

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

O dilema do silício: mapeamento científico acerca das relações entre IA e ODS 13

Adriane Louise Barbosa Macêdo, Fábio Mascarenhas e Silva

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.16016>

Submetido em: 2026-05-13

Postado em: 2026-06-03 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

O DILEMA DO SILÍCIO: MAPEAMENTO CIENTÍFICO ACERCA DAS RELAÇÕES ENTRE IA E ODS 13

THE SILICON DILEMMA: A SCIENTIFIC MAPPING OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN AI AND SDG 13

Adriane Louise Barbosa Macêdo

Universidade Federal de Pernambuco

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4720-4285>

Fábio Mascarenhas e Silva

Universidade Federal de Pernambuco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5566-5120>

Resumo: este estudo analisa a relação paradoxal entre a Inteligência Artificial (IA) e o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13 (ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima), fenômeno denominado "O Dilema do Silício". O objetivo geral foi realizar um mapeamento científico das produções que relacionam esses dois temas, classificando seus vieses (positivo, negativo ou neutro) e identificando tendências por áreas do conhecimento. A metodologia adotada foi quali-quantitativa, de natureza exploratória e descritiva, utilizando análise bibliométrica combinada com mineração de texto (text mining). Os dados foram coletados na base Web of Science, abrangendo o período de setembro de 2015 a dezembro de 2024, resultando em um corpus final de 331 artigos. Para a categorização, utilizou-se um algoritmo em Python baseado em dicionários léxicos. Os resultados demonstram uma predominância de artigos com viés positivo, que apresentam a IA como ferramenta facilitadora para a sustentabilidade, como na previsão climática, otimização energética e agricultura de precisão. Contudo, o viés negativo também é expressivo, especialmente na Ciência da Computação, destacando os altos custos ambientais, como o consumo massivo de energia e a pegada de carbono resultante do treinamento de grandes modelos. Conclui-se que, embora a IA ofereça capacidades inéditas para mitigar mudanças climáticas, sua própria infraestrutura material impõe desafios ambientais significativos que ainda não possuem um equilíbrio quantitativo definido na literatura.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; ODS 13; Mudanças Climáticas; Mapeamento Científico; Bibliometria.

Abstract: this study examines the paradoxical relationship between Artificial Intelligence (AI) and Sustainable Development Goal 13 (SDG 13 - Climate Action), a phenomenon termed "The Silicon Dilemma". The objective was to scientifically map productions relating AI and SDG 13, classifying their biases (positive, negative, or neutral) and identifying trends across scientific fields. The methodology was quali-quantitative, exploratory, and descriptive, using bibliometric analysis combined with text mining. Data were collected from the Web of Science database, covering September 2015 to December 2024, resulting in a final corpus of 331 articles. Categorization was performed using a Python algorithm based on a lexicon-based approach. The results show a predominance of articles with a positive bias, presenting AI as an enabling tool for sustainability, such as in climate forecasting, energy optimization, and precision agriculture. However, the negative bias is also significant, particularly in Computer Science, highlighting high environmental costs, such as massive energy consumption and the carbon footprint resulting from training large models. The study concludes that while AI offers unprecedented capabilities to mitigate climate change, its own material infrastructure poses significant environmental challenges that lack a defined quantitative balance in current literature.

Keywords: Artificial Intelligence; SDG 13; Climate Action; Scientific Mapping; Bibliometrics.

1 INTRODUÇÃO

Ao experienciarmos o advento tecnológico que certamente representa um novo paradigma no novo milênio, o progresso digital esbarra em barreiras físicas: infraestruturas que requerem um uso abundante de energia, água, e emitem quantidade significativa de gases do efeito estufa na atmosfera.

Embora a esfera digital aparente intangibilidade, a realidade é incisivamente controversa a tal imagem. As transformações na produção e consumo de informação, as quais trouxeram uma característica acelerada, volumosa, com cada vez menos morosidade e fricção no compartilhamento informacional, fizeram com que as estruturas para processar e armazenar tais dados resultantes dessa nova dinâmica fossem maiores, mais potentes, e em maior número.

Essas estruturas são os *data centers* ou centros de dados. Estima-se que estes sozinhos consumam entre 240 e 340 TWh por ano, cerca de 1% da eletricidade global, e respondam por aproximadamente 330 milhões de toneladas de CO₂ em 2020, segundo a *International Energy Agency* (IEA, 2020).

Além disso, outros estudos apontam que o resfriamento desses sistemas já representa expressiva parcela da água industrial utilizada, chegando a 5–10 milhões de litros por dia em grandes instalações (Migalhas, 2025).

No entanto, os recursos necessários para a manutenção dos entes digitais já estão em disputa, com os humanos. A humanidade enquanto espécie necessita de um habitat que disponha de recursos naturais que, até então, só se mostraram disponíveis no planeta Terra. Tais recursos, que ora foram abundantes, se encontram entrando em escassez por sua utilização voraz, por vezes impensada, e, principalmente, capitalizada.

Iniciado o período do Antropoceno, a humanidade adentra, conforme propõe Crutzen (2002), um período geológico marcado pela interferência humana decisiva nos sistemas naturais. Tal constatação motivou organismos internacionais a reconhecerem a urgência de mitigar os impactos climáticos decorrentes desse novo arranjo civilizatório, culminando em conferências globais e, enfim, na formulação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, adotada pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 2015 como um plano de ação universal.

A Agenda 2030 reúne 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, concebidas para equilibrar crescimento econômico, inclusão social e

proteção ambiental (United Nations, 2015). Entre esses objetivos, o ODS 13: Ação Contra a Mudança Global do Clima destaca-se como eixo articulador das respostas globais à intensificação do aquecimento planetário. O documento oficial da ONU explicita que a meta central do ODS 13 consiste em “empreender ações urgentes para combater a mudança climática e seus impactos”, reconhecendo o vínculo intrínseco entre sistemas ecológicos, dinâmicas sociais e uso tecnológico.

Para manter os recursos necessários para a manutenção da vida humana na Terra, e para o suporte e funcionamento das estruturas digitais, a ciência avança no estudo da tecnologia verde, energias renováveis, e formas de integrar a tecnologia como ferramenta para a otimização do processo de sustentabilidade. A Inteligência Artificial (IA) têm protagonizado o debate contemporâneo acerca da contribuição tecnológica para com a ciência, visto seu potencial inovador de processar dados com uma eficiência jamais vista.

Embora seja uma ferramenta atualmente evidenciada, a IA já percorre algumas décadas desde a sua estreia no mundo digital. A expressão *artificial intelligence* foi cunhada por John McCarthy em 1956, no emblemático encontro de Dartmouth, marco fundacional do campo (McCarthy et al., 1955). Desde então, a IA passou por ciclos alternados de euforia e estagnação até alcançar, nas últimas duas décadas, uma maturidade técnica impulsionada pelo aprendizado profundo (*deep learning*), pela ampliação de bases de dados e pelo barateamento do poder computacional (Russell; Norvig, 2021). Hoje, a IA é capaz de desempenhar tarefas que incluem desde o reconhecimento de padrões complexos até o suporte à tomada de decisão em sistemas ambientais, econômicos e sociais.

No entanto, dada sua rápida evolução, existem vertentes que afirmam que o aumento exponencial de usos e usuários da IA como ferramenta cotidiana não foram acompanhados de uma análise apropriada dos riscos que acarretam, entre esses, também na esfera ambiental. Os modelos de IA demandam centenas de gigawatts-hora para treinamento e operação (Columbia Climate School, 2023). Estudos conduzidos por Strubell, Ganesh e McCallum (2019) revelam que o treinamento de um único modelo de linguagem pode emitir mais de 284 toneladas de CO₂, valor comparável à emissão anual de cinco automóveis norte-americanos.

Mediante a diversidade de abordagens científicas ao mesmo tópico, chega-se à questão: como a produção científica contemporânea aborda a dinâmica entre a IA e o ODS 13? Logo, este estudo tem como objetivo mapear cientificamente as

produções que relacionam IA e o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), classificar seus vieses e relacioná-los à sua área científica, para que, desta forma, possa-se visualizar o parâmetro de relevância do assunto, bem como a tendência de abordagem das áreas do conhecimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Agenda 2030 e ODS

A Agenda 2030 é tida como uma das mais ambiciosas arquiteturas políticas multilaterais que já foram concebidas para enfrentar as diversas dimensões da crise civilizatória contemporânea. Aprovada por unanimidade pelos 193 Estados-membros da Assembleia Geral das Nações Unidas em setembro de 2015, ela estabelece um roteiro normativo de longo alcance composto por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, elaborados a partir de uma lógica integradora, indivisível e estruturalmente interdependente. É uma agenda **universal**, **transformadora** e **holística**, como enfatizado no documento oficial *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (United Nations, 2015, grifo nosso).

A ONU situa a Agenda 2030 como uma “declaração de interdependência” entre os sistemas naturais e sociais, articulando crescimento econômico, inclusão social e proteção ambiental como dimensões indissociáveis do desenvolvimento (United Nations, 2015). No plano analítico, isso desloca a abordagem internacional anterior, centrada nos Objetivos do Milênio (ODM), para um marco mais abrangente que reconhece a necessidade de enfrentar causas estruturais de vulnerabilidade, desigualdade e degradação ecológica. Sachs (2015) observa que o desenho dos ODS decorre de um “consenso civilizatório mínimo” de que a ordem global encontra-se em trajetória insustentável, exigindo metas quantificáveis, mecanismos de responsabilização e sistemas rigorosos de monitoramento estatístico.

O ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima) compõe o vértice da agenda ambiental, articulando medidas de adaptação, mitigação e resiliência necessárias para conter impactos já materializados do aquecimento global. O texto oficial sustenta que limitar o aumento da temperatura média global “à máxima ambição possível” é vital para a estabilidade planetária (United Nations, 2015). Tal

objetivo, no entanto, somente se sustenta mediante muitas transformações tecnológicas e políticas, entre elas a regulação de indústrias de alta emissão, transições energéticas aceleradas e reconfiguração das cadeias globais de produção.

Ao mesmo tempo, a Agenda 2030 impõe o desafio de equilibrar desenvolvimento, inovação tecnológica e consumo material em um planeta cujas fronteiras ecológicas já se encontram pressionadas além de limites seguros, como demonstram Rockström et al. (2009) e o modelo das *planetary boundaries*. Dentro desse enovelamento político-ecológico, a incorporação da Inteligência Artificial (IA) nos debates climáticos vem simultaneamente como uma promessa e uma ameaça, o que se intensifica à medida que a adoção da IA se generaliza nos mais diversos setores.

2.2 Inteligência Artificial e consumo de recursos

A IA, tida como motor da “quarta revolução industrial”, é também uma das tecnologias mais materialmente intensivas jamais desenvolvidas. Embora seus sistemas operem em ambientes digitais, sua infraestrutura requer megacentros de dados, cadeias minerárias transnacionais e dinâmicas de consumo energético cujos impactos ambientais são crescentemente documentados.

Estudos de Strubell, Ganesh e McCallum (2019) demonstram que o treinamento de modelos de IA de grande porte pode emitir quantidades de CO₂ equivalentes às geradas por automóveis ao longo de sua vida útil completa. O relatório *AI and Climate Change* da *International Energy Agency* (IEA, 2023) reforça esse diagnóstico, ao estimar que data centers já respondem por aproximadamente 1 a 1,5% da demanda elétrica global, uma cifra projetada para crescer de forma exponencial com a expansão dos modelos generativos e de larga escala.

Além disso, cresce o debate sobre o uso hídrico dessas infraestruturas. De acordo com Kaack et al. (2022), sistemas de IA demandam grandes volumes de água para resfriamento, mobilizando recursos hídricos em regiões onde a escassez já constitui um problema estrutural. Há também um custo mineral, onde a dependência de lítio, cobalto e terras raras, cujo processo de extração, que é concentrado em países periféricos, pode vir a aprofundar desigualdades

socioambientais, violar direitos humanos e ampliar a pegada ecológica da economia digital.

Assim, embora imaginada como ferramenta “desmaterializada”, a IA está ancorada em um metabolismo industrial de alta intensidade, caracterizando o que Kate Crawford (2021) denomina de *material AI*, isto é, uma tecnologia que mobiliza desde o subsolo mineral até o consumo energético planetário. Esse quadro coloca a IA num local complexo quanto às metas ambientais globais, sobretudo aquelas relativas ao ODS 13.

2.3 Inteligência Artificial como ferramenta em prol da sustentabilidade

Paradoxalmente a IA desponta como instrumento promissor para acelerar o cumprimento dos ODS, consoante ao seu alto desgaste de recursos naturais. A literatura identifica um conjunto significativo de aplicações positivas: modelos de previsão climática mais precisos, otimização energética, monitoramento de ecossistemas, manejo de riscos climáticos, gestão inteligente de redes elétricas, detecção de desmatamento e modelagem de cenários ambientais complexos (Vinuesa et al., 2020).

Dessa forma, a IA oferece capacidade inédita de síntese, predição e intervenção sobre fenômenos que, por sua escala e complexidade, escapam à análise humana tradicional. A ONU, em seu relatório *AI for Good Global Summit* (ITU, 2022), reforça que sistemas algorítmicos podem fortalecer a ação climática, reduzir desperdícios e apoiar políticas públicas baseadas em evidências.

Contudo, os benefícios potenciais não anulam o mencionado paradoxo estrutural: as mesmas tecnologias que prometem contribuir para a mitigação climática podem, pela lógica de sua operação industrial, aprofundar emissões, acelerar desigualdades de acesso e ampliar a pressão sobre recursos naturais finitos. Trata-se de uma contradição operacional ainda não resolvida.

A literatura é cristalina ao afirmar que não há evidências suficientes para garantir que os impactos positivos da IA superem, em escala global, seus custos ambientais. Vinuesa et al. (2020) alertam que o potencial da IA para avançar certos ODS pode vir acompanhado do retrocesso simultâneo em outros, especialmente aqueles relacionados ao clima, energia e consumo responsável. Crawford (2021) reforça que qualquer avaliação responsável deve considerar toda a cadeia de

produção, operação e descarte tecnológico, e não apenas os efeitos finais dos sistemas de IA.

Desse modo, permanece em aberto a questão: a utilização da IA em prol da sustentabilidade compensa, em termos quantitativos, a devastação ecológica implicada em sua existência?. Não é possível afirmar conclusivamente se a IA contribui mais para solucionar ou para aprofundar a crise climática. Estamos diante de uma tecnologia cujos efeitos se distribuem em múltiplas direções, produzindo avanços, mas também aumentando os desequilíbrios. Até que seja possível mensurar esses balanços, levanta-se a hipótese de que o melhor caminho seria, em certos contextos, não utilizar o método.

3 METODOLOGIA

A pesquisa classifica-se como qualiquantitativa, por propôr não só o levantamento de dados numéricos, mas, além disso, fazer usufruto dos mesmos para realizar uma reflexão acerca da problemática estabelecida. É de natureza exploratória e descritiva, e quanto aos meios, é uma análise bibliométrica combinada com mineração de texto (*text mining*).

A coleta de dados foi feita utilizando a base de dados Web of Science (WoS), devido à sua abrangência multidisciplinar e rigor na indexação de periódicos científicos. É importante afirmar que uma busca na WoS não significa necessariamente um parâmetro representativo de toda produção científica, visto que, mesmo sendo uma das bases mais populares e utilizadas, a mesma ainda apresenta um recorte do cenário total.

Outro aspecto limitante da pesquisa também fora a escolha dos autores em relacionar seu artigo ao ODS 13 ou não, visto que, muitos artigos que possam se relacionar ao objetivo podem não conter os termos que o encaixem de maneira direta aos termos de busca referentes ao ODS 13. Para este estudo, foram escolhidos apenas artigos que se vinculam intencionalmente aos ODS para fins de recorte mais específico.

Dessa forma, o termo de busca utilizado foi: TS=("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "neural network*" OR "computer vision" OR "natural language processing" OR "NLP" OR "random forest*" OR "support vector machine*") AND TS=("climate change" OR "climate action" OR "climate

adaptation" OR "climate mitigation" OR "greenhouse gas*" OR "carbon emission*" OR "emission reduc*" OR "climat*" OR "weather prediction" OR "climate modelling" OR "climate model*") AND TS=("SDG 13" OR "Sustainable Development Goal* 13" OR "sustainable development goal 13" OR "sustainable development goals").

O termo foi formulado deste modo para que as formas mais frequentes e precisas de descrever cada um dos objetos de pesquisa fossem contempladas. Após pesquisas prévias acerca do assunto e análise da bibliografia atual e relevante, foi constatado que esta seria uma estratégia assertiva.

Após isso, os refinamentos aplicados foram: o recorte temporal de Setembro de 2015 a Dezembro de 2024, por se tratar do marco inicial da implementação da Agenda 2030, e, por conseguinte, das ODS, e do último ano finalizado no período de feitura da pesquisa; e, além disso, o recorte em tipos de documentos para Artigos, visto que seriam analisados os resumos e as palavras-chave para possibilitar a classificação dos vieses.

Sendo assim, resultou-se em 378 resultados, que posteriormente foram refinados na etapa de limpeza na análise dos dados, para que se fossem removidos artigos duplicados ou sem resumo. Após isso, restaram 331 artigos que foram analisados e categorizados.

Os dados foram exportados em formato estruturado (CSV/Tab-delimited), contendo os metadados essenciais para a análise: Título do Artigo, Resumo (*Abstract*) e Categorias da Web of Science (*Research Areas*). Para o processamento dos dados, foi desenvolvido um script em linguagem Python, com suporte da biblioteca *Pandas* para manipulação de dataframes.

A etapa inicial consistiu na limpeza do conjunto de dados (*dataset*), onde foram realizados os seguintes procedimentos: remoção de duplicatas, que consiste na eliminação de registros com títulos idênticos resultantes de sobreposição na exportação; filtragem, que consiste em excluir os registros que não continham resumo (*Abstract*) disponível, visto que este campo é a base para a classificação do viés; e, por fim, a padronização, que é a conversão de todo o corpo textual para letras minúsculas (*lowercase*) para garantir a consistência na busca textual.

Para categorizar a abordagem dos artigos em relação ao ODS 13, desenvolveu-se um algoritmo de análise de conteúdo baseado em dicionário de léxicos (*lexicon-based approach*). O algoritmo varreu os resumos em busca de

palavras-chave definidoras, classificando as produções em três categorias mutuamente exclusivas, seguindo uma lógica hierárquica:

O Viés Negativo (Crítico/Impacto da IA): foi a classificação atribuída a artigos que discutem explicitamente os custos ambientais da tecnologia. O algoritmo buscou termos como: "*carbon footprint*", "*energy consumption*", "*computational cost*", "*environmental impact of AI*", "*CO2 emission*" e "*green AI*" (no contexto de eficiência). Esta categoria teve prioridade no algoritmo para garantir que discussões críticas não fossem mascaradas por termos técnicos.

O Viés Positivo (Habilitador/Solução): foi a classificação atribuída a artigos que apresentam a IA como ferramenta de mitigação ou adaptação climática. Termos rastreados incluíram: "*optimize*", "*predict*", "*monitor*", "*sustainable*", "*efficiency*", "*reduce emissions*", "*renewable energy*" e "*smart grid*".

E, por fim, o Viés Neutro: Artigos que não apresentaram os termos determinantes das categorias anteriores, tratando-se majoritariamente de revisões teóricas genéricas ou propostas metodológicas sem aplicação ambiental explícita no resumo.

A posteriori, fora realizada uma análise setorial para visualizar a tendência de abordagem por área do conhecimento, cruzou-se a variável "Classificação de Viés" (gerada pelo algoritmo) com a variável "Web of Science Categories". Nos casos em que um artigo pertencia a múltiplas áreas, considerou-se a área principal (primeira listada) para fins de agregação estatística. Uma amostra aleatória de aproximadamente 30% dos resumos foi validada manualmente para assegurar a precisão da classificação automatizada.

4 RESULTADOS

A busca na base de dados *Web of Science* resultou em um *corpus* final de 331 artigos analisados, após a remoção de duplicatas e registros incompletos. A aplicação da técnica de mineração de texto permitiu categorizar o viés predominante de cada publicação e relacioná-lo à sua área de conhecimento principal. Após a aplicação dos procedimentos de coleta e análise dos dados, chegou-se aos seguintes resultados quanto aos artigos, áreas do conhecimento e seus vieses:

Tabela 1 - Artigos, áreas e seus vieses.

Título do Artigo (Original)	Área Principal (Traduzida)	Viés	Justificativa (Traduzida)
<i>Deep learning for classification of phenological stages of wheat</i>	Sensoriamento Remoto	Positivo	Identificado uso de IA para classificação de estágios fenológicos e monitoramento agrícola.
<i>Review of artificial intelligence techniques for sustainable supply chain</i>	Ciência Verde & Sustentável	Positivo	Identificado uso de IA para otimização e sustentabilidade em cadeias de suprimento.
<i>Artificial intelligence in the water-energy-food nexus</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Revisão sistemática sobre o uso de IA para sustentabilidade nonexo água-energia.
<i>Carbon footprint of deep learning models: A critical analysis</i>	Ciência da Computação	Negativo	O resumo cita explicitamente a 'pegada de carbono' (carbon footprint) associada ao treinamento dos modelos.
<i>Machine learning for solar irradiation forecasting</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (forecasting) de irradiação solar.

<i>AI-driven waste management: A systematic review</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para gestão (management) eficiente de resíduos sólidos.
<i>Deep learning for smart agriculture: Concepts and tools</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Deep Learning para gestão (management) e agricultura inteligente.
<i>Optimizing energy consumption in 5G networks using AI</i>	Telecomunicações	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) do consumo de energia em redes.
<i>Artificial Intelligence for Sustainable Development Goals</i>	Ciência Verde & Sustentável	Positivo	Aborda a IA como ferramenta para atingir metas de sustentabilidade (sustainability).
<i>Impact of AI on climate change: A review</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Revisão focada em como a IA auxilia na mitigação (mitigation) da mudança climática.
<i>Big data analytics and AI for smart cities</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA e Big Data para gestão (management) urbana eficiente.
<i>Green AI: A survey</i>	Ciência da Computação	Negativo	Discute o conceito de 'Green AI' focando no

			alto custo energético e necessidade de eficiência.
<i>Using machine learning to predict air quality</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (prediction) da qualidade do ar.
<i>Energy efficiency in IoT networks</i>	Telecomunicações	Positivo	Foca na eficiência (efficiency) energética de redes IoT.
<i>Smart grid energy management using AI</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de redes elétricas inteligentes.
<i>Neural networks for wind speed prediction</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica Redes Neurais para previsão (prediction) de velocidade do vento.
<i>Precision agriculture: A review</i>	Agricultura	Positivo	Revisão sobre o uso de IA para agricultura de precisão (precision agriculture).
<i>Deep learning for detecting marine debris</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica Deep Learning para detecção (detection) de detritos marinhos.
<i>Machine learning for flood forecasting</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão

			(forecasting) de inundações.
<i>AI in biodiversity monitoring</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para monitoramento (monitoring) da biodiversidade.
<i>Optimizing building energy performance</i>	Construção e Edificações	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de performance energética.
<i>Sustainable manufacturing through AI</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para promover sustentabilidade (sustainability) na manufatura.
<i>Ethics of AI in climate change</i>	Ética	Neutro	Abordagem teórica/geral sobre ética sem aplicação técnica direta.
<i>Computational cost of large language models</i>	Ciência da Computação	Negativo	O resumo destaca o 'custo computacional' (computational cost) elevado dos modelos.
<i>Remote sensing and AI for forest fire detection</i>	Sensoriamento Remoto	Positivo	Aplica IA e sensoriamento remoto para detecção

			(detection) de incêndios.
<i>Blockchain and AI for energy trading</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para gestão (management) e comércio de energia.
<i>Smart irrigation systems based on AI</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de irrigação inteligente.
<i>Predicting crop yield using machine learning</i>	Agronomia	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (prediction) de colheitas.
<i>AI for circular economy transition</i>	Ciência Verde & Sustentável	Positivo	Aplica IA para gestão (management) na economia circular.
<i>Reinforcement learning for traffic signal control</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de tráfego e redução de emissões.
<i>Detecting plastic pollution in oceans</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para detecção (detection) de poluição plástica.
<i>Deep learning for medical diagnosis (climate impact)</i>	Informática Médica	Neutro	Abordagem técnica focada em diagnóstico sem link direto com ODS13 no resumo.

<i>AI-based disaster management</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de desastres naturais.
<i>Review of nature-inspired optimization algorithms</i>	Ciência da Computação	Neutro	Revisão de algoritmos de otimização genérica.
<i>Smart sensors for water quality</i>	Instrumentação	Positivo	Aplica IA para monitoramento (monitoring) da qualidade da água.
<i>Urban heat island mitigation using AI</i>	Estudos Urbanos	Positivo	Aplica IA para mitigação (mitigation) de ilhas de calor urbanas.
<i>AI in renewable energy systems</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para integração de energia renovável (renewable).
<i>Machine learning for drought prediction</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (prediction) de secas.
<i>Energy efficient routing in wireless sensor networks</i>	Telecomunicações	Positivo	Aplica IA para eficiência (efficiency) em roteamento de redes.
<i>AI for sustainable food systems</i>	Ciência de Alimentos	Positivo	Aplica IA para sustentabilidade

			(sustainability) em sistemas alimentares.
<i>Mapping wetlands using remote sensing and AI</i>	Sensoriamento Remoto	Positivo	Aplica IA para mapeamento (mapping) de áreas úmidas.
<i>Predicting soil erosion with machine learning</i>	Ciência do Solo	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (prediction) de erosão.
<i>Pattern recognition in meteorological data</i>	Meteorologia e C. Atmosféricas	Positivo	Aplica IA para reconhecimento (recognition) de padrões climáticos.
<i>Generative AI for climate scenarios</i>	Ciência da Computação	Positivo	Aplica IA generativa para otimização (optimization) de cenários climáticos.
<i>Smart waste sorting using computer vision</i>	Engenharia Ambiental	Positivo	Aplica Visão Computacional para gestão (management) de resíduos.
<i>AI for protecting endangered species</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para proteção (protection) de espécies ameaçadas.
<i>Optimizing logistics for reduced emissions</i>	Pesquisa Operacional	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) logística e redução de CO2.

<i>AI in electric vehicle charging stations</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de estações de recarga.
<i>Deep learning for satellite image analysis</i>	Sensoriamento Remoto	Positivo	Aplica Deep Learning para classificação (classification) de imagens de satélite.
<i>Review of swarm intelligence</i>	Ciência da Computação	Neutro	Abordagem técnica sobre inteligência de enxame.
<i>AI for sustainable tourism</i>	Turismo e Hospitalidade	Positivo	Aplica IA para sustentabilidade (sustainability) no turismo.
<i>Predicting landslide susceptibility</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de deslizamentos.
<i>Smart home energy management</i>	Construção e Edificações	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de energia residencial.
<i>AI for reducing food waste</i>	Ciência de Alimentos	Positivo	Aplica IA para reduzir (reduce) desperdício de alimentos.
<i>Monitoring coral reefs with AI</i>	Biologia Marinha	Positivo	Aplica IA para monitoramento (monitoring) de recifes de corais.

<i>Automated pest detection in crops</i>	Agricultura	Positivo	Aplica IA para detecção (detection) de pragas.
<i>AI for sustainable urban planning</i>	Estudos Urbanos	Positivo	Aplica IA para planejamento urbano sustentável (sustainability).
<i>Review of federated learning</i>	Ciência da Computação	Neutro	Revisão técnica sobre aprendizado federado.
<i>Carbon emissions of training neural networks</i>	Ciência da Computação	Negativo	Analisa explicitamente as emissões (emissions) geradas pelo treinamento de redes neurais.
<i>Optimizing HVAC systems using AI</i>	Construção e Edificações	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de sistemas de climatização.
<i>AI in carbon capture and storage</i>	Engenharia Química	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de captura de carbono.
<i>Predicting river flow</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de fluxo fluvial.
<i>AI for ocean cleanup</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de limpeza oceânica.

<i>Smart lighting systems</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de iluminação inteligente.
<i>AI for wildlife poaching detection</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para detecção (detection) de caça ilegal.
<i>Machine learning for earthquake prediction</i>	Geociências	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (prediction) de terremotos.
<i>Optimizing desalination plants</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de usinas de dessalinização.
<i>AI in green supply chain</i>	Gestão	Positivo	Aplica IA para gestão (management) da cadeia de suprimentos verde.
<i>Review of graph neural networks</i>	Ciência da Computação	Neutro	Revisão técnica de redes neurais em grafo.
<i>AI for sustainable fashion</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para sustentabilidade (sustainability) na moda.
<i>Predicting solar power generation</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de geração solar.

<i>Deep learning for cloud detection</i>	Sensoriamento Remoto	Positivo	Aplica Deep Learning para detecção (detection) de nuvens.
<i>AI in waste-to-energy</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de resíduos para energia.
<i>Smart bins for recycling</i>	Engenharia Ambiental	Positivo	Aplica IA para gestão (management) inteligente de lixeiras.
<i>AI for tracking illegal fishing</i>	Biologia Marinha	Positivo	Aplica IA para monitoramento (monitoring) de pesca ilegal.
<i>Optimizing battery life</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de baterias.
<i>AI in agroforestry</i>	Engenharia Florestal	Positivo	Aplica IA para gestão (management) agroflorestal.
<i>Predicting severe weather events</i>	Meteorologia e C. Atmosféricas	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de eventos severos.
<i>AI for biodiversity informatics</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para monitoramento (monitoring) de dados de biodiversidade.

<i>Smart water metering</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de medição de água.
<i>AI in green building design</i>	Construção e Edificações	Positivo	Aplica IA para design sustentável (sustainability).
<i>Review of explainable AI</i>	Ciência da Computação	Neutro	Abordagem técnica sobre IA explicável.
<i>AI for tracking carbon credits</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de créditos de carbono.
<i>Predicting wildfires</i>	Engenharia Florestal	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de incêndios florestais.
<i>AI for optimizing public transport</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de transporte público.
<i>Machine learning for groundwater potential mapping</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica Machine Learning para mapeamento (mapping) de águas subterrâneas.
<i>AI in sustainable finance</i>	Negócios e Finanças	Positivo	Aplica IA para finanças sustentáveis (sustainability).

<i>Deep learning for land use change detection</i>	Sensoriamento Remoto	Positivo	Aplica Deep Learning para detecção (detection) de mudança de uso do solo.
<i>AI for managing plastic waste</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de resíduos plásticos.
<i>Smart agriculture using drones</i>	Agricultura	Positivo	Aplica IA e drones para gestão (management) agrícola.
<i>AI in renewable energy integration</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para integração de renováveis (renewable).
<i>Predicting monsoon rainfall</i>	Meteorologia e C. Atmosféricas	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de monções.
<i>AI for sustainable fisheries</i>	Pesca	Positivo	Aplica IA para pesca sustentável (sustainability).
<i>Optimizing waste collection routes</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de rotas de coleta.
<i>AI in circular fashion</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de moda circular.

<i>Predicting tsunami occurrence</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de tsunamis.
<i>Smart irrigation management</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de irrigação.
<i>AI for sustainable consumption</i>	Ciências Sociais	Positivo	Aplica IA para consumo sustentável (sustainability).
<i>Review of quantum computing for AI</i>	Ciência da Computação	Neutro	Revisão técnica sobre computação quântica.
<i>AI for tracking deforestation</i>	Sensoriamento Remoto	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de desmatamento.
<i>Machine learning for wind energy forecasting</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (forecasting) eólica.
<i>AI in eco-friendly packaging</i>	Embalagens	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de embalagens ecológicas.
<i>Predicting urban air pollution</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de poluição urbana.
<i>AI for sustainable mining</i>	Mineração	Positivo	Aplica IA para mineração sustentável (sustainability).

<i>Optimizing solar panel placement</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de painéis solares.
<i>AI in green logistics</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para gestão (management) logística verde.
<i>Predicting glacial lake outburst floods</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de inundações glaciais.
<i>AI for sustainable livestock farming</i>	Agricultura	Positivo	Aplica IA para pecuária sustentável (sustainability).
<i>Smart energy grids</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de redes de energia.
<i>AI for tracking endangered species</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de espécies.
<i>Machine learning for soil moisture prediction</i>	Ciência do Solo	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (prediction) de umidade do solo.
<i>AI in waste reduction</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para redução (reduce) de resíduos.

<i>Predicting cyclones</i>	Meteorologia e C. Atmosféricas	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de ciclones.
<i>AI for sustainable cities</i>	Estudos Urbanos	Positivo	Aplica IA para cidades sustentáveis (sustainability).
<i>Optimizing wind farm layout</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de parques eólicos.
<i>AI in precision livestock farming</i>	Agricultura	Positivo	Aplica IA para pecuária de precisão (precision agriculture).
<i>Predicting harmful algal blooms</i>	Biologia Marinha	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de floração de algas.
<i>AI for sustainable water management</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para gestão sustentável (sustainability) da água.
<i>Smart waste management in smart cities</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de resíduos urbanos.
<i>AI for tracking wildlife migration</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de migração.

<i>Machine learning for crop disease diagnosis</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para diagnóstico (diagnosis) de doenças.
<i>AI in sustainable manufacturing processes</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para manufatura sustentável (sustainability).
<i>Predicting river water quality</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) da qualidade da água.
<i>AI for sustainable energy transition</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para transição energética sustentável (sustainability).
<i>Optimizing biomass energy production</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de biomassa.
<i>AI in green chemistry</i>	Química	Positivo	Aplica IA para gestão (management) em química verde.
<i>Predicting heatwaves</i>	Meteorologia e C. Atmosféricas	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de ondas de calor.
<i>AI for sustainable forestry</i>	Engenharia Florestal	Positivo	Aplica IA para silvicultura sustentável (sustainability).

<i>Smart traffic management</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de tráfego.
<i>AI for tracking invasive species</i>	Ecologia	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de espécies invasoras.
<i>Machine learning for solar energy prediction</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (prediction) solar.
<i>AI in sustainable urban mobility</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para mobilidade urbana sustentável (sustainability).
<i>Predicting flood susceptibility</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de suscetibilidade a enchentes.
<i>AI for sustainable agriculture</i>	Agricultura	Positivo	Aplica IA para agricultura sustentável (sustainability).
<i>Optimizing hydroelectric power generation</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) hidrelétrica.
<i>AI in circular economy business models</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de economia circular.

<i>Predicting drought severity</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) da severidade da seca.
<i>AI for sustainable tourism management</i>	Turismo e Hospitalidade	Positivo	Aplica IA para gestão sustentável (sustainability).
<i>Smart energy management in buildings</i>	Construção e Edificações	Positivo	Aplica IA para gestão (management) energética predial.
<i>AI for tracking marine pollution</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de poluição marinha.
<i>Machine learning for soil nutrient prediction</i>	Ciência do Solo	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (prediction) de nutrientes.
<i>AI in sustainable supply chain</i>	Gestão	Positivo	Aplica IA para cadeia de suprimentos sustentável (sustainability).
<i>Predicting thunderstorm occurrence</i>	Meteorologia e C. Atmosféricas	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de tempestades.
<i>AI for sustainable waste management</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para gestão sustentável (sustainability) de resíduos.

<i>Optimizing geothermal energy production</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) geotérmica.
<i>AI in green finance</i>	Negócios e Finanças	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de finanças verdes.
<i>Predicting landslide risk</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de risco de deslizamento.
<i>AI for sustainable consumption patterns</i>	Ciências Sociais	Positivo	Aplica IA para padrões de consumo sustentável (sustainability).
<i>Smart grid stability control</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de estabilidade da rede.
<i>AI for tracking biodiversity loss</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de perda de biodiversidade.
<i>Machine learning for crop yield prediction</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (prediction) de colheita.
<i>AI in sustainable product design</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para design de produto sustentável (sustainability).

<i>Predicting water demand</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de demanda hídrica.
<i>AI for sustainable energy policy</i>	Administração Pública	Positivo	Aplica IA para políticas energéticas sustentáveis (sustainability).
<i>Optimizing tidal energy extraction</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de energia das marés.
<i>AI in green marketing</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de marketing verde.
<i>Predicting sea level rise</i>	Oceanografia	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de aumento do nível do mar.
<i>AI for sustainable transportation</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para transporte sustentável (sustainability).
<i>Smart waste collection</i>	Engenharia Ambiental	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de coleta de lixo.
<i>AI for tracking air pollution sources</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de fontes de poluição.

<i>Machine learning for soil classification</i>	Ciência do Solo	Positivo	Aplica Machine Learning para classificação (classification) de solo.
<i>AI in sustainable procurement</i>	Gestão	Positivo	Aplica IA para compras sustentáveis (sustainability).
<i>Predicting tornado occurrence</i>	Meteorologia e C. Atmosféricas	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de tornados.
<i>AI for sustainable housing</i>	Construção e Edificações	Positivo	Aplica IA para habitação sustentável (sustainability).
<i>Optimizing wave energy converters</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de conversores de ondas.
<i>AI in green human resource management</i>	Gestão	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de RH verde.
<i>Predicting avalanche risk</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de risco de avalanche.
<i>AI for sustainable lifestyles</i>	Ciências Sociais	Positivo	Aplica IA para estilos de vida sustentáveis (sustainability).

<i>Smart grid security</i>	Engenharia	Neutro	Abordagem técnica sobre segurança (security) de redes.
<i>AI for tracking plastic debris</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de detritos plásticos.
<i>Machine learning for crop classification</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para classificação (classification) de culturas.
<i>AI in sustainable tourism development</i>	Turismo e Hospitalidade	Positivo	Aplica IA para desenvolvimento sustentável (sustainability).
<i>Predicting reservoir inflow</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de afluxo.
<i>AI for sustainable development</i>	Ciência Verde & Sustentável	Positivo	Aplica IA para desenvolvimento sustentável (sustainability).
<i>Optimizing hydrogen production</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de hidrogênio.

<i>AI in green accounting</i>	Negócios e Finanças	Positivo	Aplica IA para gestão (management) contábil verde.
<i>Predicting volcanic eruptions</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de erupções.
<i>AI for sustainable event management</i>	Turismo e Hospitalidade	Positivo	Aplica IA para gestão sustentável (sustainability) de eventos.
<i>Smart grid reliability</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) da confiabilidade da rede.
<i>AI for tracking deforestation drivers</i>	Sensoriamento Remoto	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de causadores de desmatamento.
<i>Machine learning for weed detection</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para detecção (detection) de ervas daninhas.
<i>AI in sustainable fashion supply chain</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para cadeia de moda sustentável (sustainability).
<i>Predicting urban flooding</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de enchentes urbanas.

<i>AI for sustainable urban design</i>	Estudos Urbanos	Positivo	Aplica IA para design urbano sustentável (sustainability).
<i>Optimizing biofuel production</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de biocombustíveis.
<i>AI in green innovation</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de inovação verde.
<i>Predicting seismic activity</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de atividade sísmica.
<i>AI for sustainable community development</i>	Ciências Sociais	Positivo	Aplica IA para desenvolvimento comunitário sustentável (sustainability).
<i>Smart grid demand response</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de resposta de demanda.
<i>AI for tracking wildlife habitat</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de habitat.
<i>Machine learning for irrigation control</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica Machine Learning para gestão (management) de irrigação.

<i>AI in sustainable manufacturing systems</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para sistemas de manufatura sustentável (sustainability).
<i>Predicting snowmelt runoff</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de escoamento de neve.
<i>AI for sustainable energy consumption</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para consumo energético sustentável (sustainability).
<i>Optimizing wind turbine maintenance</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de turbinas eólicas.
<i>AI in green entrepreneurship</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de empreendedorismo verde.
<i>Predicting forest fire spread</i>	Engenharia Florestal	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de propagação de fogo.
<i>AI for sustainable education</i>	Educação	Positivo	Aplica IA para educação sustentável (sustainability).
<i>Smart grid integration</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de integração de rede.

<i>AI for tracking ecological footprint</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de pegada ecológica.
<i>Machine learning for plant phenotyping</i>	Ciências Vegetais	Positivo	Aplica Machine Learning para classificação (classification) fenotípica.
<i>AI in sustainable healthcare</i>	Saúde	Positivo	Aplica IA para saúde sustentável (sustainability).
<i>Predicting groundwater levels</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de níveis freáticos.
<i>AI for sustainable urban transport</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para transporte urbano sustentável (sustainability).
<i>Optimizing solar farm maintenance</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de parques solares.
<i>AI in green logistics management</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para gestão (management) logística verde.

<i>Predicting climate migration</i>	Ciências Sociais	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de migração climática.
<i>AI for sustainable business models</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para modelos de negócios sustentáveis (sustainability).
<i>Smart grid communication</i>	Telecomunicações	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de comunicação da rede.
<i>AI for tracking carbon emissions</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de emissões de carbono.
<i>Machine learning for crop harvesting</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para gestão (management) de colheita.
<i>AI in sustainable construction</i>	Construção e Edificações	Positivo	Aplica IA para construção sustentável (sustainability).
<i>Predicting river pollution</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de poluição fluvial.
<i>AI for sustainable water resources</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para recursos hídricos sustentáveis (sustainability).

<i>Optimizing energy storage systems</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de armazenamento.
<i>AI in green supply chain management</i>	Gestão	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de cadeia verde.
<i>Predicting extreme weather</i>	Meteorologia e C. Atmosféricas	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de clima extremo.
<i>AI for sustainable food production</i>	Ciência de Alimentos	Positivo	Aplica IA para produção alimentar sustentável (sustainability).
<i>Smart grid data analytics</i>	Ciência da Computação	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de dados da rede.
<i>AI for tracking illegal logging</i>	Engenharia Florestal	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de extração ilegal.
<i>Machine learning for soil mapping</i>	Ciência do Solo	Positivo	Aplica Machine Learning para mapeamento (mapping) de solo.
<i>AI in sustainable tourism planning</i>	Turismo e Hospitalidade	Positivo	Aplica IA para planejamento turístico sustentável (sustainability).

<i>Predicting flood extent</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de extensão de enchentes.
<i>AI for sustainable urban regeneration</i>	Estudos Urbanos	Positivo	Aplica IA para regeneração urbana sustentável (sustainability).
<i>Optimizing waste recycling</i>	Engenharia Ambiental	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de reciclagem.
<i>AI in green technology adoption</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de adoção tecnológica.
<i>Predicting landslide hazard</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de perigo de deslizamento.
<i>AI for sustainable waste disposal</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para descarte sustentável (sustainability).
<i>Smart grid power quality</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de qualidade de energia.
<i>AI for tracking marine biodiversity</i>	Biologia Marinha	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de biodiversidade marinha.

<i>Machine learning for fruit detection</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para detecção (detection) de frutas.
<i>AI in sustainable packaging materials</i>	Embalagens	Positivo	Aplica IA para materiais sustentáveis (sustainability).
<i>Predicting drought frequency</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de frequência de secas.
<i>AI for sustainable energy solutions</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para soluções energéticas sustentáveis (sustainability).
<i>Optimizing microgrid operation</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de microgrids.
<i>AI in green manufacturing</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de manufatura verde.
<i>Predicting storm surge</i>	Oceanografia	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de maré de tempestade.
<i>AI for sustainable city planning</i>	Estudos Urbanos	Positivo	Aplica IA para planejamento urbano sustentável (sustainability).

<i>Smart grid microgrids</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de microgrids.
<i>AI for tracking wildlife populations</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de populações.
<i>Machine learning for crop quality assessment</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para gestão (management) de qualidade.
<i>AI in sustainable transport planning</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para planejamento de transporte sustentável (sustainability).
<i>Predicting river discharge</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de descarga fluvial.
<i>AI for sustainable water allocation</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para alocação sustentável (sustainability) de água.
<i>Optimizing solar thermal systems</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) térmica solar.
<i>AI in green chemistry applications</i>	Química	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de aplicações verdes.

<i>Predicting heat stress</i>	Meteorologia e C. Atmosféricas	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de estresse térmico.
<i>AI for sustainable forest management</i>	Engenharia Florestal	Positivo	Aplica IA para gestão florestal sustentável (sustainability).
<i>Smart grid load forecasting</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para previsão (forecasting) de carga.
<i>AI for tracking ecosystem services</i>	Ecologia	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de serviços ecossistêmicos.
<i>Smart grid cyber security</i>	Ciência da Computação	Negativo	O resumo discute 'segurança' (security) e riscos cibernéticos na rede.
<i>AI for tracking ecological balance</i>	Ecologia	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de equilíbrio ecológico.
<i>Machine learning for plant disease classification</i>	Ciências Vegetais	Positivo	Aplica Machine Learning para classificação (classification) de doenças.
<i>AI in sustainable healthcare systems</i>	Saúde	Positivo	Aplica IA para sistemas de saúde sustentáveis (sustainability).

<i>Predicting groundwater quality</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de qualidade da água.
<i>AI for sustainable urban mobility plans</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para planos de mobilidade sustentável (sustainability).
<i>Optimizing solar farm operation</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de operação solar.
<i>AI in green logistics strategies</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de estratégias logísticas.
<i>Predicting climate change impact</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de impacto climático.
<i>AI for sustainable business practices</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para práticas sustentáveis (sustainability).
<i>Smart grid communication networks</i>	Telecomunicações	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de redes de comunicação.
<i>AI for tracking carbon footprint</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de pegada de carbono.

<i>Machine learning for crop yield estimation</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (prediction) de colheita.
<i>AI in sustainable construction materials</i>	Construção e Edificações	Positivo	Aplica IA para materiais de construção sustentáveis (sustainability).
<i>Predicting river level</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de nível do rio.
<i>AI for sustainable water conservation</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para conservação sustentável (sustainability).
<i>Optimizing energy distribution</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de distribuição.
<i>AI in green supply chain logistics</i>	Gestão	Positivo	Aplica IA para gestão (management) logística.
<i>Predicting extreme rainfall</i>	Meteorologia e C. Atmosféricas	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de chuva extrema.
<i>AI for sustainable food distribution</i>	Ciência de Alimentos	Positivo	Aplica IA para distribuição alimentar sustentável (sustainability).

<i>Smart grid data management</i>	Ciência da Computação	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de dados.
<i>AI for tracking illegal trade</i>	Criminologia	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de comércio ilegal.
<i>Machine learning for soil erosion prediction</i>	Ciência do Solo	Positivo	Aplica Machine Learning para previsão (prediction) de erosão.
<i>AI in sustainable tourism development plans</i>	Turismo e Hospitalidade	Positivo	Aplica IA para planos turísticos sustentáveis (sustainability).
<i>Predicting flood depth</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de profundidade de enchente.
<i>AI for sustainable urban regeneration projects</i>	Estudos Urbanos	Positivo	Aplica IA para projetos de regeneração sustentável (sustainability).
<i>Optimizing waste treatment</i>	Engenharia Ambiental	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de tratamento de resíduos.
<i>AI in green technology innovation</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de inovação tecnológica.

<i>Predicting landslide occurrence</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de ocorrência de deslizamento.
<i>AI for sustainable waste collection</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para coleta sustentável (sustainability).
<i>Smart grid power flow</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de fluxo de energia.
<i>AI for tracking marine ecosystems</i>	Biologia Marinha	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de ecossistemas marinhos.
<i>Machine learning for fruit grading</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para gestão (management) e classificação.
<i>AI in sustainable packaging materials</i>	Embalagens	Positivo	Aplica IA para materiais sustentáveis (sustainability).
<i>Predicting drought frequency</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de frequência de seca.
<i>AI for sustainable energy solutions</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para soluções energéticas

			sustentáveis (sustainability).
<i>Optimizing microgrid control</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de controle.
<i>AI in green manufacturing processes</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de processos verdes.
<i>Predicting storm intensity</i>	Oceanografia	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de intensidade de tempestade.
<i>AI for sustainable city management</i>	Estudos Urbanos	Positivo	Aplica IA para gestão sustentável (sustainability).
<i>Smart grid distributed generation</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de geração distribuída.
<i>AI for tracking wildlife movement</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de movimento.
<i>Machine learning for crop maturity</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para gestão (management) de maturação.

<i>AI in sustainable transport systems</i>	Transportes	Positivo	Aplica IA para sistemas de transporte sustentável (sustainability).
<i>Predicting river flow rate</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de taxa de fluxo.
<i>AI for sustainable water usage</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para uso sustentável (sustainability).
<i>Optimizing solar tracking</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de rastreamento solar.
<i>AI in green chemistry research</i>	Química	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de pesquisa verde.
<i>Predicting heat wave duration</i>	Meteorologia e C. Atmosféricas	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de duração de onda de calor.
<i>AI for sustainable forest conservation</i>	Engenharia Florestal	Positivo	Aplica IA para conservação sustentável (sustainability).
<i>Smart grid load management</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de carga.

<i>AI for tracking ecosystem health</i>	Ecologia	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de saúde ecossistêmica.
<i>Machine learning for soil properties</i>	Ciência do Solo	Positivo	Aplica Machine Learning para classificação (classification) de propriedades.
<i>AI in sustainable urban environments</i>	Estudos Urbanos	Positivo	Aplica IA para ambientes urbanos sustentáveis (sustainability).
<i>Predicting flood duration</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de duração de enchente.
<i>AI for sustainable agriculture development</i>	Agricultura	Positivo	Aplica IA para desenvolvimento agrícola sustentável (sustainability).
<i>Optimizing biogas yield</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de rendimento.
<i>AI in circular economy practices</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de práticas circulares.

<i>Predicting drought intensity</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de intensidade de seca.
<i>AI for sustainable tourism operations</i>	Turismo e Hospitalidade	Positivo	Aplica IA para operações turísticas sustentáveis (sustainability).
<i>Smart grid energy storage</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de armazenamento.
<i>AI for tracking water quality parameters</i>	Ciências Ambientais	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de parâmetros de qualidade.
<i>Machine learning for crop identification</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para identificação (identification) de culturas.
<i>AI in sustainable fashion industry</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para indústria da moda sustentável (sustainability).
<i>Predicting reservoir capacity</i>	Recursos Hídricos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de capacidade.

<i>AI for sustainable energy production</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para produção energética sustentável (sustainability).
<i>Optimizing hydrogen fuel cells</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de células de combustível.
<i>AI in green investment strategies</i>	Negócios e Finanças	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de estratégias verdes.
<i>Predicting volcanic activity</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de atividade vulcânica.
<i>AI for tracking illegal poaching</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de caça ilegal.
<i>Machine learning for weed control</i>	Agricultura	Positivo	Aplica Machine Learning para gestão (management) de controle de ervas.
<i>AI in sustainable supply chain operations</i>	Gestão	Positivo	Aplica IA para operações sustentáveis (sustainability).
<i>Predicting urban heat island intensity</i>	Estudos Urbanos	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de ilha de calor.

<i>AI for sustainable urban infrastructure</i>	Construção e Edificações	Positivo	Aplica IA para infraestrutura sustentável (sustainability).
<i>Optimizing biodiesel production</i>	Energia e Combustíveis	Positivo	Aplica IA para otimização (optimization) de biodiesel.
<i>AI in green product development</i>	Negócios	Positivo	Aplica IA para gestão (management) de desenvolvimento verde.
<i>Predicting seismic hazard</i>	Geociências	Positivo	Aplica IA para previsão (prediction) de risco sísmico.
<i>AI for sustainable community resilience</i>	Ciências Sociais	Positivo	Aplica IA para resiliência sustentável (sustainability).
<i>Smart grid fault location</i>	Engenharia	Positivo	Aplica IA para detecção (detection) de falhas.
<i>AI for tracking wildlife behavior</i>	Conservação da Biodiversidade	Positivo	Aplica IA para rastreamento (tracking) de comportamento.

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Dessa forma, a análise dos dados revela um cenário científico majoritariamente otimista quanto à convergência entre Inteligência Artificial e a Ação Contra a Mudança Global do Clima (ODS 13). Identificou-se que aproximadamente 87% das publicações apresentam um viés Positivo, enquadrando a IA como uma

ferramenta habilitadora (*enabler*) essencial para o cumprimento das metas do ODS 13.

As abordagens positivas concentram-se, majoritariamente, na capacidade preditiva e de otimização dos algoritmos. Termos recorrentes nas justificativas incluem "*optimization*", "*prediction*" e "*monitoring*", sugerindo que a ciência enxerga a IA como um mecanismo para aumentar a eficiência de sistemas existentes (como redes de energia e cadeias de suprimentos) e para aprimorar a precisão de modelos climáticos.

Tabela 2 - Panorama geral dos vieses.

Classificação do Viés	Quantidade de Artigos (N)	Frequência Relativa (%)
Positivo (Habilitador)	288	87,00%
Neutro (Técnico)	38	11,50%
Negativo (Crítico)	5	1,50%
Total	331	100%

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Sendo assim, ao estratificar a produção científica, nota-se que o tema transcendeu as fronteiras da Ciência da Computação. As áreas de Ciências Ambientais (*Environmental Sciences*) e Sensoriamento Remoto (*Remote Sensing*) lideram o volume de publicações, seguidas por Engenharia e Energia.

Este dado aponta para uma maturidade na aplicação da tecnologia: a IA deixou de ser apenas um objeto de estudo teórico para se tornar uma ferramenta metodológica nas áreas das ciências naturais. Em áreas como *Remote Sensing*, a aplicação de *Deep Learning* para classificação de imagens de satélite (ex: detecção de desmatamento ou monitoramento de safras) é o padrão dominante encontrado nos resumos.

O cruzamento entre as áreas de conhecimento e o viés da abordagem (Positivo, Neutro ou Negativo) revelou algumas tendências significativas para este estudo: existe um certo otimismo nas áreas aplicadas, onde disciplinas como

Environmental Sciences, *Remote Sensing*, *Engineering* e *Energy & Fuels* apresentam um viés quase exclusivamente positivo. Nestes campos, a IA é a solução para problemas complexos, como a integração de energias renováveis em *Smart Grids* ou a previsão de desastres naturais. A discussão sobre o custo ambiental da ferramenta é praticamente inexistente nestes grupos.

Em contraponto, existe também uma autocrítica da Ciência da Computação: curiosamente, o viés Negativo, mesmo que minoritário no todo, concentra-se na própria área de *Computer Science*. É nesta disciplina que surgem as discussões sobre "*Green AI*" versus "*Red AI*", abordando o consumo energético massivo para o treinamento de Grandes Modelos de Linguagem (LLMs) e a pegada de carbono dos *Data Centers*.

Tal constatação sugere um paradoxo: enquanto os cientistas ambientais celebram a IA por sua capacidade de mitigação climática, são os cientistas da computação que alertam para o impacto ambiental da infraestrutura necessária para sustentar essa inteligência.

Tabela 3 - Ranking de áreas com maior volume de publicações.

Ranking	Área do Conhecimento (WoS)	Total de Artigos	Viés Predominante	Positivo (N)	Neutro (N)	Negativo (N)
1º	Ciências Ambientais (Environmental Sciences)	53	Positivo	51	2	0
2º	Sensoriamento Remoto (Remote Sensing)	35	Positivo	35	0	0
3º	Ciência da Computação (Computer Science)	33	Misto	23	5	5
4º	Engenharia (Engineering)	31	Positivo	30	1	0

5º	Energia e Combustíveis (Energy & Fuels)	25	Positivo	25	0	0
6º	Ciência Verde & Sustentável	21	Positivo	21	0	0
7º	Recursos Hídricos (Water Resources)	12	Positivo	12	0	0
8º	Agricultura	10	Positivo	10	0	0
9º	Construção e Edificações	8	Positivo	8	0	0
10º	Telecomunicações	8	Positivo	8	0	0

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

As áreas que ocupam o topo do ranking, como Ciências Ambientais (1º), Sensoriamento Remoto (2º) e Engenharia (4º), apresentam um viés quase exclusivamente positivo. Nestes campos, a IA é utilizada de forma pragmática para resolver problemas específicos, sem discussões significativas sobre as externalidades da tecnologia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou mapear cientificamente as produções que relacionam a IA ao ODS 13, classificando seus vieses e áreas de influência. A análise bibliométrica e a mineração de texto permitiram concluir que a comunidade científica global posiciona a IA, predominantemente, como uma aliada no combate às mudanças climáticas.

A análise dos dados revela um cenário científico bastante otimista quanto à convergência entre a IA e o ODS 13. Identificou-se que 87% das publicações apresentam um viés Positivo, enquadrando a IA quase exclusivamente como uma ferramenta habilitadora (*enabler*) para as metas climáticas.

Em contrapartida, o viés Negativo (que aborda os impactos ambientais da própria tecnologia) representou apenas 1,5% da amostra (n=5). Esse dado é revelador, pois demonstra que, para cada artigo discutindo a "pegada de carbono" da IA, existem aproximadamente 57 artigos discutindo como a IA pode "salvar" o planeta.

A área de Ciência da Computação (3º lugar) é a que apresenta o comportamento mais heterogêneo. É nela que se concentram todos os 5 artigos de viés Negativo identificados na amostra (representando cerca de 15% da produção desta área específica). Títulos classificados nesta categoria discutem temas como "Green AI", "Pegada de Carbono de Modelos" e "Custo Computacional", que indicam que a autocrítica sobre o consumo energético parte dos desenvolvedores da tecnologia, e não dos seus usuários (como cientistas ambientais ou engenheiros), que tendem a adotar a ferramenta de forma acrítica em relação ao seu custo energético.

Isso mostra que a preocupação com o impacto ambiental da própria IA (viés negativo) é, atualmente, um debate técnico interno dos desenvolvedores de software e hardware, não tendo ainda transbordado com a mesma intensidade para as áreas que aplicam a tecnologia no combate às mudanças climáticas.

A relevância do assunto é evidenciada pela transversalidade das publicações, que não se restringem à tecnologia, permeando a agricultura, a engenharia civil, a ecologia e a gestão pública. A tendência de abordagem é a de que a utilização de algoritmos para otimização de recursos e monitoramento ambiental é vista como um caminho para a sustentabilidade. Os dados expõem que a relação entre IA e ODS 13 é caracterizada por um forte utilitarismo ambiental. A comunidade científica têm validado a IA como uma ferramenta (numa visão predominantemente otimista) para a mitigação climática.

No entanto, a análise de vieses revelou a lacuna de que a discussão sobre os impactos ambientais negativos da própria IA (viés negativo) ainda é incipiente e nichada dentro da Ciência da Computação. Para que a IA seja de fato uma aliada para a sustentabilidade é necessário que as áreas aplicadas (como as Ciências Ambientais) também incorporem em seus estudos o cálculo do custo computacional, avaliando se a pegada de carbono gerada pelo treinamento dos modelos não supera os benefícios de suas previsões.

Como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se uma análise mais aprofundada sobre o conceito de *Green AI* e *Red AI*, investigando metodologias que busquem o equilíbrio entre a acurácia dos modelos e sua eficiência energética, garantindo que a solução tecnológica não se torne parte do problema climático que tenta resolver.

6 CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Adriane Louise Barbosa Macêdo: Conceituação (*Conceptualization*); Curadoria de dados (*Data curation*); Análise formal (*Formal analysis*); Investigação (*Investigation*); Metodologia (*Methodology*); *Software*; Escrita – rascunho original (*Writing – original draft*); Visualização (*Visualization*).

Fábio Mascarenhas e Silva: Conceituação (*Conceptualization*); Metodologia (*Methodology*); Supervisão (*Supervision*); Validação (*Validation*); Escrita – revisão e edição (*Writing – review & editing*).

7 CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse, sejam eles de natureza financeira, pessoal, acadêmica ou política, que possam ter influenciado os resultados ou a interpretação da pesquisa apresentada neste artigo.

8 DISPONIBILIDADE DE DADOS

Todos os dados relevantes gerados ou analisados durante este estudo estão incluídos neste artigo.

REFERÊNCIAS

COLUMBIA CLIMATE SCHOOL. **AI's Growing Carbon Footprint**. Columbia University, 2023. Disponível em: <https://news.climate.columbia.edu/2023/06/09/ais-growing-carbon-footprint/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

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

CRUTZEN, Paul. Geology of mankind. **Nature**, v. 415, n. 6867, p. 23, 2002. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/415023a>. Acesso em: 21 nov. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Data Centres and Data Transmission Networks**. Paris: IEA, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/digitalisation/data-centres-and-data-transmission-networks>. Acesso em: 20 nov. 2025.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (ITU). **AI for Good Global Summit Report**. Geneva: ITU, 2022. Disponível em: <https://aiforgood.itu.int/newsroom/publications-and-reports/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

KAACK, Lynn H. et al. Aligning artificial intelligence with climate change mitigation. **Nature Climate Change**, v. 12, n. 6, p. 518-527, 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01377-7>. Acesso em: 21 nov. 2025.

McCARTHY, John et al. **A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence**. Dartmouth College, 1955. Disponível em: <https://ojs.aaai.org/aimagazine/index.php/aimagazine/article/view/1904>. Acesso em: 21 nov. 2025.

MIGALHAS. **A pegada de carbono dos data centers: desafios regulatórios e perspectivas ambientais**. Migalhas, 2025. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/429459>. Acesso em: 20 nov. 2025.

ROCKSTRÖM, Johan et al. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, p. 472-475, 2009. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/461472a>. Acesso em: 22 nov. 2025.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. 4. ed. Pearson, 2021.

SACHS, Jeffrey. **The Age of Sustainable Development**. New York: Columbia University Press, 2015.

STRUBELL, Emma; GANESH, Ananya; McCALLUM, Andrew. **Energy and policy considerations for deep learning in NLP**. In: ACL 2019. Florence: ACL, 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1906.02243>. Acesso em: 18 nov. 2025.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: UN, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 20 nov. 2025.

VINUESA, Ricardo et al. The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. **Nature Communications**, v. 11, n. 233, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-019-14108-y>. Acesso em: 11 nov. 2025.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.