

CAPÍTULO 16

Como armazenamos informação? O peso ambiental da nuvem

Vinicius Franco de Oliveira

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-43-5.c16>

Resumo

Este capítulo desmistifica o conceito etéreo da "nuvem", revelando a infraestrutura física e os impactos ambientais que sustentam o armazenamento digital e o avanço da Inteligência Artificial. Através de uma perspectiva histórica, traça-se a evolução do armazenamento de memórias físicas para os gigantescos *data centers* modernos. O texto explora o consumo massivo de eletricidade e de água potável necessários para o arrefecimento dos servidores, introduzindo o Paradoxo de Jevons para explicar como o aumento da eficiência tecnológica resulta num maior consumo de recursos. São também abordadas as implicações geopolíticas da extração de minerais raros, a obsolescência programada do *hardware* e o destino do lixo eletrônico. Por fim, propõe-se o conceito de "sobriedade digital" e o "Direito ao Reparo" como caminhos para mitigar o fardo ecológico da era dos dados, exigindo maior transparência corporativa e um consumo tecnológico mais consciente.

Palavras-chave: Nuvem; Inteligência Artificial; Impacto ambiental; *Data centers*; Sobriedade digital.

Abstract

This chapter demystifies the ethereal concept of the "cloud," revealing the physical infrastructure and environmental impacts that sustain digital storage and the advancement of Artificial Intelligence. Through a historical perspective, it traces the evolution of storage from physical memories to gigantic modern data centers. The text explores the massive consumption of electricity and potable water required for server cooling, introducing Jevons Paradox to explain how increased technological efficiency results in greater resource consumption. It also addresses the geopolitical implications of rare mineral extraction, the planned obsolescence of hardware, and the fate of electronic waste. Finally, it proposes the concept of "digital sobriety" and the "Right to Repair" as pathways to mitigate the ecological burden of the data age, calling for greater corporate transparency and more conscious technological consumption.

Keywords: Cloud; Artificial Intelligence; Environmental impact; Data centers; Digital sobriety.

1. Como armazenamos informação?

Estamos em 1975. A sua família reúne-se para o Natal e o seu tio aparece com uma novidade: uma câmara fotográfica analógica. Naquela época, "eternizar o momento" era um exercício de paciência e precisão. Você tirava a foto e ela ficava presa num rolo de filme escuro. Eram necessários dias para revelar e, se alguém piscasse, o registo estava perdido para sempre. A memória era física, cabia num envelope de papel e morava numa gaveta.

Damos um salto para o início dos anos 2000. Agora, a câmara digital é a estrela. Não há mais filme; a foto aparece instantaneamente no pequeno ecrã. Se o primo saiu mal, é só apagar e tirar outra. Para guardar, você usa um cabo USB e transfere o arquivo para o disco rígido do seu computador. Pela primeira vez, a memória tornou-se um arquivo digital, mas ela ainda "morava" com você, dentro daquele disco rígido barulhento na sua escrivaninha.

Corte para o presente. No Natal de 2025, você nem lembra quando tocou numa câmara pela última vez. O telemóvel faz tudo. Você tira a foto, publica-a numa rede social e, muitas vezes, até apaga o arquivo do aparelho para liberar espaço. Mas a foto continua lá, disponível para qualquer um, a qualquer hora. Como?

Fomos ensinados que essa foto vai para a "Nuvem". O nome é poético, sugere algo leve, etéreo, que flutua acima das nossas cabeças sem ocupar espaço. Mas a verdade é que a nuvem não é feita de vapor; ela é feita de aço, silício, cabos submarinos e muito, muito cimento.

Este "palácio de dados" na Carolina do Norte (imagem 1) é um dos endereços reais de um banco de dados (ou *data center*). Segundo dados técnicos, estruturas como esta abrigam dezenas de milhares de servidores a operar sem parar. Imagine um edifício do tamanho de um centro comercial, mas, em vez de lojas, é preenchido por corredores infinitos de máquinas que roncam 24 horas por dia.

Quando você publica aquela foto na cafetaria com os amigos, acontece uma epopeia invisível. A sua imagem é fatiada em códigos e viaja como pulsos de luz por fibras óticas escondidas sob as ruas e os oceanos. Ela passa por

"portões" (roteadores e provedores) que consomem energia para empurrar o dado adiante, até chegar a um disco rígido num banco de dados.

Lá, ela não fica sozinha. Para garantir que você nunca a perca, a "Nuvem" cria cópias de segurança noutros servidores, às vezes em continentes diferentes. Se você guardou uma foto, a infraestrutura da internet sustenta três.



Imagem 1. Sistema de refrigeração do banco de dados da Google, na Carolina do Norte (EUA).



Imagem 2. Banco de dados da Google na Carolina do Norte (EUA).

O problema é que este "corpo" físico da internet tem uma fome insaciável. Cada passo desse caminho, do clique no telemóvel ao armazenamento no

servidor, exige eletricidade. E as máquinas, a trabalhar no limite, aquecem como motores de caminhão. Para não derreterem, precisam de sistemas de refrigeração gigantescos que bebem milhões de litros de água e consomem uma fatia cada vez maior da energia do planeta (imagem 2).

Só no Instagram, são mais de 95 milhões de publicações por dia. Agora, some isso com e-mails, vídeos no YouTube, pesquisas no Google e pelo novo grande vilão: as consultas à Inteligência Artificial. A nuvem, que parecia não pesar nada, está a tornar-se um dos maiores fardos ambientais do nosso século.

2. O suor das máquinas

Quando você está a correr num parque, num calor de 35 °C, transpirar por todas as partes do seu corpo dá-lhe uma vontade imensa de beber água. É o seu corpo a aquecer e a avisá-lo de que está a gastar líquido para manter a temperatura normal e de que precisa de repor esses líquidos para continuar a funcionar.

Se encostar a mão à parte de trás da sua televisão ou ao carregador do seu telemóvel após algumas horas de uso, sentirá um calor persistente. Agora, imagine esse calor multiplicado por milhões. Dentro dos imensos armazéns a que chamamos de "nuvem", o processamento de dados gera uma temperatura tão alta que, sem um sistema de arrefecimento constante, os chips simplesmente derreteriam em poucos minutos, transformando bilhões de dólares em sucata inútil.

Para evitar que o "cérebro" da internet entre em colapso (convenhamos que isso seria parecido com o apocalipse), a indústria de dados recorre a um dos recursos mais preciosos do planeta: a água.

Existem duas formas principais de arrefecer um banco de dados. A primeira é o uso de ar condicionado industrial, que consome uma quantidade astronómica de energia elétrica, o que torna o processo inviável. A segunda, mais comum e barata para as empresas, é o arrefecimento evaporativo.

Funciona de forma parecida com o nosso suor: a água é bombeada pelas instalações, absorve o calor dos servidores e, ao chegar às torres de

arrefecimento, parte dela evapora, levando o calor para a atmosfera. O problema é que, ao contrário do ciclo natural da chuva, essa água precisa de ser potável. Se as empresas usarem água salobra ou suja, os minerais corroem os canos e destroem as máquinas.

Aí vem o facto chocante: um banco de dados de médio porte consome cerca de 2 milhões de litros de água por dia. Isso é o equivalente ao consumo diário de uma cidade de 10 mil habitantes. Estamos a falar apenas de UM banco de dados de médio porte; imagine juntando os milhões espalhados por todo o mundo.

Se o simples armazenamento de fotos já gasta água, a Inteligência Artificial elevou essa conta a um novo patamar. O treino de modelos de linguagem exige que milhares de processadores trabalhem no limite máximo durante meses a fio.

Investigadores da Universidade da Califórnia, Riverside, publicaram um estudo revelador em 2023. Eles calcularam que, para cada conversa simples de 20 a 50 perguntas com uma IA generativa, o sistema "consome" (evapora) o equivalente a uma garrafa de 500 ml de água.

Pense nisto: cada vez que você pede à IA para escrever um e-mail, gerar uma imagem de um "gato astronauta a comer pizza na estação espacial" ou resumir um texto, é como se estivesse a despejar meio litro de água potável diretamente no ralo. No agregado global, com bilhões de consultas diárias, estamos a falar de rios inteiros a serem transformados em vapor para sustentar a nossa curiosidade digital.

3. A era da IA: o salto no consumo

Se a internet "comum" já tinha fome, a Inteligência Artificial é insaciável. De acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE), o consumo de eletricidade dos bancos de dados pode duplicar até ao final de 2026.

Para se ter uma ideia da escala: uma pesquisa simples no Google consome cerca de 0,3 Wh. Uma interação com o ChatGPT consome cerca de 2,9 Wh.

Isso significa que a IA gasta quase 10 vezes mais energia do que uma pesquisa tradicional. Multiplique isso pelos bilhões de utilizadores e compreenderá por que razão empresas como a Microsoft e a Google viram as suas emissões de carbono aumentar nos últimos anos, apesar de todas as promessas de sustentabilidade. Elas estão a instalar servidores mais depressa do que o mundo consegue construir parques eólicos.

Estamos a viver um paradoxo contemporâneo: o Paradoxo de Jevons, que afirma que: "à medida que as melhorias tecnológicas aumentam a eficiência com a qual um recurso é usado, o consumo total desse recurso pode aumentar em vez de diminuir". Ou seja, estamos num efeito de ricochete: conseguimos extrair mais energia do carvão hoje do que há 30 anos, mas usamos muito mais carvão para sustentar as comodidades que esses 30 anos de evolução nos trouxeram; no final, o consumo de carvão aumentou mesmo com o melhor aproveitamento dele.

As empresas de chips dizem: "Os nossos novos processadores são 20% mais eficientes!". O problema é que, como eles são mais eficientes e potentes, nós passamos a usá-los 100% mais. Criamos IAs que geram vídeos, que analisam triliões de dados, que mineram criptomoedas. A eficiência não nos trouxe economia; trouxe-nos uma escala de uso que o planeta está a lutar para sustentar.

4. A política ambiental por trás dos bancos de dados

O peso ambiental da nuvem não é distribuído de forma igual. As *Big Techs* instalam frequentemente os seus bancos de dados em regiões onde a energia é barata e a legislação ambiental é flexível.

No Chile, o projeto de um novo banco de dados gerou protestos intensos da população local. O motivo? A instalação consumiria 169 litros de água por segundo numa região que enfrenta uma seca histórica há mais de uma década. No Uruguai, a situação repetiu-se: enquanto o país vivia um racionamento de água para o consumo humano, os planos para um novo centro de dados previam o uso de milhões de litros diários para arrefecer servidores.

Aqui, a divulgação científica revela-nos uma verdade incômoda: a nossa facilidade digital de "enviar um arquivo" pode estar a competir diretamente com a irrigação da horta de um agricultor ou com o abastecimento de uma escola noutro canto do mapa.

E se a questão ambiental não o deixa incomodado, vou apelar à sua carteira: segundo uma notícia da Consecti, milhões de consumidores de 13 estados nos Estados Unidos pagaram contas de luz 20% mais caras devido ao consumo elétrico de bancos de dados, modelos de inteligência artificial e *chatbots* (aqueles que as empresas usam para responder a clientes), pois estas estruturas estão a aumentar o consumo de energia mais rapidamente do que a construção de novas centrais.

5. O Motor do Mundo Digital

Quando pensamos em tecnologia de ponta, visualizamos painéis solares e fazendas eólicas. No entanto, a realidade por trás das paredes dos bancos de dados é, muitas vezes, mais cinzenta. A "nuvem" tem uma fome de energia que não para de crescer, e essa energia precisa de vir de algum lugar 24 horas por dia, 7 dias por semana, faça sol ou faça chuva.

O grande desafio energético da internet é a constância. Ao contrário de uma fábrica que pode reduzir a produção à noite, ou de uma casa que apaga as luzes para dormir, um banco de dados não pode ser desligado. Se ele parar, o sistema bancário trava, os hospitais perdem o acesso a exames e as redes sociais silenciam.

Esta necessidade de energia ininterrupta cria um problema: fontes renováveis, como a solar e a eólica, são intermitentes (o sol põe-se, o vento para). Para garantir que a sua foto no Instagram esteja disponível às três da manhã, os bancos de dados precisam de estar conectados a redes elétricas que ofereçam uma "carga de base" sólida. E, em grande parte do mundo, essa base ainda é composta por carvão e gás natural.

Um exemplo fascinante (e preocupante) é o estado da Virgínia, nos Estados Unidos. Existe lá uma região chamada *Data Center Alley* (Beco dos bancos de dados), por onde passa cerca de 70% do tráfego mundial de internet.



Imagem 3. O Beco dos Bancos de Dados, na Virgínia (EUA).

As empresas de tecnologia adoram a Virgínia por causa dos incentivos fiscais e da infraestrutura. O problema? A matriz energética local está fortemente dependente de combustíveis fósseis. Quando você faz uma pesquisa rápida ou treina uma IA, há uma hipótese enorme de que os dados estejam a ser processados por servidores alimentados pela queima de carvão em centrais da Virgínia. É a ironia máxima da era moderna: a tecnologia mais avançada da humanidade a ser movida pela tecnologia mais poluidora da Revolução Industrial.

6. O Esqueleto da Nuvem: Mineração e o Cemitério de Silício

Até aqui, vimos que a nuvem tem sede e fome. Mas ela também tem um corpo. Cada vez que falamos em "armazenamento de dados", estamos a falar de máquinas físicas compostas por metais raros, plásticos e vidro; e o grande paradoxo da era digital é que, enquanto os nossos arquivos parecem eternos, o *hardware* que os sustenta é cada vez mais efêmero.

Para que uma IA processe informações à velocidade da luz, ela não usa processadores comuns. Ela depende das chamadas GPUs (Unidades de Processamento Gráfico), verdadeiras joias da engenharia. Mas essas joias têm uma origem brutal.

Dentro de um servidor de alto desempenho, encontramos uma tabela periódica inteira de materiais exóticos: lítio, cobalto, cobre e as chamadas "terras raras" (como o neodímio e o praseodímio). A extração destes minerais é o primeiro grande peso ambiental da nuvem.

Para obter um quilo de um metal raro, é necessário escavar e processar toneladas de rocha, destruindo ecossistemas inteiros e consumindo quantidades massivas de energia em minas que, muitas vezes, operam em regiões de conflito ou com legislações ambientais frágeis, como na República Democrática do Congo.

Frequentemente, mais de 80% da pegada de carbono de um dispositivo eletrônico ocorre antes mesmo de o ligar pela primeira vez, durante a fase de mineração e fabrico.

Na era da computação doméstica, um computador durava dez anos. No mundo competitivo da Inteligência Artificial, o *hardware* "envelhece" a uma velocidade assustadora. As grandes empresas de tecnologia estão numa corrida armamentista: assim que uma empresa lança um chip 10% mais rápido, os servidores antigos são substituídos para garantir que a IA daquela empresa não fique para trás.

Isso cria um ciclo de obsolescência programada pelo desempenho. Servidores que ainda funcionariam perfeitamente para tarefas comuns são descartados porque não são mais "rápidos o suficiente" para os novos algoritmos. O resultado? Uma montanha de lixo eletrônico que cresce a cada segundo.

Para onde vai o servidor que guardava as suas fotos de há dez anos? Embora o discurso oficial das empresas fale em "reciclagem", a realidade global é mais sombria. O lixo eletrônico (*e-waste*) é uma das categorias de resíduos que mais cresce no planeta e uma das mais difíceis de processar.

Grande parte destes resíduos acaba por ser exportada para o Sul Global. Em lugares como Agbogbloshie, no Gana, ou em aldeias na Índia e na China, o que sobra da "nuvem" é queimado a céu aberto por trabalhadores em condições precárias para recuperar fios de cobre e gramas de ouro. O que era uma

"tecnologia limpa" no Vale do Silício termina como fumo tóxico de chumbo e mercúrio, a contaminar o solo e o sangue de populações distantes.

7. O despertar da nuvem e a sobriedade digital

Ao longo deste capítulo, fizemos uma viagem que começou num álbum de fotos de família e terminou em minas de cobalto e rios evaporados. Descobrimos que a "nuvem" não é um lugar etéreo, mas um complexo industrial que exige um tributo pesado da Terra. Mas, perante este cenário, a pergunta que fica não é "devemos parar de usar a tecnologia?", mas sim: "como podemos habitá-la de forma consciente?".

Muitas vezes, a responsabilidade pelo impacto ambiental é atirada inteiramente para as costas do utilizador. Dizem-lhe para apagar os seus e-mails antigos ou para não enviar GIFs de "bom dia". Embora a higiene digital seja importante, precisamos de ser honestos: o grande peso da era dos dados advém de decisões corporativas e da arquitetura da inteligência artificial.

Apagar mil e-mails economiza uma fração mínima de energia se comparado ao treino de uma única IA de grande porte. Portanto, o primeiro passo para uma nuvem mais leve é a transparência. Precisamos de exigir que as empresas de tecnologia revelem o custo hídrico e de carbono de cada ferramenta que nos oferecem. Assim como hoje olhamos para a etiqueta de eficiência energética de um frigorífico, deveríamos saber quanta água foi "bebida" pelo algoritmo antes de gerarmos uma imagem ou um texto.

A saída não é o ludismo (o ódio às máquinas), mas a sobriedade digital. Esse conceito, defendido por grupos como o *The Shift Project*, sugere que devemos dar prioridade ao digital para o que realmente importa.

Precisamos mesmo de vídeos em 4K no telemóvel para assistir a uma palestra em que apenas o áudio bastaria? Precisamos de treinar IAs gigantescas para tarefas rotineiras que um código simples resolveria? A sobriedade digital convida-nos a sair do "modo automático" de consumo e a compreender que cada bit tem um corpo físico no planeta.

Para que a nuvem pare de pesar tanto, precisamos de mudar a nossa relação com o *hardware*. O movimento pelo Direito ao Reparo é uma das frentes mais importantes da ciência e da política atuais. Exigir que servidores e dispositivos sejam modulares, fáceis de consertar e que durem uma década em vez de três anos é a forma mais direta de reduzir as feridas da mineração e a acumulação de lixo eletrônico.

A nuvem não vai desaparecer. Ela é, agora, a infraestrutura da nossa civilização. Ela guarda a nossa história, impulsiona curas para doenças e conecta pessoas através de oceanos. No entanto, para que ela continue a servir-nos, não pode custar o futuro do planeta que tenta documentar.

Eternizar o momento, como aquele seu tio fez em 1975, não deveria significar esgotar os recursos para os Natais que virão. Quando fechar este livro e olhar para o seu telemóvel, lembre-se: ele é uma janela para um mundo de informações, mas também é um terminal ligado a cabos submarinos, turbinas de energia e rios distantes. A nuvem só será verdadeiramente leve quando respeitar o peso da Terra.

8. Referências

AGÊNCIA BRASIL. Mais de 5 bilhões de pessoas usam aparelho celular, revela pesquisa. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-09/mais-de-5-bilhoes-de-pessoas-usam-aparelho-celular-revela-pesquisa>. Acesso em: 14 jan. 2026.

BLUM, Andrew. Tubos: A física da Internet. Rio de Janeiro: Editora Rocco, 2013.

CRAWFORD, Kate. Atlas de inteligencia artificial. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica Argentina, 2023.

DOS, C. Paradoxo de Jevons. Wikipedia. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Paradoxo_de_Jevons. Acesso em: 14 jan. 2026.

GOMES, B. Our 2024 Environmental Report. Google Blog. Disponível em: <https://blog.google/company-news/outreach-and-initiatives/sustainability/2024-environmental-report/>. Acesso em: 14 jan. 2026.

INDEX. Milhões de consumidores vão pagar mais caro a conta de luz por culpa do ChatGPT, dos data centers e dos chatbots IA. Consecti. Disponível em: <https://consecti.org.br/milhoes-de-consumidores-vaopagar-mais-caroa-conta-de-luz>. Acesso em: 14 jan. 2026.

KARA, Siddharth. Cobalt Red: How the Blood of the Congo Powers Our Lives. Nova Iorque: St. Martin's Press, 2023.

LI, P. et al. Making AI Less "Thirsty": Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models. 2023. Disponível em: arXiv. Acesso em: 14 jan. 2026.

MACÊDO, D. Veja as fotos do Datacenter do Google. Blog Diego Macêdo. Disponível em: <https://www.diegomacedo.com.br/veja-as-fotos-do-datacenter-do-google/>. Acesso em: 14 jan. 2026.

SEMRUSH. Principais estatísticas sobre o Instagram: quantas pessoas usam e mais!. Disponível em: <https://pt.semrush.com/blog/estatisticas-instagram/>. Acesso em: 14 jan. 2026.

SOUZA, F. Saiba quantas fotos e vídeos são postados no Instagram todos os dias. Folha Vitória. Disponível em: <https://www.folhavitoria.com.br/curiosidades/quantas-fotos-e-videos-sao-postados-no-instagram-todos-os-dias/>. Acesso em: 14 jan. 2026.

STRUBELL, E.; GANESH, A.; MCCALLUM, A. Energy and Policy Considerations for Modern Deep Learning Research. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, v. 34, n. 09, p. 13693–13696, abr. 2020.

THE SHIFT PROJECT. Lean ICT: Towards digital sobriety. Disponível em: <https://theshiftproject.org/en/publications/lean-ict/>. Acesso em: 14 jan. 2026.

UNITAR. The global E-waste Monitor 2024 – Electronic Waste Rising Five Times Faster than Documented E-waste Recycling: UN. Disponível em: <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>. Acesso em: 14 jan. 2026.

Autores

Vinicius Franco de Oliveira

Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Maringá.