ser examinada em detalhe nos limites de espaço disponíveis, a análise proposta por Brevini permanece relevante na medida em que evidencia padrões estruturais de assimetria, de externalização de custos ambientais e de exclusão decisória que recaem sistematicamente sobre países periféricos. Partindo desse diagnóstico, a próxima seção deste artigo desloca o foco da crítica estrutural para suas implicações concretas, examinando um caso em que o uso da IA no Brasil promete gerar impactos ambientais mensuráveis e socialmente desiguais. O caso brasileiro torna-se particularmente relevante, pois, embora o país ocupe uma posição periférica na cadeia global da IA, ele é central na provisão de recursos naturais e de territórios estratégicos, exemplificando de modo agudo os impactos ambientais e distributivos associados à expansão dessas tecnologias.

5. Implicações éticas do uso da IA no Brasil e seus impactos ambientais

Embora ainda haja escassez de dados consolidados sobre as emissões de gases de efeito estufa associadas à IA, evidências empíricas recentes indicam que seus impactos ambientais já são concretos e socialmente desiguais, com implicações éticas particularmente relevantes para países como o Brasil. Esses impactos decorrem sobretudo do uso intensivo de recursos naturais, especialmente energia e água, e tendem a se concentrar em regiões que já vivenciam de forma aguda os efeitos das mudanças climáticas, como diversos países da América Latina.

Documentos atuais destacam a rápida expansão de centros de dados de grandes empresas de tecnologia em regiões latino-americanas severamente afetadas por secas, revelando uma pressão crescente sobre sistemas energéticos e hídricos já fragilizados. Segundo estimativas da Agência Internacional de Energia, o consumo global de energia dos *data centers* deve dobrar até 2030 (IEA, 2025, p. 14), alcançando um patamar equivalente ao consumo anual de eletricidade do Japão. Países emergentes, como o Brasil, responderão por aproximadamente 5% desse crescimento projetado, o que levanta preocupações relevantes quanto à distribuição dos custos ambientais da digitalização acelerada.



O impacto hídrico associado à IA é ainda mais alarmante e permanece amplamente invisibilizado no debate público. Pesquisadores da Universidade da Califórnia, Riverside, e da Universidade do Texas, em Arlington estimam que “a demanda global associada à IA responda por entre 4,2 e 6,6 bilhões de metros cúbicos de retirada de água em 2027, um volume (...) equivalente à metade da do Reino Unido” (Li, 2023, p. 01). Esses dados evidenciam que a IA não pode ser concebida como uma tecnologia dissociada de infraestruturas físicas e fluxos intensivos de recursos naturais ou ambientalmente neutra, sobretudo quando implantada em contextos marcados por escassez hídrica estrutural, nos quais seus custos ambientais tendem a aprofundar desigualdades socioambientais já existentes.

No Brasil, esse cenário pode ser exemplificado no caso da construção e instalação do *data center* do TikTok na cidade de Caucaia, no estado do Ceará. Embora o projeto enfatize o uso de energia renovável e tecnologias de resfriamento de baixo consumo hídrico sua escala evidencia que a transformação digital não é imaterial: ela depende de grandes volumes de energia, recursos naturais, cadeias logísticas e investimentos em infraestrutura (Martins, 2025). Nesse contexto, a avaliação ética da IA deve considerar não apenas seus potenciais benefícios para a mitigação e adaptação climática, mas também os impactos ambientais associados à expansão dos sistemas computacionais que a sustentam.

À luz dos princípios éticos discutidos anteriormente, especialmente os de beneficência e justiça, esse cenário levanta questões normativas centrais. Como observa Brevini, “a IA aumenta a produtividade e a eficiência e reduz os custos de mão de obra”, enquanto a produção de aplicativos aprimorados por IA “promove o hiperconsumismo e mais extração de dados”, sobretudo em setores como “manufatura, logística e transporte, que são indústrias intensivas em mão de obra e energia” (Brevini, 2022, p. 95). Sob uma perspectiva ética que compreende do princípio da beneficência, entendido em sentido amplo, a saber, como aquele que exige que o desenvolvimento e o uso da IA promovam o bem-estar humano, respeitem a dignidade das pessoas e contribuam para a sustentabilidade do planeta, incluindo a preservação das condições que tornam a vida possível e a proteção das gerações futuras, não parece eticamente defensável tratar tecnologias digitais como inerentemente limpas ou socialmente benéficas com base, por exemplo, na geração de empregos temporários.

Isso se torna ainda mais problemático quando a infraestrutura material da IA, em especial os *data centers*, implica consumo expressivo de água e energia em regiões já marcadas por escassez hídrica, insegurança alimentar e profundas desigualdades



socioambientais. Além disso, no contexto latino-americano, os benefícios econômicos e tecnológicos frequentemente associados à IA tendem a ser apropriados de forma assimétrica, em razão de padrões estruturais de dependência tecnológica e inserção subordinada em cadeias globais de valor, o que reforça a disparidade entre aqueles que arcam com os custos ambientais e aqueles que capturam os ganhos.

Esse cenário ilustra como a adoção sem avaliação crítica da IA, sob a narrativa do progresso tecnológico e da inovação verde, pode agravar a crise climática e aprofundar injustiças socioambientais. Ele evidencia a necessidade de submeter o desenvolvimento e a implementação da IA a critérios rigorosos de justiça, beneficência e governança democrática, especialmente em países marcados por vulnerabilidades climáticas e históricas desigualdades estruturais.

Considerações finais

A pergunta “a IA pode nos ajudar a enfrentar as mudanças climáticas?” não pode ser respondida apenas em termos de ganhos de eficiência ou inovação tecnológica. Como este artigo procurou demonstrar, trata-se antes de uma questão normativa. No contexto brasileiro, a questão central desloca-se para outras dimensões éticas fundamentais: em que condições, para quem e a que custo ambiental a IA pode ser usada como solução climática, especialmente quando sua infraestrutura implica elevado consumo de água, energia e pressão sobre territórios socialmente precários.

O Brasil ocupa uma posição estruturalmente vulnerável no desenvolvimento digital. Por um lado, é frequentemente apresentado como espaço estratégico para a instalação de *data centers*, em razão, conforme visto acima, da disponibilidade hídrica em determinadas regiões, bem como para atividades de mineração e expansão da infraestrutura energética. Por outro lado, corre o risco de absorver de maneira desproporcional os custos ambientais associados à expansão da IA, incluindo o consumo intensivo de água, a pressão adicional sobre territórios já afetados por secas e a intensificação de processos de degradação ambiental. Esses custos tendem a recair sobre populações historicamente marginalizadas, aprofundando injustiças socioambientais já existentes.

Nesse cenário, o chamado “gambito verde” da IA revela-se eticamente problemático quando pressupõe, por exemplo, que regiões como o semiárido brasileiro devam sacrificar água, energia, território e estabilidade ecológica em nome de benefícios globais incertos e desigualmente distribuídos. Uma aposta dessa natureza só pode ser considerada moralmente aceitável se os riscos, os custos e os benefícios forem distribuídos de maneira



justa, e se os impactos negativos não forem sistematicamente externalizados para contextos já vulneráveis.

A IA pode, em princípio, contribuir para uma resposta justa à crise climática, desde que sejam atendidas, ao menos, as seguintes condições : (i) transparência quanto aos seus impactos ambientais, incluindo o uso de energia, água e minerais, bem como seus efeitos sobre a biodiversidade e os ecossistemas; (ii) mecanismos claros de responsabilização por danos ambientais e sociais ao longo de toda a cadeia de desenvolvimento, implantação e operação dos sistemas de IA; (iii) limites éticos explícitos ao uso da IA em atividades que prolonguem ou intensifiquem a exploração de combustíveis fósseis; e (iv) arranjos institucionais capazes de evitar a distribuição assimétrica de ônus e benefícios, na qual países e populações vulneráveis absorvem os custos ambientais enquanto os ganhos econômicos e tecnológicos se concentram em outros contextos.

Essa conclusão não rejeita a IA em si, mas questiona a narrativa *tecnossolucionista* que desconsidera as desigualdades históricas, a justiça ambiental e social, e os limites ecológicos. Sem o enfrentamento explícito dessas dimensões normativas, a promessa de uma IA “verde” corre o risco de reproduzir, sob novas roupagens tecnológicas, dinâmicas já conhecidas de exploração, exclusão e injustiça ambiental incompatíveis com qualquer projeto eticamente defensável de enfrentamento das mudanças climáticas.

Referências

BEAUCHAMP, T. L.; CHILDRESS, J. F. **Principles of biomedical ethics**. 8. ed. Oxford; New York: Oxford University Press, 2019.

BOSTROM, Nick. **Superinteligência: caminhos, perigos, e estratégias para um novo mundo**. Rio de Janeiro: DarkSide Books, 2018.

BREVINI, Benedetta. **Is AI good for the planet?** Cambridge, UK: Polity Press, 2022.

CEARÁ (Estado). **Com R\$ 200 bilhões de investimento, data center do TikTok no Ceará será o maior do Brasil**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 3 dez. 2025. Disponível em: <https://www.ce.gov.br/2025/12/03/com-r-200-bilhoes-de-investimento-data-center-do-tiktok-no-ceara-sera-o-maior-do-brasil/>. Acesso em: 7 jun. 2026.

FLORIDI, Luciano. **The ethics of artificial intelligence: principles, challenges, and opportunities**. Oxford: Oxford University Press, 2023

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy and AI**. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/86ed1178-4d77-45ac-ab38-28e849f3b93f/EnergyandAI.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2026. Licença: CC BY 4.0.

LI, Pengfei *et al.* **Making AI less “thirsty”**: uncovering and addressing the secret water footprint of AI models. arXiv, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2304.03271>. Acesso em: 2 fev. 2026.

MARTINS, Laís. **Ceará autoriza data center do TikTok a usar sete vezes mais água do que o previsto no licenciamento ambiental**. Intercept Brasil, 27 de novembro de 2025. Disponível em: <https://www.intercept.com.br/2025/11/27/ceara-autoriza-data-center-tiktok-sete-vezes-mais-agua-licenciamento/>.

MARTINS, Laís; AMORIM, Francisco. **Draining cities dry**: the giant tech companies queueing up to build datacentres in drought-hit Latin America. Pulitzer Center, 22 May 2025. Disponível em: https://pulitzercenter.org/stories/draining-cities-dry-giant-tech-companies-queueing-build-datacentres-drought-hit-latin?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 2 fev. 2026.

MICROSOFT. **‘The carbon benefits of cloud computing**: a study on the Microsoft Cloud.’ 2018. <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=56950>. Acesso em: 2 fev. 2026.

NORVIG, Peter; RUSSELL, Stuart. **Inteligência artificial**: uma abordagem moderna. Rio de Janeiro: GEN – Grupo Editorial Nacional S.A., 2024.

THE GUARDIAN. **Big tech datacentres and water scarcity**. 9 de abril de 2025. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2025/apr/09/big-tech-datacentres-water>.

RHODIUM GROUP. **Preliminary US greenhouse gas emissions estimates for 2025**. Rhodium Group, 13 de janeiro de 2026. Disponível em: <https://rhg.com/research/us-greenhouse-gas-emissions-2025/>.

SCHWARTZ, Roy *et al.* **Green AI**. arXiv. Cornell University, 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1907.10597>.

DADOS DE PUBLICAÇÃO

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Concepção e elaboração do manuscrito: M. C. Tonetto.

ORIGEM DA PESQUISA

A presente submissão integra as atividades desenvolvidas no âmbito dos projetos de pesquisa **“Justiça Intergeracional, Fundamentos Éticos e Desafios Contemporâneos”** (2026–2029) e pelo **“Bio-Just-IA”**.

USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A autora utilizou o ChatGPT (GPT-4) apenas para revisão gramatical do texto em inglês no *abstract* e revisão gramatical em português. Todo o conteúdo argumentativo do trabalho foi desenvolvido integralmente pela autora.

FINANCIAMENTO

A presente submissão integra as atividades desenvolvidas no âmbito dos projetos de pesquisa **“Justiça Intergeracional, Fundamentos Éticos e Desafios Contemporâneos”**



(2026–2029), financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio da Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ 2025), Processo nº 303556/2026-9, e “**Bio-Just-IA**”, financiado pelo CNPq no âmbito do Edital Universal nº 16/2025, Processo nº 446615/2025-0.

CONFLITO DE INTERESSES

As pessoas autoras declaram não haver interesses conflitantes.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA E OUTROS MATERIAIS

A pesquisa não possui dados. O artigo não contém dados coletados ou obtidos por meio de análises a partir de fontes primárias.

LICENÇA DE USO

As autorias cedem à revista *ethic@* os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a Licença [Creative Commons Attribution](#) (CC BY) 4.0 International. Essa licença permite que terceiros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. As autorias têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em *site* pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

PUBLISHER

Universidade Federal de Santa Catarina. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade das pessoas autoras, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

EDITORES

Darlei Dall’Agnol

HISTÓRICO

Recebido em: 02-03-2026

Aprovado em: 08-06-2026

Publicado em: 26-06-2026

