

Campus Cacoal
Licenciatura em Geografia

WALISON DOUGLAS STOCHER VIEIRA

**O CUSTO HÍDRICO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA ANÁLISE
GEOGRÁFICA DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO CONSUMO DE ÁGUA
POR DATA CENTERS NO MUNDO**

CACOAL

2025

WALISON DOUGLAS STOCHER VIEIRA

**O CUSTO HÍDRICO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA ANÁLISE
GEOGRÁFICA DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO CONSUMO DE ÁGUA
POR DATA CENTERS NO MUNDO**

Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), campus Cacoal, como requisito final para obtenção do grau de Licenciatura, junto ao Curso Geografia, sob a orientação da professora Andréia Maciel da Silva.

CACOAL

2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Vieira, Walison Douglas Stocher.

O custo hídrico da inteligência artificial: uma análise geográfica dos impactos socioambientais do consumo de água por data centers no mundo / Walison Douglas Stocher Vieira. - Cacoal, 2025.

24 f. : il.

Orientador(a): Prof^a. Andreia Maciel da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Cacoal, 2025.


1. Inteligência artificial. 2. Data centers. 3. Consumo de água. 4. Sustentabilidade. 5. Impacto ambiental. I. Silva, Andreia Maciel da (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Roseni Santos Rodrigues, CRB-11/916


O CUSTO HÍDRICO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA ANÁLISE GEOGRÁFICA DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO CONSUMO DE ÁGUA POR DATA CENTERS NO MUNDO

Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), campus Cacoal, como requisito final para obtenção do grau de Licenciatura, junto ao Curso Geografia, sob a orientação da professora Andréia Maciel da Silva.


Aprovado em: 05/11/2025 pela banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 **ANDREIA MACIEL DA SILVA**
Data: 19/11/2025 17:33:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Andréia Maciel da Silva

Documento assinado digitalmente
 **AYRTON SCHUPP PINHEIRO OLIVEIRA**
Data: 22/11/2025 16:45:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ayrton Schupp Pinheiro Oliveira

Documento assinado digitalmente
 **TIAGO ROBERTO SILVA SANTOS**
Data: 21/11/2025 10:47:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Tiago Roberto Silva Santos

O CUSTO HÍDRICO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA ANÁLISE GEOGRÁFICA DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO CONSUMO DE ÁGUA POR DATA CENTERS NO MUNDO

RESUMO: A crescente expansão da inteligência artificial (IA) vem impulsionando o desenvolvimento de tecnologias que geram grande impacto no meio ambiente. Este trabalho tem como objetivo analisar os impactos socioambientais do consumo de água por Data Centers, responsáveis por sustentar sistemas de IA, com foco em regiões de escassez hídrica. A pesquisa foi realizada por meio de análise documental e revisão bibliográfica, com abordagem descritiva e qualitativa. Foram utilizados dados de estudos nacionais e internacionais, bem como informações geográficas relacionadas à distribuição dos principais Data Centers e à disponibilidade de recursos hídricos nas respectivas regiões. Os resultados indicaram que Data Centers localizados nos Estados Unidos e na China apresentam elevado consumo de água, especialmente em áreas já afetadas pela escassez, como a Califórnia e a Mongólia Interior. Estimativas revelam que, em 2023, os Data Centers norte-americanos consumiram mais de 75 bilhões de galões de água, enquanto na China o consumo pode ultrapassar 340 bilhões de litros até 2030. Também foi observado que cada interação com sistemas de IA, como prompts de texto, exige consumo considerável de água. A pesquisa identificou propostas para mitigar os impactos, como o uso de chillers a ar, resfriamento por circuito fechado e investimento em energia limpa, embora essas soluções ainda enfrentem desafios técnicos e regionais. Conclui-se que o avanço da IA exige maior atenção à sustentabilidade ambiental, sendo essenciais políticas públicas e práticas tecnológicas responsáveis para garantir o equilíbrio entre inovação e preservação dos recursos naturais.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial, Data Centers, Consumo de Água, Sustentabilidade, Impacto Ambiental.

ABSTRACT: The rapid expansion of Artificial Intelligence (AI) has driven the development of technologies with significant environmental impacts. This study aims to analyze the socio-environmental effects of water consumption by Data Centers, which support AI systems, focusing on regions facing water scarcity. The research employed documentary analysis and bibliographic review with a descriptive and qualitative approach, using national and international studies and geographic data on the distribution of major Data Centers and water resource availability. Results indicate that Data Centers in the United States and China exhibit high water consumption, particularly in areas already affected by scarcity, such as California and Inner Mongolia. Estimates show that U.S. Data Centers consumed over 75 billion gallons of water in 2023, while China's consumption may exceed 340 billion liters by 2030. Additionally, each interaction with AI systems, such as text prompts, requires considerable water use. Proposed mitigation strategies include air-cooled chillers, closed-loop cooling, and investment in clean energy, though these solutions face technical and regional challenges. The study concludes that AI advancement demands greater attention to environmental sustainability, and that public policies and responsible technological practices are essential to balance innovation with natural resource preservation.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Data Centers, Water Consumption, Sustainability, Environmental Impact.

1. INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) tem se consolidado como uma das tecnologias mais transformadoras do século XXI, influenciando diversos setores da sociedade. Desde os primeiros estudos na década de 1950, com Alan Turing como pioneiro, até os avanços recentes impulsionados pelo aumento da capacidade computacional e armazenamento de dados, a IA evoluiu de um conceito teórico para uma ferramenta presente no cotidiano, acessível por meio de dispositivos como smartphones e computadores.

Apesar dos benefícios associados à IA, sua expansão demanda infraestrutura tecnológica complexa, especialmente grandes centros de processamento de dados (data centers¹). Esses sistemas, essenciais para sustentar algoritmos e plataformas de IA, consomem recursos naturais significativos, como energia elétrica e água, utilizada principalmente para resfriamento dos equipamentos. Estima-se que o setor tecnológico seja responsável por 2 a 3% das emissões globais de gases de efeito estufa (FERRARI, 2024), além de gerar impactos hídricos relevantes, sobretudo em regiões com escassez de água.

Além das questões ambientais, a IA também assume papel estratégico na disputa por poder na era digital. Conforme apontam estudos recentes, o domínio sobre dados, códigos e infraestrutura tecnológica representa uma nova forma de controle global, ampliando a competitividade entre as grandes potências econômicas, como Estados Unidos e China. Essa dimensão geopolítica reforça a necessidade de compreender não apenas os impactos ambientais, mas também as implicações sociais e territoriais do avanço tecnológico.

Diante desse cenário, este trabalho propõe uma análise geográfica dos impactos socioambientais do consumo hídrico por data centers que sustentam sistemas de Inteligência Artificial. Busca-se compreender como essa infraestrutura influencia a disponibilidade de recursos hídricos em diferentes regiões do mundo, identificando desigualdades geográficas, áreas críticas e possíveis soluções sustentáveis.

¹ Um data center é uma instalação física que abriga a infraestrutura de TI necessária para armazenar, processar e gerenciar dados. Ele contém servidores, sistemas de armazenamento, equipamentos de rede e outros componentes essenciais para executar aplicações, serviços e operações de negócios.

As questões norteadoras desta pesquisa são: Como o consumo de água pelos data centers afeta o meio ambiente em regiões de escassez hídrica? Quais são as consequências socioambientais desse consumo em diferentes contextos geográficos?

A metodologia adotada é de natureza descritiva, baseada em pesquisa documental e bibliográfica. A análise será realizada a partir de dados sobre a localização dos principais data centers e a disponibilidade hídrica nas regiões onde estão inseridos, complementada por estudos sobre estratégias de mitigação dos impactos ambientais.

2. A disputa pelo controle da IA

A inteligência artificial acelera a busca por poder na era digital. Do ponto de vista geográfico, Resende e Lima (2025) trazem a ideia de que o território, historicamente visto como um espaço físico com fronteiras definidas, com a tecnologia deixa de se limitar às características físicas e passa a se expandir além das linhas políticas. Nesse novo contexto, quem possui os códigos, os meios de conexão e os dados exerce o controle.

A disputa pelo poder, pela conquista e pelo reconhecimento faz parte da humanidade desde os primórdios. A história da população global foi marcada e construída por disputas — seja por território, conhecimento intelectual ou demonstração de força, de qualquer tipo. A inteligência artificial representa um território digital. Nesse sentido, Araújo (2017, p. 24) complementa:

o território que, em sua essência de evolução histórica, profundidade epistemológica e aplicabilidade prática, possui uma inerente dialogia com outra conceituação científica e filosófica, que é o poder.

Com os avanços tecnológicos e, claro, o surgimento da inteligência artificial, a humanidade não deixaria de disputar entre si pelo controle desse território tecnológico, já que “a ideia de território na internet está intimamente ligada ao controle do trânsito de dados e informações” (RESENDE; LIMA, 2025, p. 8).

Nesse pressuposto, quando se fala de inteligência artificial, “Além de impulsionar inovações, essa tecnologia gera uma nova forma de competitividade entre

as grandes potências econômicas” (DOI, 2024, p.16), neste cenário são as duas grandes potências mundiais: Estados Unidos da América e China. Duas nações que disputam o controle dessa nova revolução tecnológica, ambas investindo bilhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento no setor.

Empresas americanas como OpenAI, Google e Microsoft são pioneiras e estão em constante evolução com suas pesquisas. Por outro lado, temos as grandes multinacionais chinesas como DeepSeek, Baidu, Tencent e Alibaba, todas na corrida pelo domínio da tecnologia revolucionária do século XXI, a busca constante da China pelo poder destaca que “Os chineses buscam se posicionar como centro de desenvolvimento de IA do mundo, investindo em diversos setores industriais, incluindo defesa, para superar os EUA e liderar a próxima revolução tecnológica”. (SILVA, 2024, p.2).

A partir dessa perspectiva, pode surgir uma dúvida: quais motivos levaram ao surgimento de tal disputa? Júnior (2025) explica que

essa disputa não é apenas tecnológica, mas também geopolítica. A IA generativa tem o potencial de influenciar setores críticos como defesa, saúde, educação e entretenimento, tornando-se uma peça-chave na competição global por influência e poder.

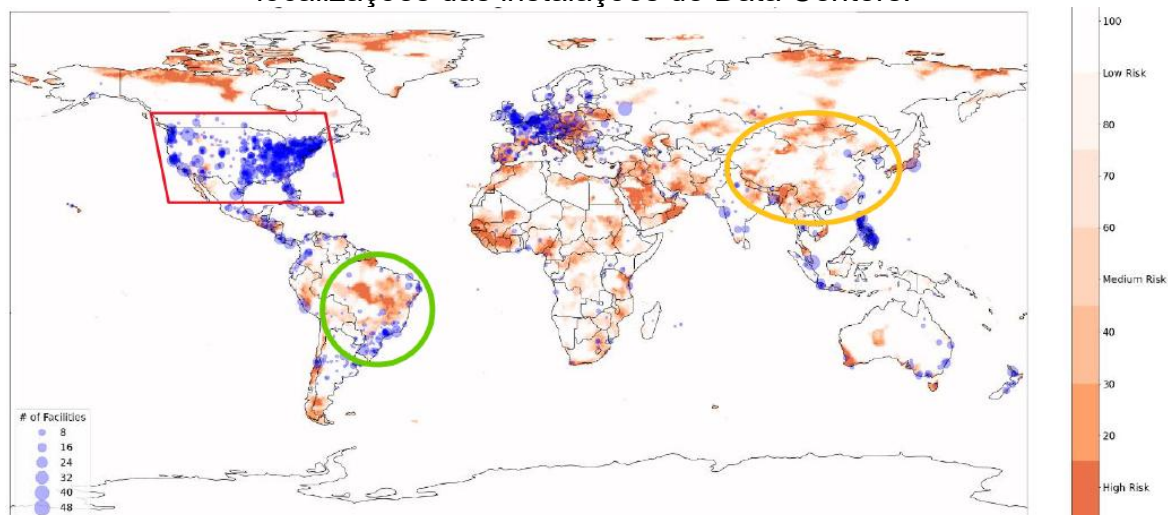
A disputa pela inteligência artificial transcende o campo tecnológico e assume contornos geopolíticos e econômicos. A IA generativa não é apenas uma ferramenta de inovação; ela representa um recurso estratégico capaz de redefinir relações de poder entre nações. Seu impacto se estende a setores críticos como defesa, saúde, educação e entretenimento, criando dependências tecnológicas que podem influenciar políticas internas e externas. No âmbito militar, algoritmos avançados podem otimizar sistemas de vigilância, prever ameaças e até automatizar processos decisórios, conferindo vantagem competitiva às potências que dominam essa tecnologia. Na saúde, a IA promete acelerar diagnósticos e tratamentos, mas também pode gerar desigualdades globais, concentrando benefícios em países que lideram o desenvolvimento. Além disso, o controle sobre dados e infraestrutura digital reforça a soberania tecnológica, transformando a IA em um instrumento de poder comparável ao petróleo no século XX. Assim, a corrida pela IA não é apenas pela supremacia científica, mas pela capacidade de moldar a economia global, influenciar padrões culturais e estabelecer novas hierarquias no sistema internacional.

Essa transformação está inserida em um contexto mais amplo, no qual a tecnologia, de modo geral, revolucionou o mundo. Para Resende e Lima (2025, p. 3), “a internet revolucionou a forma como interagimos socialmente, tanto economicamente como politicamente, firmando-se como um espaço para conexões e disputas inéditas na história da humanidade”. A IA amplia ainda mais essas relações, tornando-se um fator determinante para a posição estratégica de empresas e nações. Quem dominar essa tecnologia estará à frente de seus concorrentes, pois controlar o ciclo global de informações significa deter vantagens decisivas na disputa por influência e poder. Como afirmam Resende e Lima (2025, p. 3), “dentro dessa visão de mundo, a internet deixa de ser apenas um meio de comunicação e informação, passando a ser um palco mundial onde empresas, governos e grupos de pessoas disputam espaço, poder e domínio”.

Diante desse cenário, compreender a localização das instalações de data centers das grandes potências e as características hidrográficas de seus territórios torna-se essencial. A Figura 1 ilustra essa relação, mostrando a concentração de data centers em regiões com estresse hídrico — áreas que, naturalmente, sofrem com a falta de água em determinadas épocas do ano, situação agravada pela presença dessas estruturas. Destacam-se, nesse contexto, os Estados Unidos e a China, protagonistas da corrida tecnológica e, ao mesmo tempo, responsáveis por impactos ambientais significativos.

Na Figura 1, destacada por um retângulo vermelho, observa-se a localização dos Estados Unidos e sua expressiva concentração de instalações de data centers, principalmente nas regiões Leste, Noroeste e Central do país. Essas áreas apresentam desigualdade hídrica, com períodos de escassez que afetam a população, situação agravada pelo elevado consumo de água dessas estruturas. Além disso, os EUA se sobressaem na figura, juntamente com o Norte europeu e o Japão, pela grande concentração de data centers em regiões específicas.

Figura 1: Risco global de seca devido às mudanças climáticas sobreposto às localizações das instalações de Data Centers.



Fonte: National Geographic, 2023.

Ainda na Figura 1, em destaque oval amarelo, identifica-se a localização da China e a distribuição dos data centers em seu território, com maior concentração ao norte do país. Sobreposto ao mapa, observa-se em marrom as áreas de escassez hídrica, coincidindo com as regiões onde se encontram essas instalações, o que agrava a problemática abordada neste estudo.

Por fim, em destaque circular verde, a Figura 1 evidencia a América Latina, com ênfase no Brasil, que já abriga grandes instalações de multinacionais envolvidas na corrida pela IA. Nota-se que esses data centers se concentram principalmente ao longo da costa brasileira, com maior presença nas regiões Sul e Sudeste, áreas estratégicas para infraestrutura tecnológica.

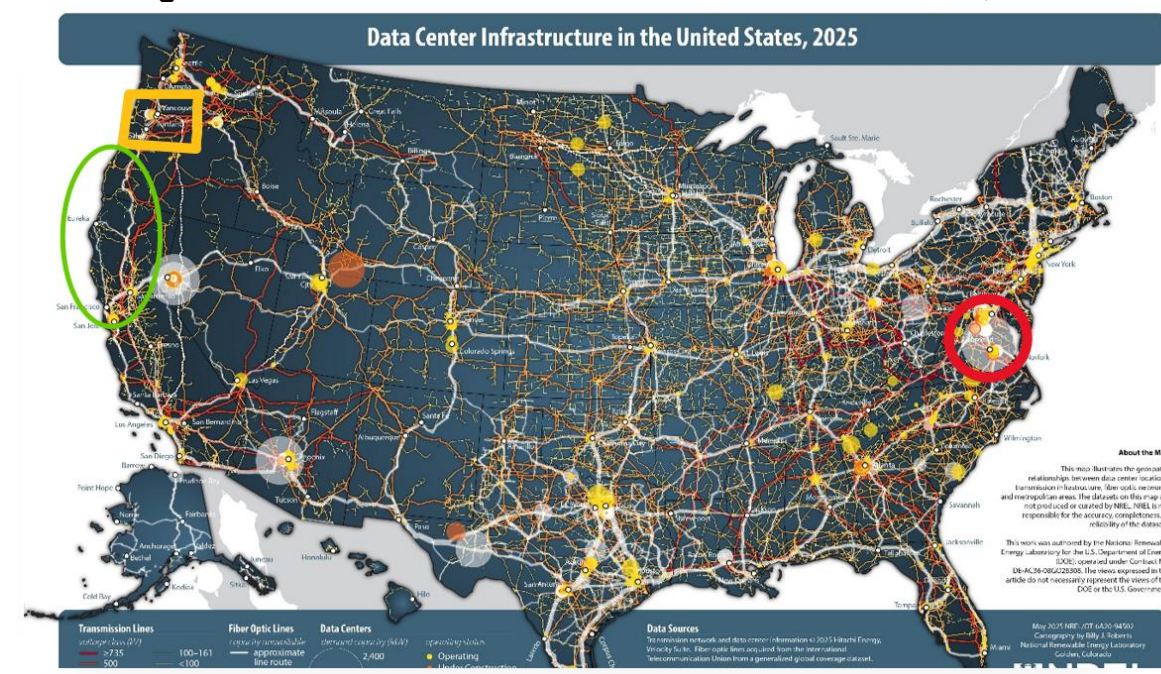
3. Data Centers pelo mundo

Para compreender a dimensão geopolítica e ambiental da inteligência artificial, é necessário analisar a infraestrutura que sustenta essa tecnologia: os data centers. Essas instalações são fundamentais para o processamento e armazenamento de grandes volumes de dados, mas também representam um desafio socioambiental, especialmente pelo elevado consumo de energia e água. A localização estratégica desses centros não é aleatória; ela reflete interesses econômicos, tecnológicos e políticos das grandes potências, como Estados Unidos e China, que lideram a corrida

pela IA. Além do impacto na soberania digital, a concentração de data centers em regiões com estresse hídrico evidencia uma contradição entre inovação e sustentabilidade, tornando urgente a discussão sobre seus efeitos no meio ambiente.

Diante desse cenário, ao analisarmos as Figuras 2 e 3, observa-se que os Estados Unidos concentram a maior quantidade de data centers do mundo, especialmente nos estados da Califórnia, Virgínia e Oregon. Grandes empresas de tecnologia, como Google, Amazon, Microsoft e OpenAI, mantêm extensas infraestruturas nessas regiões. A questão do uso de água por data centers tem se tornado um tema recorrente, sobretudo na Califórnia, onde a escassez hídrica representa uma preocupação crescente para o governo e para a população.

Figura 2: Infraestrutura de Data Center nos Estados Unidos, 2025.



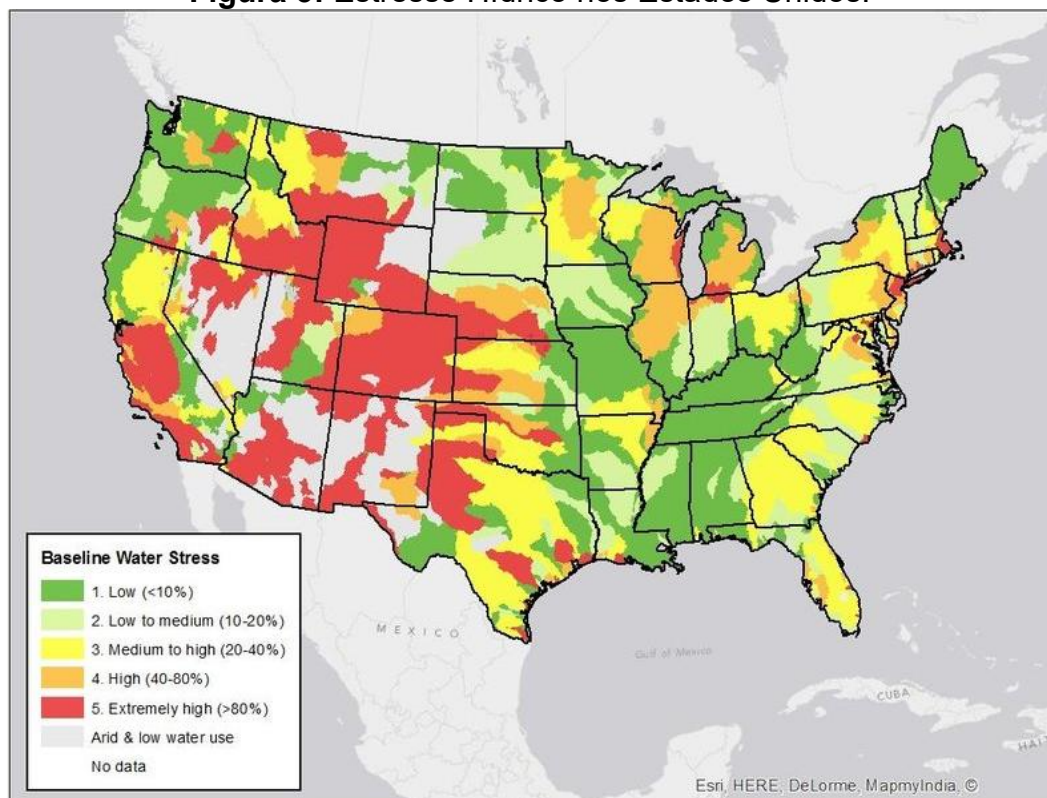
Fonte: Laboratório Nacional de Energia Renovável (NREL), 2025.

Na Figura 2, destacada por um círculo vermelho, observa-se a localização do estado da Virgínia, que apresenta alta concentração de instalações de data centers em sua extensão territorial. A Virgínia é um estado com histórico de baixo provimento de recursos hídricos, assim como o estado de Oregon, indicado por um quadrado amarelo, e o estado da Califórnia, representado por uma forma oval verde, ambos na mesma figura. Esses dois estados, assim como a Virgínia, concentram grande número

de data centers; no caso da Califórnia, essa concentração é fortemente influenciada pela presença do Vale do Silício.

Ao sobrepor as informações da localização dos estados mencionados na Figura 2 com os dados de estresse hídrico apresentados na Figura 3, é possível compreender a gravidade da indisponibilidade hídrica nessas regiões. A Figura 3 utiliza as cores amarela e vermelha para indicar os níveis de escassez de recursos hídricos, sendo a cor vermelha associada às áreas de maior risco. No território da Califórnia, as informações sugerem uma situação crítica, pois a maior parte do estado é representada pelas cores amarela e vermelha, indicando uma preocupante indisponibilidade de recursos.

Figura 3: Estresse Hídrico nos Estados Unidos.



Fonte: Researchgate, 2020.

A análise preliminar dos dados indica que os grandes data centers, como os da Amazon, Google e Microsoft, apresentam consumo elevado de água, especialmente em regiões com pouca disponibilidade hídrica. Os data centers da Microsoft, segundo Moss (2023), utilizaram incríveis 6,4 milhões de metros cúbicos de água em 2022 para o resfriamento dos computadores.

O principal fator por trás desse enorme uso de água é a dependência do resfriamento evaporativo, que resulta na evaporação de cerca de 80% da água usada no processo, com os 20% restantes enviados para uma instalação de águas residuais (SKIDMORE, 2025).

Como os data centers são altos consumidores de água, principalmente para resfriamento dos servidores, esse consumo pode ser dividido em diferentes tipos de sistemas de resfriamento, como o resfriamento evaporativo: muitos data centers, especialmente em regiões quentes, utilizam sistemas de resfriamento evaporativo, que consomem grandes volumes de água. Esses sistemas são mais eficientes em termos de energia, mas exigem água em grandes quantidades. O processo de resfriamento evaporativo ocorre, segundo Camargo (2004, p. 69):

O resfriamento evaporativo opera utilizando fenômenos naturais através de processos induzidos nos quais a água e o ar são os fluidos de trabalho. Consiste na utilização da evaporação de água através da passagem de um fluxo de ar, provocando uma redução na temperatura do ar.

Mesmo por utilizar apenas água e ar no processo, o resfriamento evaporativo não é um modelo sustentável em larga escala, como nos data centers, já que cerca de 80% da água utilizada no processo é evaporada durante esse choque térmico da água com o calor; os outros 20% restantes devem ser destinados a um reservatório de resíduos líquidos.

Após compreender a relevância dos Estados Unidos na corrida tecnológica e sua infraestrutura de data centers, é igualmente importante analisar o papel da China nesse cenário. A nação asiática tem se consolidado como protagonista na disputa pela inteligência artificial, investindo maciçamente em pesquisa, desenvolvimento e infraestrutura digital. Esse avanço não se limita ao campo tecnológico, mas reflete uma estratégia geopolítica que busca posicionar o país como líder global na próxima revolução tecnológica. Nesse contexto, a China apresenta características singulares, como um vasto mercado interno e políticas voltadas para inovação, fatores que impulsionam a instalação de grandes data centers em seu território.

Nesse contexto geopolítico, a China se destacou nas últimas décadas, consolidando-se como uma grande potência mundial e sendo considerada uma forte ameaça à hegemonia norte-americana. Essa ascensão ocorre devido aos investimentos em educação e infraestrutura, aliados a um sistema educacional de excelência e a um mercado interno massivo para a adoção da IA. Segundo Nonato

(2023, p. 60), “a China construiu um enorme ecossistema global de coleta de dados para impulsionar seus interesses”.

O país abriga o maior data center do mundo, o China Telecom Data Center, cuja operação exige alta demanda por sistemas de resfriamento, gerando desafios ambientais relacionados à escassez hídrica em regiões como o norte do território. Estudos da China Telecommunications Corporation, empresa fundada nos anos 2000 e responsável por essa infraestrutura, indicam que o consumo de água para resfriamento contribui significativamente para a pressão sobre os recursos hídricos locais.

Localizado na província de Inner Mongolia, esse centro de dados está em uma área com escassez crítica de água. Ele consome aproximadamente 1,5 milhão de metros cúbicos de água por ano, o equivalente a 600 piscinas olímpicas. O norte da China enfrenta uma crise hídrica, e o uso elevado de água pelos data centers coloca ainda mais pressão sobre os recursos já escassos (LIU, 2020).

Esse consumo expressivo de água evidencia um dilema crítico entre inovação tecnológica e sustentabilidade. A localização do maior data center do mundo em uma região com escassez hídrica reforça a necessidade de políticas e práticas que conciliem desenvolvimento digital e preservação ambiental. Além do impacto direto sobre os recursos hídricos, essa pressão pode gerar consequências sociais, como a redução da disponibilidade de água para comunidades locais e atividades agrícolas, ampliando desigualdades regionais. Nesse contexto, torna-se imprescindível a adoção de soluções mitigadoras, como sistemas de resfriamento por circuito fechado, tecnologias de eficiência hídrica e investimentos em energia limpa, capazes de reduzir os impactos sem comprometer o avanço tecnológico.

Além disso, quase metade das fazendas de servidores da China está localizada em zonas de alto ou extremo estresse hídrico (MORDOR INTELLIGENCE, 2025). Essa realidade evidencia uma desigualdade no consumo de água: países desenvolvidos, com infraestrutura tecnológica avançada, tendem a utilizar volumes muito maiores para resfriamento, enquanto países em desenvolvimento enfrentam restrições severas. A disputa pelo recurso hídrico sempre foi uma linha tênue entre consumo humano e agricultura; com a crescente utilização de água nos processos tecnológicos, esse recurso torna-se cada vez mais indispensável, porém finito, exigindo cuidados rigorosos em sua gestão.

Pesquisas recentes reforçam essa preocupação. Segundo estudos da Mordor Intelligence (2025), os data centers da China consumiram aproximadamente 228,74 bilhões de litros de água apenas em 2025, com estimativas que apontam para um aumento significativo, podendo alcançar 347,12 bilhões de litros até 2030. Esses números revelam a magnitude do impacto ambiental e reforçam a urgência de estratégias sustentáveis para equilibrar inovação tecnológica e preservação dos recursos naturais.

4. O consumo hídrico da IA

A expansão da inteligência artificial tem implicações diretas sobre a demanda por recursos naturais, especialmente a água, utilizada nos processos de resfriamento dos servidores que sustentam sistemas de alta complexidade computacional. Embora o consumo por interação individual com modelos de IA possa parecer insignificante, a escala global de utilização transforma esse impacto em um problema ambiental relevante. A operação contínua de data centers, associada ao crescimento exponencial de aplicações como geração de texto, imagens e vídeos, intensifica a pressão sobre os recursos hídricos, particularmente em regiões já afetadas por estresse hídrico. Nesse contexto, torna-se fundamental compreender os padrões de consumo associados às solicitações realizadas em plataformas de IA e suas consequências para a sustentabilidade, conforme evidenciado pelos dados apresentados a seguir.

Nesse contexto, pesquisas de Syed (2023) apontam que, para cada ciclo de 20 a 50 solicitações feitas no ChatGPT, são consumidos aproximadamente 500 ml de água durante o processo. Embora o consumo de uma única solicitação (prompt²) possa parecer insignificante, quando analisado isoladamente, a utilização em escala global transforma esse impacto em um problema ambiental relevante. Considerando milhões de acessos e solicitações por minuto, estima-se que o consumo diário poderia abastecer uma pequena cidade por um mês inteiro.

² O termo Prompt é utilizado no campo da computação para referir-se ao texto utilizado que fornece informações ou contexto para um programa.

A mesma pesquisa apresenta outro dado preocupante: “O consumo de água por prompt também é significativo. Para um prompt de texto, o consumo de água pode variar de 0,1 a 1 litro. Para uma imagem, o consumo pode ser de 1 a 10 litros, e para um vídeo, de 10 a 100 litros” (JÚNIOR, 2025).

Para fins comparativos, a Tabela 1 apresenta os principais consumidores de água doce potável no mundo, destacando a posição ocupada pela China e pelos Estados Unidos. Embora os dados se refiram ao período entre 2018 e 2020, eles são relevantes, pois esses países concentram grandes instalações de data centers e têm aumentado consideravelmente seu consumo de água, ampliando o impacto ambiental associado a essas infraestruturas.

Tabela 1: Os 10 principais países por retiradas anuais de água doce (2020)

Classificar	País	Captação anual de água (bilhões de m ³ /ano)	Agricultura (%)	Indústria (%)	Doméstico (%)
1	Índia	761	90.4%	2.2%	7.4%
2	China	581	62.1%	20.1%	17.8%
3	Estados Unidos	444	39.7%	45.3%	15.0%
4	Indonésia	223	92.1%	3.1%	4.8%
5	Paquistão	183	94.3%	1.6%	4.1%
6	Irã	93	92.2%	1.2%	6.7%
7	México	89	75.7%	9.6%	14.7%
8	Filipinas	86	79.0%	11.5%	9.5%
9	Vietname	82	94.8%	3.8%	1.5%
10	Japão	78	68.0%	13.1%	18.9%

Fonte: Insights Econômicos, 2025.

Os dados da pesquisa de Campbell (2025) revelam que cerca de 40% dos data centers nos Estados Unidos estão localizados em áreas com alta ou extrema escassez hídrica, como nos estados do Arizona e da Califórnia. No vale do Rio Colorado e em

regiões do sudoeste, muitos data centers consomem milhões de galões de água por dia, em áreas já estressadas por seca e limitações no abastecimento.

Segundo reportagens da *Financial Times* (2024), no estado da Virgínia (EUA), um dos principais polos de data centers do país, foi registrada uma alta nos casos de legislação estadual exigindo relatórios sobre consumo de água, impulsionada pela preocupação crescente com a escassez, agravada pelo alto consumo dos data centers da região. Um levantamento mostrou que, em 2023, os data centers da Virgínia consumiram cerca de 1,85 bilhão de galões de água, um crescimento preocupante, visto que, em 2019, foram gastos 1,13 bilhão. Em escala nacional, o consumo total de água por data centers ultrapassou 75 bilhões de galões em 2023, o equivalente ao consumo da cidade de Londres em quatro meses.

Ao analisarmos os recursos hídricos da China, os dados são ainda mais preocupantes. O país detém cerca de 18% da população mundial, mas apenas 6% dos recursos hídricos globais, o que indica clara escassez de água per capita. Ainda que os dados específicos de consumo hídrico do China Telecom Data Center não sejam divulgados, sua localização na província da Mongólia Interior, uma das regiões mais áridas da China, gera preocupações importantes. Devido à limitada disponibilidade de água doce e à crescente demanda industrial, instalações de grande escala, como os data centers, podem intensificar a vulnerabilidade hídrica regional, acentuando desigualdades no acesso à água e comprometendo a sustentabilidade ambiental da área.

Isso levanta questões urgentes sobre a sustentabilidade da inteligência artificial e sua compatibilidade com os desafios ambientais do século XXI. A desigualdade no consumo de recursos é clara: enquanto países desenvolvidos mantêm grandes infraestruturas tecnológicas, com alto uso de água e energia, países em desenvolvimento enfrentam escassez e ainda sofrem os impactos ambientais globais dessas atividades.

4.1 Estratégias de mitigação dos impactos socioambientais

4.1.1 Possíveis soluções para os impactos hídricos da IA

O avanço tecnológico da inteligência artificial trouxe consigo diversos benefícios, mas também uma problemática que não pode ser ignorada: o consumo hídrico associado aos processos de resfriamento dos data centers. Esse tema tem sido amplamente discutido por líderes mundiais e pesquisadores, considerando que a água doce potável é um recurso natural finito. As empresas responsáveis pelo desenvolvimento das IAs têm recebido críticas quanto ao uso intensivo de água e energia em suas instalações. Conforme Wagner (2024),

Em meio às preocupações com o esgotamento de recursos hídricos, existem soluções viáveis, pois, se a tecnologia consome recursos naturais, ela pode ser usada como fomento para práticas sustentáveis também, impulsionando a inovação, e sem contribuir para a destruição. Pensando nas estratégias para reduzir o gasto hídrico, a utilização de chillers³ a ar pode ser uma das opções.

Além da utilização de chillers a ar (Figura 4), outras estratégias vêm sendo discutidas para reduzir o consumo hídrico nos processos de resfriamento dos data centers. Entre elas, destacam-se os sistemas de resfriamento por circuito fechado, que reutilizam a água em vez de descartá-la após o uso, e a adoção de tecnologias que priorizam a eficiência térmica, diminuindo a necessidade de grandes volumes de água. Essas soluções, embora tecnicamente viáveis, exigem investimentos significativos e adaptações estruturais, o que reforça a importância de políticas públicas e incentivos governamentais para acelerar sua implementação. A integração dessas práticas sustentáveis é fundamental para equilibrar o avanço da inteligência artificial com a preservação dos recursos naturais.

³ Um chiller é um equipamento de refrigeração responsável por remover o calor de um líquido, geralmente água ou soluções refrigerantes, para resfriar ou climatizar ambientes ou maquinários industriais. Chiller seria responsável por manter os chips dos computadores do Data Centers refrigerados, sem a utilização de água.

Figura 4: Chiller a Ar

Fonte: O instalador, 2021.

Nesse contexto, autoridades governamentais começaram a exigir das empresas planos de ação que visem reduzir os impactos ambientais gerados por seus data centers, seja pelo uso de recursos hídricos ou pela demanda energética. Uma das primeiras ideias desenvolvidas foi o resfriamento sustentável, que, segundo Júnior (2025), inclui “o resfriamento a ar, que não consome recursos hídricos, e o resfriamento líquido com sistemas fechados”. Ainda segundo o autor, “a Microsoft está testando data centers subaquáticos que usam a água do mar para resfriamento, reduzindo significativamente o consumo de água doce” (JÚNIOR, 2025).

Entre as soluções mais promissoras, destacam-se:

- **Resfriamento por circuito fechado:** Esse modelo, desenvolvido pela Microsoft, promete perda zero de água por evaporação durante os procedimentos atuais de resfriamento. Segundo Klappholz (2024), “a solução de resfriamento líquido de circuito fechado circulará continuamente a água entre servidores e chillers para dissipar o calor sem exigir um suprimento de água doce”.
- **Chiller a ar:** A instalação de chillers a ar nos data centers têm sido amplamente discutida. Para Wieman (2019), “as vantagens do chiller refrigerado a ar incluem custos de manutenção mais baixos, um sistema pré-embalado para facilitar o design e a instalação e melhor desempenho em temperatura de

congelamento”. Embora seja uma solução mais adequada para regiões de clima frio, representa uma alternativa sustentável e sem custo hídrico.

4.1.2 Produção de Energia Limpa

A pressão para reduzir não apenas a utilização de água nos processos de resfriamento dos servidores de IA, mas também a elevada demanda energética dos data centers é crescente. Nesse contexto, as empresas precisam concentrar esforços para enfrentar ambas as questões. A utilização de energia solar e eólica vem sendo adotada por grandes corporações: “Empresas como Google e Microsoft estão investindo em parques solares e eólicos para alimentar seus data centers” (JÚNIOR, 2025).

Embora essas sejam fontes de energia limpa, outras alternativas têm sido discutidas, pois, segundo River (2025):

Um dos principais desafios na utilização de energia limpa para data centers é garantir a estabilidade e a constância do fornecimento energético. Fontes de energia como solar e eólica são intermitentes, dependendo de condições climáticas e horários específicos.

A energia geotérmica também surge como uma opção sustentável. Segundo o site *Planeta Ecovida* (2025):

A energia geotérmica é uma forma de energia renovável que aproveita o calor armazenado no interior da Terra. Este calor pode ser utilizado para gerar eletricidade, aquecer edifícios e até mesmo em processos industriais. A energia geotérmica se destaca por ser uma fonte constante e previsível, ao contrário de outras fontes renováveis como a solar e a eólica, que dependem das condições climáticas.

A energia geotérmica é considerada uma das fontes mais sustentáveis já descobertas. Seu impacto ambiental é menor em comparação às demais fontes de energia, e o investimento para sua extração tende a ser mais vantajoso a longo prazo, com elevada eficiência. Apesar de sua aplicação não ser viável em qualquer localidade, onde é possível implementá-la, torna-se uma alternativa estratégica, com impacto ambiental consideravelmente inferior ao da construção de hidrelétricas ou parques eólicos e solares.

Diante dos desafios apresentados, fica evidente que a adoção de fontes de energia limpa para alimentar data centers é uma etapa essencial na busca por sustentabilidade tecnológica. Embora opções como solar e eólica já estejam em expansão, sua intermitência exige soluções complementares, como a energia geotérmica, que se destaca pela constância e menor impacto ambiental. A integração dessas alternativas, aliada a investimentos em inovação e políticas públicas, será determinante para equilibrar a crescente demanda computacional com a preservação dos recursos naturais, garantindo que o avanço da inteligência artificial ocorra de forma responsável e sustentável.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou que os data centers exercem um impacto significativo sobre o consumo de água, especialmente em regiões caracterizadas pela escassez hídrica. A análise geográfica demonstrou que áreas como a Mongólia Interior (China) e a Califórnia (EUA) apresentam vulnerabilidade acentuada, agravada pela instalação e operação dessas infraestruturas tecnológicas. Essa realidade reforça a necessidade de compreender a relação entre desenvolvimento digital e sustentabilidade ambiental.

Os resultados apontaram para uma disparidade no acesso e uso de recursos naturais, refletindo desigualdades socioambientais entre países e regiões. Para mitigar os efeitos negativos, torna-se imprescindível que empresas do setor tecnológico invistam em soluções inovadoras de resfriamento e que os governos implementem políticas públicas voltadas à regulação do uso de recursos hídricos por data centers. Além disso, é urgente ampliar os debates acadêmicos e sociais sobre os limites ambientais do avanço tecnológico, considerando que a inteligência artificial, embora revolucionária, não pode ser desenvolvida à custa da preservação do planeta.

A adoção de tecnologias mais eficientes de resfriamento, aliada à produção de energia limpa, constitui um passo essencial para reduzir os impactos socioambientais. Recomenda-se, ainda, a realização de estudos complementares que analisem os efeitos a longo prazo do consumo hídrico associado à operação de data centers, com foco em alternativas sustentáveis e estratégias de mitigação.

Por outro lado, este estudo também evidencia que a inteligência artificial não é apenas um fenômeno tecnológico, mas um elemento central na disputa por poder na era digital. Conforme Resende e Lima (2025), o território, historicamente concebido como espaço físico com fronteiras definidas, expande-se para além das linhas políticas, assumindo uma dimensão digital. Nesse novo contexto, quem detém os códigos, os meios de conexão e os dados exerce controle e influência global. A IA, portanto, representa um território estratégico, cuja posse e domínio são objeto de intensa competição entre as grandes potências econômicas. Como destaca Araújo (2017), a noção de território está intrinsecamente ligada à ideia de poder, e essa relação se manifesta de forma evidente na corrida tecnológica atual.

Estados Unidos e China despontam como protagonistas dessa disputa, investindo bilhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento para consolidar sua hegemonia no campo da inteligência artificial. Essa rivalidade não se limita ao aspecto econômico, mas envolve dimensões geopolíticas e estratégicas, uma vez que a IA tem potencial para redefinir relações de poder, influenciar políticas públicas e moldar padrões culturais. Nesse sentido, cabe à sociedade refletir sobre os impactos dessa corrida tecnológica, ponderando se o uso intensivo de recursos hídricos e energéticos é um preço justo a ser pago ou se é necessário repensar modelos de crescimento que conciliem inovação, soberania digital e sustentabilidade.

6. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. C. C. de. Notas sobre as relações de poder e território. *Geodiálogos*, v. 1, n. 5, p. 25-36, maio 2017.
- CAMARGO, J. R. Resfriamento evaporativo: poupando a energia e o meio ambiente. *Revista de Ciências Exatas*, Taubaté, v. 9/10, n. 1-2, p. 69-75, 2003/2004.
- CAMPBELL, D. Como os data centers estão aprofundando a crise hídrica. *Business Insider*, jun. 2025. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/how-data-centers-are-deepening-the-water-crisis-2025-6>. Acesso em: 26 ago. 2025.
- Como funciona a energia geotérmica e seus benefícios. *Planeta Ecovida*, 2025. Disponível em: <https://planetaecovida.com/como-funciona-a-energia-geotermica-e-seus-beneficios/>. Acesso em: 22 set. 2025.
- Consumo de água de grupos de tecnologia dos EUA dispara no “beco do data center”. *Financial Times*, 18 ago. 2024. Disponível em: <https://www.ft.com/content/1d468bd2-6712-4cdd-ac71-21e0ace2d048>. Acesso em: 25 ago. 2025.
- Estudo do consumo de água do data center na China: análise de tamanho e participação – tendências e previsões de crescimento (2025–2030). *Mordor Intelligence*, 2025. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/study-of-data-center-water-consumption-in-china>. Acesso em: 17 set. 2025.
- DOI, M. S. S. Inteligência artificial e poder econômico: a ascensão da China e a competição tecnológica com os EUA. São Paulo: Unicamp, 2024.
- FERRARI, V. Inteligência artificial: um paradoxo ambiental? *Cadernos Jurídicos*, São Paulo, p. 201–212, 2024.
- JÚNIOR, G. O gigantesco impacto ambiental das IAs. *iG Tecnologia*, jan. 2025. Disponível em: <https://tecnologia.ig.com.br/colunas/gilberto-namastech/2025-01-30/o-gigantesco-impacto-ambiental-das-ias.html>. Acesso em: 22 set. 2025.
- KLAPPHOLZ, S. O consumo de água do data center está disparando, mas a Microsoft acha que tem uma solução. *IT Pro*, dez. 2024. Disponível em: <https://www.itpro.com/infrastructure/data-centres/data-center-water-consumption-is-skyrocketing-but-microsoft-thinks-it-has-a-solution-the-companys-new-closed-loop-cooling-system-consumes-zero-water-and-could-save-millions-of-liters-per-year>. Acesso em: 22 set. 2025.
- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENERGIA RENOVÁVEL (NREL). 2025. Disponível em: <https://docs.nrel.gov/docs/gen/fy25/94502.jpg>. Acesso em: 11 out. 2025.
- LIU, J. Consumo de água em data centers na nuvem: o papel das tecnologias de resfriamento. *Environmental Science & Technology*, v. 54, n. 13, p. 8394–8402, 2020.

MOSS, S. Consumo de água da Microsoft salta 34% em meio ao boom da IA. *Data Center Dynamics*, set. 2023. Disponível em: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/microsofts-water-consumption-jumps-34-percent-amid-ai-boom/>. Acesso em: 8 set. 2025.

NONATO, L. G. Relações de poder na era da inteligência artificial (IA): a competição estratégica entre Estados Unidos e China pela liderança da IA. São Paulo: Instituto de Relações Internacionais, USP, 2023.

RESENDE, M. L. de; LIMA, T. C. M. Poder e disputas na territorialidade do espaço digital. *Revista Gestão Social e Ambiental*, Miami, v. 19, n. 7, p. 1-15, jun. 2025.

REDAÇÃO NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. Quem inventou a inteligência artificial: veja como nasceu uma das sensações da ciência. *National Geographic Brasil*, 14 mar. 2023. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2023/03/quem-inventou-a-inteligencia-artificial-veja-como-nasceu-uma-das-sensacoes-da-ciencia>. Acesso em: 23 jun. 2025.

RESEARCHGATE. Baseline water stress map of the United States. Jul. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Baseline-Water-Stress-Map-of-the-United-States-Source-USGS_fig1_342717856. Acesso em: 18 out. 2025.

RIVER, H. Energia limpa: o futuro sustentável dos data centers. *Blog Cirion Technologies*, abr. 2025. Disponível em: <https://blog.ciriontechnologies.com/pt-br/energia-limpa-futuro-sustentavel-data-centers/>. Acesso em: 22 set. 2025.

SILVA, E. G. da. A inteligência artificial e a competição global pela hegemonia entre as grandes potências: China e Estados Unidos. *Revista de Geopolítica*, v. 15, n. 2, p. 1-15, abr./jun. 2024.

SKIDMORE, Z. Crescimento do data center de IA aprofunda preocupações com segurança hídrica em estados de alto estresse. *Data Center Dynamics*, maio 2025. Disponível em: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/ai-data-center-growth-deepens-water-security-concerns-in-high-stress-states-report/>. Acesso em: 2 set. 2025.

SYED, N. A pegada hídrica secreta da tecnologia de IA. *The Markup*, abr. 2023. Disponível em: <https://themarkup.org/hello-world/2023/04/15/the-secret-water-footprint-of-ai-technology>. Acesso em: 27 ago. 2025.

Trane anuncia chiller scroll arrefecido a ar Sintesis™ Advantage com refrigerante R-454B de baixo PAG. *O Instalador*, jun. 2021. Disponível em: <https://www.oinstalador.com/Artigos/354665-Trane-anuncia-chiller-scroll-arrefecido-ar-Sintesis-Advantage-com-refrigerante-R-454B.html>. Acesso em: 18 out. 2025.

Uso da água ao redor do mundo: quanta água consumimos por mês? *Insights Econômicos*, set. 2025. Disponível em: <https://www.economyinsights.com/p/water-usage-around-the-world>. Acesso em: 18 out. 2025.

WAGNER, M. Consumo de água nos data centers: como evoluir o uso da tecnologia evitando o impacto ambiental? *Sonda Brasil*, out. 2024. Disponível em:

<https://www.sonda.com/pt/detalhe-da-noticia/2024/06/10/consumo-de-agua-nos-data-centers-como-evoluir-o-uso-da-tecnologia-evitando-o-impacto-ambiental/>. Acesso em: 22 set. 2025.

WIEMAN, J. Chillers refrigerados a ar vs. água: qual é o melhor para data centers? *Trane*, out. 2019. Disponível em: <https://www.trane.com/commercial/latin-america/ec/es/about-us/newsroom/blogs/air-vs-water-cooled-chillers.html>. Acesso em: 22 set. 2025.