

Tecnologias para sustentabilidade

Computação verde

Por Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho¹

Introdução

Muito se discute sobre os desafios dos avanços tecnológicos e seu impacto na sociedade e no meio ambiente. O volume de equipamentos empregados tanto nas organizações como pelos indivíduos tem crescido, o que tem gerado uma demanda crescente de recursos naturais para produção desses equipamentos e de sua operação. Além disso, a obsolescência desses equipamentos é cada vez mais rápida, gerando resíduos de equipamentos eletrônicos que nem sempre têm sido tratados adequadamente.

MOTIVAÇÃO

Neste cenário, tem sido questionada o impacto do uso de tecnologias da informação e comunicação (TIC) nas mudanças climáticas. De acordo com Freitag et al. (2021), em 2020, as TIC contribuíam com 1,8% a 3,9% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE). Uma visão mais pessimista de Andrae (2020) defende que esse valor seja da

ordem de 6,3%, em 2020, e estima que pode chegar a 23%, em 2030. Isso se deve, principalmente, pelo crescimento do consumo energético e pelo uso de matrizes energéticas não renováveis e sujas.

Segundo Meirelles (2024), a base ativa de computadores mundialmente e no Brasil tem crescido continuamente. O Gráfico 1, a seguir, apresenta os dados no mercado no Brasil. Em maio de 2024, cada brasileiro tinha, em média, 2,2 dispositivos digitais, considerando computador e *smartphone*, o que implica o aumento potencial de consumo de energia e outros recursos empregados para manter essa base ativa. Além disso, tais dispositivos pós-consumo contribuem para o aumento de volume de resíduos de informática gerados a partir de computadores obsoletos ou em más condições de funcionamento nos anos subsequentes.

Assim, é possível identificar desafios distintos em diferentes momentos do ciclo de vida dos equipamentos. Durante a fase de operação, deve-se garantir a sustentabilidade de infraestruturas digitais por meio do uso racional de recursos diversos, incluindo os próprios recursos computacionais (por exemplo, virtualização de máquinas), energia elétrica usada para alimentar os equipamentos e a infraestrutura física que os abriga (por exemplo, ar-condicionado), água usada na refrigeração de

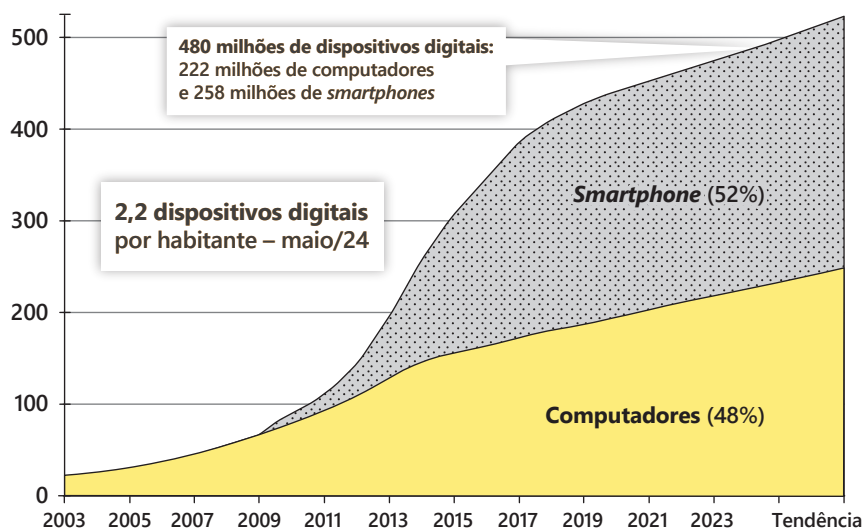
¹ Fundadora e coordenadora do Laboratório de Sustentabilidade (Lassu), Laboratório de Pesquisa e Ensino e Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática (Cedir) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP). É professora associada da Poli-USP e professora visitante da Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne e da Antonio Meneghetti Faculdade (AMF-RS). É Sloan Fellow 2002 pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), nos Estados Unidos da América (EUA). Coordena e atua em projetos de pesquisa e consultoria voltados para sustentabilidade, tecnologias digitais, inovação sustentável, economia circular e Internet do futuro. Recebeu diversos prêmios de inovação tecnológica e sustentabilidade.



ambientes cibernéticos, entre outros. Na fase pós-consumo, ou seja, no final de seu ciclo de vida, deve-se garantir a destinação sustentável de equipamentos que podem ser encaminhados para reuso, remanufatura ou reciclagem.

Gráfico 1 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE DISPOSITIVOS DIGITAIS POR BRASILEIRO NO PERÍODO DE 2003 A MAIO DE 2024

Dispositivos digitais (computadores e *smartphones*) em uso no Brasil
(milhões de unidades em maio de 2024, FGVcia)



Fonte: Meirelles (2024).

OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é dar uma visão geral sobre como as premissas de “computação verde” têm permeado a seleção, a implantação, a operação e o descarte de equipamentos usados nas infraestruturas digitais.

ORGANIZAÇÃO

Este artigo está organizado em sete seções. A primeira seção (“Introdução”) discute a motivação para adoção da computação verde e define os objetivos deste artigo. A segunda seção (“Caracterização de computação verde”) conceitua “computação verde”. A terceira seção (“Ciclo de vida de equipamentos de TIC”) descreve as principais fases de ciclo de vida de um equipamento eletroeletrônico e as práticas sustentáveis a serem adotadas nessas fases. Na fase de operação, o consumo energético é um fator crítico para redução da pegada de carbono. A quarta seção (“Fontes de energia renovável e limpa”) conceitua energia limpa e renovável, e apresenta a matriz elétrica do Brasil. Na quinta seção (“Desafios de eficiência energética”), são discutidos os principais desafios relacionados ao aumento de eficiência energética de sistemas de TIC. Na sexta seção (“Desafios dos resíduos de equipamentos eletrônicos”), são apresentados os principais desafios relacionados ao tratamento adequado dos resíduos de equipamentos eletrônicos.

Por último, a sétima seção (“Considerações finais”) traz as considerações finais do artigo e resume os pontos chaves da computação verde.

Caracterização de computação verde

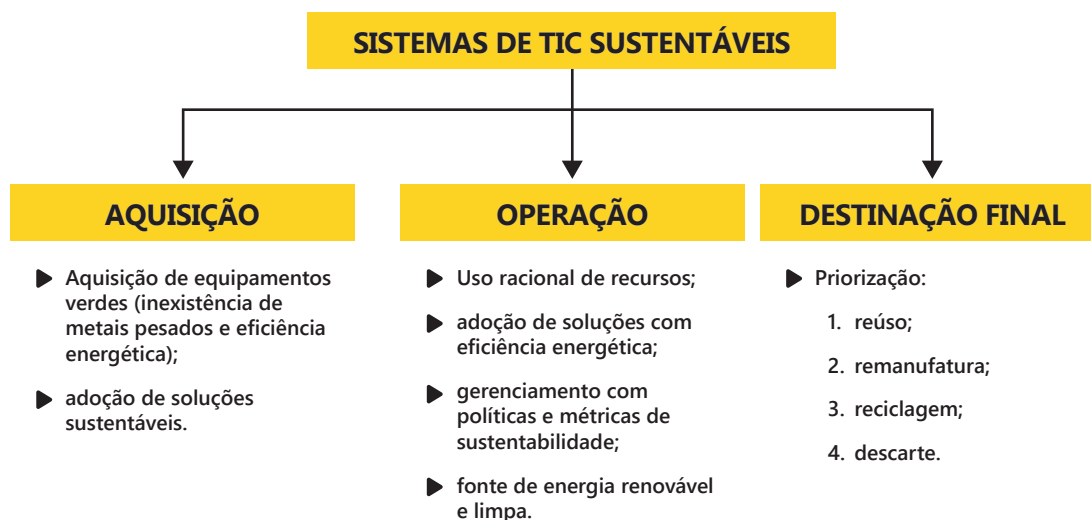
A computação verde caracteriza-se pela adoção de equipamentos computacionais que não possuem metais pesados (por exemplo, chumbo), cuja operação pressupõe o uso racional de recursos (por exemplo, energia elétrica) e, no final de seu ciclo de vida, sua destinação seja realizada segundo premissas de economia circular, priorizando reuso, remanufatura e reciclagem.

Existem dois padrões principais que especificam as características de “sistemas verdes”: Restriction of Hazardous Substances (RoHS), de origem europeia (Comissão Europeia, 2023), e *Electronic Product Environmental Assessment Tool* (Epeat), de origem americana (Global Electronics Council [GEC], 2025). Ambos especificam quantidades limites de metais pesados permitidos na fabricação desses equipamentos e níveis de consumo energético. No caso da União Europeia (UE), o padrão RoHS foi adotado em 2002 tanto para fabricação de equipamentos nos países da UE como para importação de equipamentos para esses países.

Ciclo de vida de equipamentos de TIC

Os equipamentos de TIC passam por diversas etapas no seu ciclo de vida, que cobrem desde sua aquisição até sua destinação final, quando se torna obsoleto ou disfuncional. Nesta seção, são discutidas cada uma dessas etapas (Figura 1).

Figura 1 – ETAPAS DO CICLO DE VIDA DOS EQUIPAMENTOS DE TIC



Fonte: elaboração própria.

Um dos principais elementos das infraestruturas digitais sustentáveis é o *data center* verde: instalação de TIC que envolve armazenamento, processamento e transmissão de dados.

AQUISIÇÃO DE SISTEMAS VERDES

A aquisição de equipamentos pode ser feita por meio de uma compra direta ou *Request for Proposal* (RFP), no caso de empresas privadas, ou edital de licitação, no caso de compras do setor público.

A especificação de compra de um equipamento deve conter a especificação das suas características e dos padrões de fabricação a serem atendidos. Como padrões de sustentabilidade, pode-se adotar o RoHS e a Epeat. Além desses padrões, outros podem ser requeridos, como a ISO 9001 (Controle de Qualidade) e a ISO 14.001 (Gestão Ambiental) (Comissão, 2023; Epeat, 2025; International Organization for Standardization [ISO], 2015).

OPERAÇÃO

A operação dos equipamentos eletrônicos ocorre em diferentes escopos, incluindo equipamentos de usuários finais, *data centers* e infraestruturas de telecomunicação e redes de computadores.

Segundo algumas estatísticas (Ardito & Morisio, 2014), o consumo energético previsto do setor em 2020 era de 10% a 12% do consumo global de eletricidade. Naquele mesmo ano, a estimativa desse consumo correspondia à seguinte distribuição de emissão de GEE: 50% de equipamentos de usuários finais (computadores, celulares e outros dispositivos), 29% de *data centers* e 21% de infraestruturas de telecomunicação e redes de computadores.

EQUIPAMENTOS DOS USUÁRIOS FINAIS

Os equipamentos dos usuários finais têm uma contribuição significativa na pegada de carbono de TIC, da ordem de 50%. Para dirimir esses efeitos, a aquisição de equipamentos considerados “verdes” é bastante importante, pois há os benefícios de maior eficiência energética em sua operação e, no final de seu ciclo de vida, da redução de descarte de material com metais pesados. Além disso, a gestão adequada do parque de equipamentos ativos é muito importante, preconizando-se a colocação desses equipamentos no modo de baixo consumo energético quando não estiverem em uso. Em empresas, isso pode ser feito de modo automatizado a partir de políticas de economia de energia pré-estabelecidas.

DATA CENTERS

Um dos principais elementos das infraestruturas digitais sustentáveis é o *data center* verde: instalação de TIC que envolve armazenamento, processamento e transmissão de dados. Eles foram projetados e construídos considerando-se requisitos de eficiência energética, baixa emissão de GEE, otimização de recursos, gestão de resíduos e adoção de matriz energética renovável e limpa.

Nos *data centers*, é crítico o consumo energético oriundo dos sistemas de refrigeração. Assim, os grandes *players* do mercado têm pesquisado e investido em soluções disruptivas que consideram, por exemplo, a imersão de *data center-container* no mar (como o Projeto Natick, da Microsoft²), a construção de *data centers* próximos a rios, lagos e mares (por exemplo, Google³) ou em regiões

² Saiba mais: <https://natick.research.microsoft.com/>

³ Saiba mais: <https://datacenters.google/>

próximas aos polos árticos (como o Arctic Data Center, do Facebook⁴). No Brasil, alguns bancos têm investido em *data centers* verdes, como o Banco Itaú, que criou em 2015 seu primeiro *data center* verde na cidade de Mogi Mirim (SP). Os demais bancos têm investido também em criar infraestruturas de *data centers* cada vez mais verdes.

Vale mencionar que o mercado de *data centers* verdes tem crescido muito e deve quadruplicar em 2032 em relação a 2023, atingindo o valor de US\$ 307,52 bilhões devido à urgência de redução de consumo energético e emissão de GEE (Fortune Business Insights, 2025).

INFRAESTRUTURAS DE TELECOMUNICAÇÕES E REDES DE COMPUTADORES

As infraestruturas de telecomunicação e redes de computadores contribuem com cerca de 21% do total de emissão de GEE de TIC. Considerando que a sociedade está cada vez mais conectada, englobando diversos setores da economia em nível global, é esperado que essa contribuição cresça no decorrer do tempo.

O aumento da eficiência energética das infraestruturas de telecomunicação e redes de computadores depende de sua política de operação, que pode fazer uso de inúmeros mecanismos, como a adoção de roteamento verde e o uso de diferentes estados de operação dos próprios equipamentos.

O roteamento verde usa o consumo de energia como métrica no estabelecimento de uma rota e adota aquela mais eficiente do ponto de vista energético, não necessariamente a mais rápida. Já em relação aos estados de operação, alguns equipamentos permitem colocar suas interfaces de comunicação no modo dormiente ou ativo e no modo ativo tem a possibilidade de programar a interface para operar em diferentes taxas de transmissão. Isso viabiliza alocar uma interface em diferentes modos de operação em função do volume de tráfego existente, a fim de economizar energia. Ademais, os mecanismos de eficiência energética podem ser configurados para atuarem de modo nativo ou via sistema de gerenciamento de rede.

DESCARTE DE SISTEMAS LEGADOS

Considerando que o número de equipamentos eletroeletrônicos adquiridos ano a ano tem crescido (Gráfico 1), é de se esperar que o número de equipamentos descartados deve aumentar. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) (Baldé *et al.*, 2024), o volume de resíduos eletrônicos gerado em nível mundial passou de 53,6 milhões de toneladas no ano de 2019 para 62,0 milhões em 2022. No Brasil, esse volume foi da ordem de 2,4 milhões em 2022, sendo que 10% deste total de equipamentos era da linha verde (Baldé *et al.*, 2024).

Uma das questões a serem endereçadas é a porcentagem de resíduos coletados e tratados adequadamente ser bem baixa. Em nível mundial, esse valor é cerca de 22,3% (Baldé *et al.*, 2024), enquanto no Brasil não se chega a 4%. Assim, vale ressaltar que os resíduos de equipamentos eletrônicos são considerados perigosos dada a variedade e o volume de metais pesados existentes nas placas de circuito impresso. Isso requer a capacitação de profissionais que atuam no manuseio desse tipo de resíduo e a obtenção de licenças ambientais pelas empresas atuantes na área.

As infraestruturas de telecomunicação e redes de computadores contribuem com cerca de 21% do total de emissão de GEE de TIC. Considerando que a sociedade está cada vez mais conectada, englobando diversos setores da economia em nível global, é esperado que essa contribuição cresça no decorrer do tempo.

⁴ Saiba mais: <https://web.facebook.com/reel/745326888869335>

(...) o tratamento de resíduos eletrônicos deve seguir as premissas de Economia Circular, priorizando-se na sequência o reúso, a remanufatura e a reciclagem (...).

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Decreto n. 7.404/2010), os catadores de material reciclável devem ser incluídos na cadeia reversa de resíduos de equipamentos eletrônicos. Para tanto, eles devem ser capacitados e as cooperativas devem ter licenças ambientais. Além disso, o tratamento de resíduos eletrônicos deve seguir as premissas de Economia Circular, priorizando-se na sequência o reúso, a remanufatura e a reciclagem (Carvalho, 2018).

Fontes de energia renovável e limpa

Entende-se como “energia limpa toda energia renovável que não emite substâncias poluidoras no meio ambiente” (WebTV CREA-RJ, 2021). Como exemplos, podem-se citar: hídrica, solar, eólica e maremotriz.

A matriz de energia elétrica do Brasil é considerada uma das mais limpas do mundo. A Tabela 1 mostra como ela está segmentada, considerando-se fontes renováveis e não renováveis. A energia elétrica proveniente de fontes renováveis é da ordem de 84%, incluindo hidráulica, eólica, solar e biomassa oriunda de bagaço de cana.

Tabela 1 – MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA 2023

Fonte de energia	Participação
Hidráulica	58,9%
Eólica	13,2%
Solar	7,0%
Gás natural	5,3%
Bagaço de cana	5,1%
Lixívia ou licor negro	2,1%
Importação líquida	2,1%
Nuclear	2,0%
Outras não renováveis	1,6%
Carvão	1,2%
Outras renováveis	0,8%
Óleo diesel	0,6%

Fonte: elaboração própria com base em Ben (2024) como citado em Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2025).

Contudo, sabe-se que alguns tipos de geração de energia trazem outros problemas ambientais. Esse é o caso da energia eólica, que produz muita poluição sonora, introduzindo problemas no local onde são instaladas as estações, tanto para as pessoas como para os animais.

Desafios de eficiência energética

Para reduzir a pegada de carbono, um dos principais desafios é a redução do consumo energético. Para tanto, faz-se necessário:

IDENTIFICAR MÉTRICAS E INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Um dos indicadores mais conhecidos de eficiência energética é o Power Usage Effectiveness (PUE).

PUE = carga total da instalação/carga de TIC, em que:

- **Carga de TIC:** corresponde ao consumo energético de todos os componentes de TIC da instalação.
- **Carga total da instalação:** corresponde ao consumo energético de todos os sistemas que suportam a infraestrutura de TIC, que incluem sistemas de refrigeração, distribuição de energia, iluminação, sistemas de segurança e os próprios sistemas de TIC.

O valor de PUE para *data centers* considerado muito eficiente é $\leq 1,2$. O Facebook, com seu *data center* imerso na neve, declara um PUE igual a 1,06. O Google opera *data centers* com PUE igual a 1,12. Segundo o Uptime Institute (Davis, 2024), o valor médio de PUE em *data centers* em 2023 foi de 1,58.

IDENTIFICAR E AVALIAR MECANISMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Os mecanismos de eficiência energética existentes são inúmeros e sua aplicação depende do escopo.

No caso dos *data centers*, o elemento mais crítico é o sistema de refrigeração, responsável por cerca de 38% do consumo de energia (Tabela 2). Desse modo, as estratégias de minimização de consumo energético com refrigeração têm gerado muita inovação, como apontado na seção “Ciclo de vida de equipamentos de TIC”, quando foi mencionado o caso do *data center* do Facebook imerso na neve ou mesmo *data centers* construídos próximos de fluxos de água (rios, lagos, mar). Outro elemento sorvedouro de energia são servidores, o que tem levado a práticas de consolidação de servidores por meio da virtualização dos recursos computacionais.

Os mecanismos de eficiência energética existentes são inúmeros e sua aplicação depende do escopo. No caso dos *data centers*, o elemento mais crítico é o sistema de refrigeração, responsável por cerca de 38% do consumo de energia (...).

No caso de infraestruturas de telecomunicação e redes de computadores, existem práticas mais simples e comuns, como a desativação de equipamentos ou mesmo interfaces com baixa carga de trabalho ou alteração da frequência de operação de interfaces ou do equipamento como um todo, que resultam na redução de gasto de energia.

Tabela 2 – CONSUMO ENERGÉTICO EM DATA CENTERS

Mecanismos de eficiência energética	Consumo de energia
Refrigeração	38%
Processador	15%
Outro servidor	15%
Fonte de alimentação do servidor	14%
Fonte de Alimentação Ininterrupta (UPS)	5%
Armazenamento	4%
Equipamento de comunicação	4%
Aparelhagem de manobra e transformadores	3%
Iluminação	1%
Unidade de Distribuição de Energia (PDU)	1%

Fonte: elaboração própria com base em Clarke Energy (2025).

No caso de infraestruturas de telecomunicação e redes de computadores, existem práticas mais simples e comuns, como a desativação de equipamentos ou mesmo interfaces com baixa carga de trabalho ou alteração da frequência de operação de interfaces ou do equipamento como um todo, que resultam na redução de gasto de energia. Outras práticas mais sofisticadas incluem o roteamento verde (escolha de rotas com maior eficiência energética) ou a definição do posicionamento de *Virtual Network Function* (VNF) em elementos da rede, tendo como parâmetro a maior eficiência energética.

AVALIAR A RELAÇÃO ENTRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E PARÂMETROS DE QUALIDADE DE SERVIÇO

A adoção de mecanismos de eficiência energética pode resultar na perda de desempenho. Por exemplo, quando uma *Control Process Unit* (CPU) está com baixa carga de trabalho e opta-se por reduzir sua frequência de operação para reduzir o consumo energético, há perda de desempenho. Isso pode impactar a qualidade de serviço (*quality of service* [QoS]) do serviço oferecido. Essa relação entre eficiência energética e parâmetros de QoS precisa ser, então, sempre avaliada e pode, inclusive, ser monetizada. O usuário pode, por exemplo, optar por um serviço “verde” que seja mais eficiente energeticamente, comprometendo parâmetros de QoS com redução de custo para o próprio usuário.

ALINHAR AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E POLÍTICAS DE SUSTENTABILIDADE E DESEMPENHO

A avaliação da relação de eficiência energética e parâmetros de QoS apresentada no item anterior pode resultar na especificação de políticas de sustentabilidade e desempenho. Tais políticas podem definir diversas classes de serviços de TIC

em função dessa avaliação, especificando-se diversas gradações de serviços “verdes” associados a diferentes níveis de eficiência energética, parâmetros de qualidade de serviço e custos.

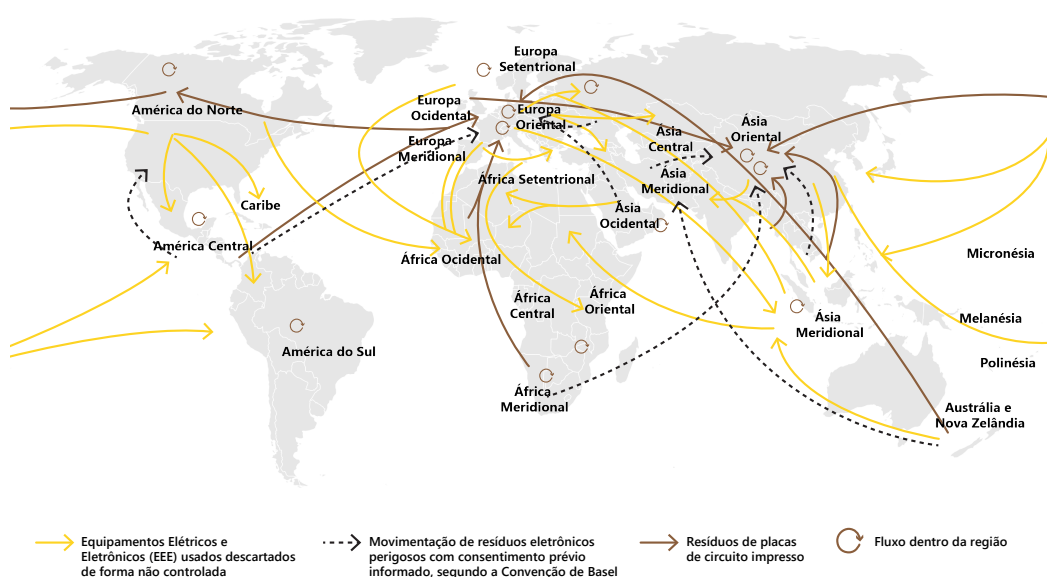
Desafios dos resíduos de equipamentos eletrônicos

Conforme mencionado na seção “Ciclo de vida de equipamentos de TIC”, somente 22,3% dos resíduos de equipamentos eletrônicos são tratados adequadamente em nível mundial (e por volta de 4% no Brasil). Isso se deve, em primeiro lugar, à inexistência de legislação adequada referente a esse tipo de resíduo. O Brasil destaca-se por ter uma legislação robusta, que inclui os resíduos eletrônicos, incorporando os conceitos de responsabilidade compartilhada e responsabilidade estendida do fabricante. Embora cada estado brasileiro tenha sua própria legislação e licenças ambientais, há falta de fiscalização adequada e existem no mercado muitas empresas que operam sem licenças ambientais válidas.

Além disso, há diversos acordos internacionais, como o acordo de Basileia, dos quais muitos países não são signatários. Isso tem resultado na migração ilegal de resíduos entre países, sendo os principais fluxos oriundos de países desenvolvidos e destinados a países subdesenvolvidos. Nesse cenário, a África é o principal continente receptor desses resíduos, mas o Brasil também tem sido alvo de importação de resíduos. Na Figura 2, é possível visualizar os fluxos migratórios de resíduos de equipamentos eletrônicos mapeados pela ONU.

(...) somente 22,3% dos resíduos de equipamentos eletrônicos são tratados adequadamente em nível mundial (e por volta de 4% no Brasil).

Figura 2 – MIGRAÇÃO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS



Fonte: Baldé et al. (2024).

(...)
independentemente
dos mecanismos
de eficiência
energética usados,
é importante usar
fontes de energia
renováveis e limpas.
Nesse quesito, o
Brasil é um país
privilegiado, pois
possui uma das
matrizes de energia
elétrica mais limpas
do mundo.

Um outro ponto importante é o tratamento de resíduos pelo setor informal (por exemplo, catadores) sob condições precárias. Segundo a PNRS (Decreto n. 7.404/2010), os catadores de material reciclável deveriam ser incluídos na cadeia de logística reversa dos resíduos, incluindo os resíduos eletrônicos. Para tanto os catadores precisam ser treinados sobre as práticas de triagem, separação e manuseio desse tipo de resíduo e ter as devidas licenças ambientais. Todavia, apesar de diversos projetos de treinamento de cooperativas de catadores, a questão das licenças permanece em aberto, pois os custos são proibitivos para esse público.

Considerações Finais

O ponto de partida deste artigo foi o impacto do uso de TIC na geração de GEE e, por consequência, nas mudanças climáticas. Sabe-se que o volume de equipamentos e dispositivos eletrônicos em uso tem crescido, gerando cada vez maiores dispêndios de energia elétrica e resíduos no final de seu ciclo de vida.

Assim, foram apresentadas práticas voltadas para as etapas de aquisição, operação e descarte desses equipamentos. Na etapa de aquisição, é importante a seleção de “equipamentos verdes” com inexistência de metais pesados e funcionalidade de eficiência energética. Na etapa de operação, a redução de consumo energético é o aspecto mais crítico. Nesse sentido, foram apresentados exemplos de mecanismos de eficiência energética como a consolidação de servidores em *data centers* ou a adoção de roteamento verde nas redes de comunicação, priorizando rotas com maior eficiência energética. Por último, na etapa de descarte, deve-se ter como base as premissas de economia circular, priorizando-se reúso, seguido de remanufatura e reciclagem.

Vale ainda observar que, independentemente dos mecanismos de eficiência energética usados, é importante usar fontes de energia renováveis e limpas. Nesse quesito, o Brasil é um país privilegiado, pois possui uma das matrizes de energia elétrica mais limpas do mundo.

Portanto, apesar de a TIC ter aumentado a emissão de GEE, é importante lembrar que as soluções de TIC têm contribuído muito para garantir a sustentabilidade de diversos setores da economia. O exemplo do uso de TIC na medicina ilustra essa contribuição.

Referências

- Andrae, A. (2020). New perspectives on internet electricity use in 2030. *Engineering and Applied Science Letters*, 3(2), 19-31. <https://pisrt.org/psr-press/journals/easl/05-vol-3-2020-issue-2/new-perspectives-on-internet-electricity-use-in-2030/>
- Ardito, L., & Morisio, M. (2014). Green IT – Available data and guidelines for reducing energy consumption in IT systems. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 4(1), 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2013.09.001>

Baldé, C. P., D'angelo, E., Kuehr, R., Yamamoto, T., Mcdonald, R., D'angelo, E., Althaf, S., Bel, G., Deubzer, O., Fernandez-Cubillo, E., Forti, V., Gray, V., Herat, S., Honda, S., Iattoni, G., Khatriwal, D. S., Cortemiglia, V. L., Lobuntsova, Y., Nnorom, I., Pralat, N., & Wagner, M. (2024). *The Global E-waste Monitor 2024*. ITU e UNITAR. <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>

Carvalho, T. C. M. B. (2018). Os benefícios e os desafios de Economia Circular aplicada ao setor de equipamentos eletroeletrônicos. In C. Ohde (Org.), *Economia Circular: um modelo que dá impulso à economia, gera empregos e protege o meio ambiente* (Part. 4, Art. 2, pp. 169-190). NetPress Books.

Clarke Energy. (2025). *Data Centre*. <https://www.clarke-energy.com/applications/data-centre-chp-trigeneration/>

Comissão Europeia. (2023). *Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment*. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/rohs-directive_en

Davis, J. (2024). *Large data centers are mostly more efficient, analysis confirms*. Uptime Institute. <https://journal.uptimeinstitute.com/large-data-centers-are-mostly-more-efficient-analysis-confirms/>

Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010. (2010). Regulamenta a Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm

Empresa de Pesquisa Energética. (2025). *Matriz Energética e Elétrica*. ABCD Energia. <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

Fortune Business Insights. (2025). *Tamanho do mercado de data center verde, análise de participação e indústria, por componente (soluções e serviços), por usuário (provedores de colocation, provedores de serviços em nuvem (CSPs) e empresas) e previsão regional, 2024-2032*. <https://www.fortunebusinessinsights.com/pt/green-data-center-market-105173>

Freitag, C., Berners-Lee, M., Widdicks, K., Knowles, B., Blair, G. S., & Friday, A. (2021). The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations. *Patterns*, 2(9), Artigo 100340. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>

Global Electronics Council. (s.d.). *Electronic Product Environmental Assessment Tool*. <https://globalelectronicscouncil.org/epeat-registry/>

International Organization for Standardization. (2021). *ISO 14001:2015. Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientação para uso (revisão)*.

Meirelles, F. S. (2024). *Pesquisa Anual do Uso de TI (Tecnologia da Informação) nas Empresas*. EAESP/FGV. https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u68/pesti-fgvicia-2024_0.pdf

WebTV CREA-RJ. (2021). *O que é energia limpa?* [Vídeo]. YouTube. https://youtu.be/MYvpH_1rAkW?si=wqw82uHUp9KEr9LB

Entrevista I

Foto: MMA



Ana Toni

Diretora executiva
da COP30

COP30 no Brasil: tecnologias digitais inclusivas em prol da justiça climática

Nesta entrevista, Ana Toni, diretora executiva da 30ª Conferência das Partes (30th Conference of the Parties [COP30])⁵, destaca o papel do Brasil no enfrentamento das mudanças climáticas, com foco na preservação da Amazônia e no fortalecimento das comunidades locais. Ela também aborda os desafios e avanços no uso de tecnologias digitais para o monitoramento ambiental, ressaltando a necessidade de responsabilidade socioambiental e inclusão nas soluções climáticas.

Panorama Setorial da Internet (P.S.I.)_ A COP30 ocorrerá em um momento crítico para a agenda climática global e será sediada na Amazônia. Quais objetivos o Brasil pretende alcançar e qual papel pode exercer para impulsionar compromissos mais ambiciosos e justos?

Ana Toni (A.T.)_ A COP30 será uma oportunidade concreta para dar um passo adiante na implementação do Acordo de Paris. Nosso compromisso é contribuir para acelerar esse processo, fortalecer o multilateralismo climático e apoiar uma transformação que coloque a crise climática no centro das decisões econômicas e financeiras.

O Brasil tem legitimidade e responsabilidade para liderar esse processo. Somos um país megadiverso, com uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, uma sociedade civil ativa e uma base territorial que abriga biomas riquíssimos e essenciais para a regulação climática, a conservação da biodiversidade e o modo de vida de milhões de brasileiros.

Em razão dessa condição singular, que traz responsabilidades significativas, o governo Lula tem concentrado esforços no fortalecimento do planejamento estratégico de políticas públicas alinhadas com a nova realidade imposta pela crise climática. Estamos finalizando a atualização do Plano Clima⁶, uma estratégia intrinsecamente transversal, construída em diálogo com 23 ministérios setoriais. Esse plano articula ações de mitigação e adaptação, cinco estratégias transversais

⁵ Saiba mais: <https://cop30.br/>

⁶ Saiba mais: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/smc/plano-clima>

e diversos planos setoriais. Assumimos, também, o compromisso público de alcançar o desmatamento zero até 2030 — meta refletida em nossa Contribuição Nacionalmente Determinada (*Nationally Determined Contribution* [NDC])⁷, que foi a segunda a ser submetida nessa nova rodada, reafirmando nosso compromisso com a ambição climática.

A Presidência da COP30 está comprometida com essa visão: impulsionar uma transição climática que seja equitativa, com financiamento adequado, apoio à adaptação, soluções tecnológicas acessíveis e protagonismo dos povos e comunidades locais. A liderança brasileira se baseia em escuta, cooperação e ação concreta — princípios que orientarão os trabalhos em Belém e além dela.

P.S.I._ As tecnologias da informação e comunicação (TIC) têm ganhado espaço nos debates climáticos. Como a senhora avalia o histórico da relação entre tecnologias digitais e os debates climáticos nas COP anteriores e que caminhos enxerga para que o tema seja tratado de forma mais estratégica?

A.T._ Historicamente, o papel das tecnologias digitais nos espaços climáticos da United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) esteve à margem do centro decisório. No entanto, essa realidade está mudando. A Declaração de Ação Digital Verde⁸, lançada na COP29⁹, foi um avanço importante, e a COP30 pode consolidar esse movimento.

As tecnologias digitais são essenciais para enfrentar a crise climática. Elas viabilizam desde o monitoramento remoto de florestas até o uso de Inteligência Artificial (IA) para prever eventos extremos ou otimizar cadeias produtivas com menor emissão. Porém, esse potencial precisa ser canalizado com responsabilidade, considerando também os riscos ambientais e sociais — como o consumo energético de *data centers* e a ampliação das desigualdades tecnológicas.

P.S.I._ A Declaração de Ação Digital Verde, lançada na COP29, estabeleceu objetivos comuns para tornar os sistemas digitais mais sustentáveis e estratégicos nas ações climáticas. Quais avanços e obstáculos a senhora identifica desde então, e como a COP30 pode impulsionar essa agenda, especialmente nos países em desenvolvimento?

A.T._ A Declaração de Ação Digital Verde foi um marco importante por reconhecer que a transformação digital pode — e deve — estar a serviço de uma ação climática mais eficiente, inclusiva e sustentável. O documento estabeleceu compromissos em diversas áreas, como a mitigação dos impactos ambientais da digitalização, a promoção da inclusão digital, a construção de infraestruturas resilientes, o uso de dados para tomada de decisão e o fomento à inovação verde.

"A Presidência da COP30 está comprometida com essa visão: impulsionar uma transição climática que seja equitativa, com financiamento adequado, apoio à adaptação, soluções tecnológicas acessíveis e protagonismo dos povos e comunidades locais. A liderança brasileira se baseia em escuta, cooperação e ação concreta (...)."

⁷ Saiba mais: <https://cop30.br/pt-br/sobre-a-cop30/contribuicoes-nacionalmente-determinadas-ndcs>

⁸ Saiba mais: <https://cop29.az/en/pages/cop29-declaration-on-green-digital-action>

⁹ Saiba mais: <https://cop29.az/en/home>

"Ferramentas como IA, sensoriamento remoto, conectividade e plataformas abertas de dados têm potencial para monitorar, proteger e valorizar os territórios, fortalecer cadeias produtivas sustentáveis e ampliar o acesso a políticas públicas."

Desde então, vimos crescer o reconhecimento político e técnico do papel das tecnologias digitais para acelerar a implementação do Acordo de Paris. Entretanto, também persistem obstáculos relevantes, como o aumento do consumo energético de *data centers*, os desafios de governança de dados e a persistente exclusão digital de países e populações que mais precisam dessas soluções. Esses riscos precisam ser enfrentados com responsabilidade, transparência e cooperação internacional.

A COP30 pode ser um espaço importante para dar continuidade à implementação da declaração, especialmente no que diz respeito às prioridades dos países em desenvolvimento. Há uma oportunidade de ampliar o debate sobre capacitação institucional, financiamento de soluções digitais sustentáveis e construção de pontes entre governos, setor privado, academia e sociedade civil. A digitalização, por si só, não é neutra — seus impactos dependem das escolhas políticas que orientam seu uso. É fundamental que essas escolhas sejam guiadas por critérios de justiça, inclusão e contribuição efetiva para a ação climática.

P.S.I._ Como as tecnologias digitais podem apoiar uma transição ecológica que seja inclusiva para populações locais e tradicionais?

A.T._ A transformação ecológica de que precisamos exige mais do que inovação tecnológica: ela requer inclusão, justiça e diálogo permanente com os territórios. Eu costumo reforçar que a transição econômica vai acontecer, mais lenta ou aceleradamente; já a transição justa é uma escolha política, que precisa ser reafirmada a todo instante.

As tecnologias digitais podem ser grandes aliadas dessa escolha. Ferramentas como IA, sensoriamento remoto, conectividade e plataformas abertas de dados têm potencial para monitorar, proteger e valorizar os territórios, fortalecer cadeias produtivas sustentáveis e ampliar o acesso a políticas públicas. Contudo, esse potencial só se realiza plenamente quando construído *com* e *para* os povos que vivem e cuidam desses territórios.

A inclusão digital é, portanto, parte essencial da justiça climática. Isso significa garantir acesso à conectividade, formação técnica adequada, mecanismos de governança de dados e financiamento para soluções desenvolvidas localmente. Promover uma transição ecológica inclusiva exige investir em tecnologias que respeitem a diversidade cultural, fortaleçam a autonomia dos territórios e ampliem as capacidades das comunidades. Assim, a digitalização pode deixar de ser um vetor de exclusão e se tornar um instrumento de empoderamento e equidade.

Artigo II

Inteligência Artificial para ações climáticas em países em desenvolvimento: oportunidades, desafios e riscos¹⁰

Por Comitê Executivo de Tecnologia para as Mudanças Climáticas da Organização das Nações Unidas

Introdução

Esta nota informativa tem o objetivo de servir como uma introdução acessível à relação entre a Inteligência Artificial (IA) e a ação climática. O Comitê Executivo de Tecnologia (TEC)¹¹ preparou esta publicação como parte da Iniciativa do Mecanismo de Tecnologia sobre IA para Ação Climática (Technology Mechanism Initiative on AI for Climate Action [#AI4ClimateAction])¹² a fim de fornecer uma visão geral das oportunidades, riscos e desafios quanto ao uso da IA para ação climática nos países em desenvolvimento, focalizando os países menos desenvolvidos e os pequenos Estados insulares em desenvolvimento. O #AI4ClimateAction consiste em um braço de políticas, o TEC, e um braço de implementação, o Centro e Rede de Tecnologia Climática (Climate Technology Centre and Network [CTCN])¹³, para promover o desenvolvimento e a transferência de tecnologias climáticas de acordo com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC])¹⁴ e o Acordo de Paris¹⁵.

IA e aprendizado de máquina

Os sistemas de IA que usam técnicas de aprendizado de máquina estão emergindo rapidamente enquanto tecnologias transformadoras, com as mudanças climáticas se destacando como uma área em que essas inovações podem gerar transformações impactantes. Pesquisas demonstram que a IA pode atuar tanto como facilitadora quanto como inibidora no enfrentamento dos desafios dessas mudanças (Vinuesa et al., 2020). O #AI4ClimateAction está explorando como a IA pode ajudar a lidar com as mudanças climáticas nos países em desenvolvimento,

Os sistemas de IA que usam técnicas de aprendizado de máquina estão emergindo rapidamente enquanto tecnologias transformadoras, com as mudanças climáticas se destacando como uma área em que essas inovações podem gerar transformações impactantes.

¹⁰ Versão editada e traduzida do trabalho homônimo publicado pelo Comitê Executivo de Tecnologia para as Mudanças Climáticas da Organização das Nações Unidas (United Nations Climate Change Technology Executive Committee). A versão original está disponível em: <https://unfccc.int/ttclear/tec/AI4climate.html#infonote>

¹¹ Saiba mais: <https://unfccc.int/ttclear/tec>

¹² Saiba mais: https://unfccc.int/ttclear/artificial_intelligence

¹³ Saiba mais: <https://www.ctc-n.org/>

¹⁴ Saiba mais: <https://unfccc.int/>

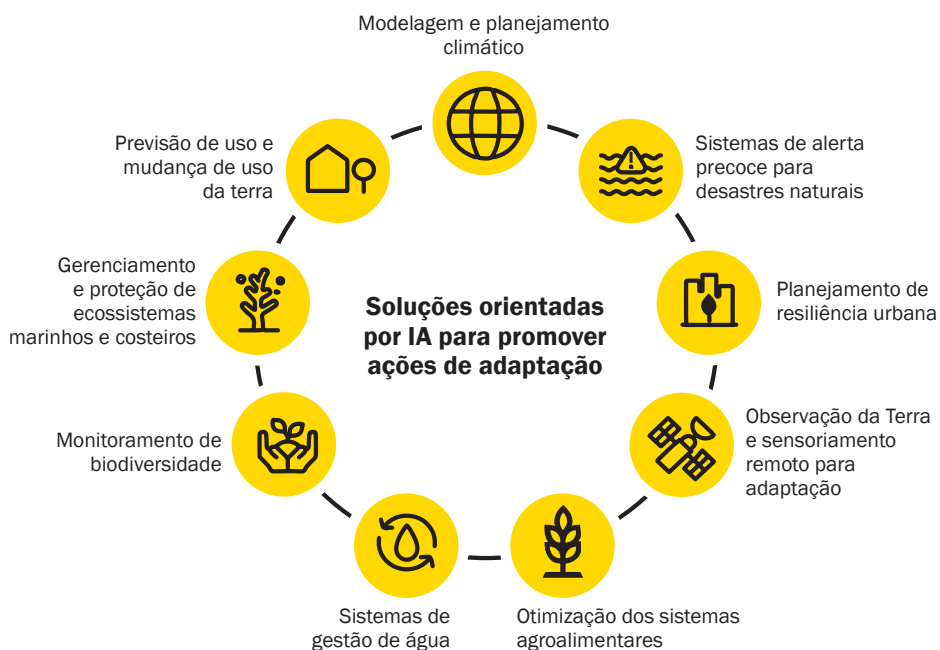
¹⁵ Saiba mais: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>

Os sistemas de IA estão desempenhando um papel na modelagem e no planejamento climático, na análise de dados e na previsão do aumento do nível do mar, do desmatamento e de outros impactos climáticos.

em especial nos países menos desenvolvidos e nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento, inclusive, por meio do uso da IA para monitoramento e coleta de dados, modelagem e previsão climática, gestão de recursos de energia e de transporte, redução do risco de desastres, e educação e envolvimento da comunidade. O objetivo é avaliar como essas tecnologias podem contribuir para a ação climática e, ao mesmo tempo, abordar os desafios e os riscos no que tange ao seu uso.

Soluções orientadas por IA para promover ações de adaptação

Figura 1 - APLICAÇÕES DE IA PARA ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS



Fonte: elaboração própria.

MODELAGEM E PLANEJAMENTO CLIMÁTICO

Os sistemas de IA estão desempenhando um papel na modelagem e no planejamento climático, na análise de dados e na previsão do aumento do nível do mar, do desmatamento e de outros impactos climáticos. Esses modelos podem ajudar governos e organizações a desenvolverem respostas de adaptação mais customizadas e eficientes, melhorar a preparação para desastres e incluir a resiliência no planejamento da infraestrutura. A IA também pode ser usada para aprimorar a capacidade de prever tendências climáticas de longo prazo e identificar as áreas mais vulneráveis aos riscos climáticos, viabilizando decisões baseadas em dados que fortalecem a resiliência.

SISTEMAS DE ALERTA PRECOCE PARA DESASTRES NATURAIS

Os modelos de IA estão sendo cada vez mais implementados em países em desenvolvimento, incluindo os países menos desenvolvidos e os pequenos Estados insulares em desenvolvimento, para apoiar a análise de padrões climáticos e fornecer previsões mais precisas sobre furacões, enchentes e secas, permitindo alertas e medidas de preparação em tempo hábil e ajudando a atenuar o impacto desses eventos sobre as comunidades vulneráveis.

PLANEJAMENTO DE RESILIÊNCIA URBANA

A IA tem sido cada vez mais utilizada para mapear as características do estoque de moradias em países vulneráveis a desastres naturais, como os países menos desenvolvidos e os pequenos Estados insulares em desenvolvimento. Ela automatiza a criação de mapas detalhados que identificam a área ocupada pelos edifícios, tipos de materiais e condições estruturais, aproveitando imagens aéreas de alta resolução e técnicas de aprendizado de máquina, incluindo modelos avançados de visão computacional. Essas ferramentas orientadas por IA são benéficas para a realização de avaliações de vulnerabilidade eficazes e para o aprimoramento do gerenciamento de riscos de desastres e do planejamento de resiliência urbana. Em áreas propensas a riscos naturais, os sistemas de IA podem permitir a rápida avaliação dos danos após um desastre, bem como ajudar a identificar estruturas em risco antes que esses eventos ocorram. Isso apoia o planejamento urbano mais resiliente e os esforços de preparação para desastres.

OBSERVAÇÃO DA TERRA E SENSORIAMENTO REMOTO PARA ADAPTAÇÃO

As tecnologias de observação da Terra e sensoriamento remoto orientadas por IA estão apoiando os esforços de adaptação em setores como agricultura, gestão de água e conservação de ecossistemas. Esses sistemas fornecem informações em tempo real sobre a saúde do solo, os níveis de água e a degradação da terra, ajudando os países a monitorarem as condições ambientais que são essenciais para a adaptação. Ao utilizar sistemas de IA que incluem dados de satélite, governos e comunidades podem receber apoio para implementar intervenções oportunas, ajustar práticas agrícolas e gerenciar os recursos naturais de forma mais eficaz, promovendo a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável.

OTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS AGROALIMENTARES

Na agricultura, a IA pode ajudar a otimizar os cronogramas de plantio, monitorar a saúde das lavouras e prever surtos de pragas. Isso é particularmente relevante para os países menos desenvolvidos e os pequenos Estados insulares em desenvolvimento, onde a segurança alimentar é frequentemente ameaçada pelas mudanças climáticas. A agricultura de precisão orientada por IA tem demonstrado potencial para melhorar a produtividade e reduzir o uso de recursos. Na África Subsaariana, a IA tem sido usada para otimizar a irrigação e as práticas agrícolas, melhorando a produtividade das lavouras em regiões afetadas por condições climáticas imprevisíveis. Os modelos de aprendizado de máquina têm sido usados para apoiar a análise de padrões climáticos e dados do solo para fornecer orientação aos agricultores, aumentando a segurança alimentar.

Em áreas propensas a riscos naturais, os sistemas de IA podem permitir a rápida avaliação dos danos após um desastre, bem como ajudar a identificar estruturas em risco antes que esses eventos ocorram.

Soluções orientadas por IA têm sido empregadas para automatizar sistemas de irrigação, prever secas e gerenciar reservatórios para manter níveis ideais de água, garantindo um fornecimento confiável para a agricultura, a indústria e o uso doméstico.

SISTEMAS DE GESTÃO DE ÁGUA

As tecnologias de IA podem desempenhar um papel fundamental no monitoramento dos recursos hídricos, na previsão da demanda hídrica e na otimização dos sistemas de distribuição para melhorar a eficiência no uso da água. A IA pode ajudar a prever as necessidades hídricas e alocar recursos de forma mais eficaz, aproveitando as correlações em vastos conjuntos de dados sobre padrões climáticos, umidade do solo e tendências de consumo de água. Isso é particularmente importante nos países menos desenvolvidos e nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento, onde o acesso à água potável é, muitas vezes, limitado e as mudanças climáticas agravam sua escassez. Soluções orientadas por IA têm sido empregadas para automatizar sistemas de irrigação, prever secas e gerenciar reservatórios para manter níveis ideais de água, garantindo um fornecimento confiável para a agricultura, a indústria e o uso doméstico. Essas soluções são relevantes para assegurar uma gestão sustentável da água em países e estados vulneráveis à variabilidade climática e ao aumento do estresse hídrico.

MONITORAMENTO DE BIODIVERSIDADE

A IA está avançando o monitoramento da biodiversidade, permitindo o rastreamento em tempo real de ecossistemas e espécies afetados pelas mudanças climáticas. Os sistemas de IA são usados para processar dados de *drones*, câmeras remotas e sensores acústicos para monitorar populações de vida selvagem e avaliar a saúde do ecossistema. Esses sistemas têm ajudado conservacionistas e governos a monitorar os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade, a implementar medidas de proteção e a enfrentar os desafios da perda de *habitat*.

GERENCIAMENTO E PROTEÇÃO DE ECOSSISTEMAS MARINHOS E COSTEIROS

O uso da IA vem sendo cada vez mais utilizado para monitorar e proteger ecossistemas costeiros e marinhos, por meio do acompanhamento de recifes de corais, populações de peixes e outros recursos vitais. Esses ecossistemas são fundamentais para a biodiversidade e fornecem serviços essenciais, como segurança alimentar, meios de subsistência e proteção contra desastres naturais. Nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento, onde muitas comunidades dependem da saúde dos ambientes marinhos para seu bem-estar econômico, as tecnologias de IA, combinadas com imagens de satélite, estão sendo implantadas para rastrear atividades de pesca ilegal, monitorar a erosão costeira e avaliar as mudanças nos *habitats* marinhos. Além disso, o sensoriamento remoto e os *drones* com tecnologia de IA são utilizados para inspecionar áreas de difícil acesso, fornecendo dados em tempo real sobre a saúde do ecossistema. No entanto, apesar do potencial dessas tecnologias, a implementação em larga escala, em todos os pequenos Estados insulares em desenvolvimento, ainda não é uniforme, com níveis variados de acesso a ferramentas e recursos de IA. Há esforços em andamento para ampliar o uso desta na conservação marinha, contribuindo, dessa forma, para a gestão e a proteção mais eficazes desses ecossistemas.

PREVISÃO DE USO E MUDANÇA DE USO DA TERRA

Usando dados espaciais relacionados ao tipo de solo, altitude e proximidade da infraestrutura, entre outros recursos, modelos de IA vêm sendo utilizados para prever mudanças pertinentes ao uso e cobertura da terra. Essas previsões ajudam a prever mudanças nos padrões de uso da terra, permitindo que os formuladores de políticas gerenciem melhor os recursos e planejem o uso sustentável da terra.

Soluções orientadas por IA para promover ações de mitigação

Figura 2 - APLICAÇÕES DE IA PARA MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS



Fonte: elaboração própria.

MONITORAMENTO DE EMISSÕES DE GEE

A IA tornou-se uma ferramenta no monitoramento de emissões de GEE, especialmente para o metano, um dos principais GEE, tornando sua detecção e redução essenciais para os esforços de mitigação do clima. Ao aproveitar os vastos conjuntos de dados de imagens de satélite, sensores remotos e monitores terrestres, os sistemas de IA podem ajudar a identificar as emissões de metano com mais precisão. Esses sistemas permitem a detecção em tempo real, possibilitando intervenções mais rápidas em setores como petróleo e gás, agricultura e gestão de resíduos, nos quais os vazamentos de metano são predominantes. Além disso, a previsão de possíveis vazamentos com base em padrões de dados históricos está transformando as estratégias de gerenciamento de metano, equipando melhor os governos e os setores para lidar com essas emissões antes que elas aumentem, em linha com os esforços globais, como o Global Methane Pledge, em que os países se comprometeram a reduzir as emissões globais de metano em pelo menos 30% até 2030.

(...) os sistemas de IA podem ajudar a identificar as emissões de metano com mais precisão. Esses sistemas permitem a detecção em tempo real, possibilitando intervenções mais rápidas em setores como petróleo e gás, agricultura e gestão de resíduos, nos quais os vazamentos de metano são predominantes.

Os algoritmos de IA, usufruindo de dados abrangentes sobre padrões de tráfego, demanda de passageiros e condições climáticas, podem reduzir significativamente as emissões e aumentar a eficiência dos sistemas de transporte (...).

MONITORAMENTO E PREVISÃO DE USO E MUDANÇA DE USO DO SOLO

As tecnologias de observação da Terra e de sensoriamento remoto baseadas em IA podem ser importantes para rastrear as mudanças no uso da terra que afetam as emissões de GEE. Com o processamento de dados de satélite, os sistemas de IA podem apoiar a detecção de mudanças ambientais em tempo real, o monitoramento do desmatamento e a mudança no uso da terra, bem como a expansão urbana e a atividade industrial, que são fontes significativas de emissões de GEE, permitindo que os governos identifiquem os pontos críticos de emissão e implementem esforços de mitigação direcionados.

GERENCIAMENTO DE ENERGIA

A IA está sendo cada vez mais utilizada para otimizar o desenvolvimento e a operação de sistemas de energia renovável, como baterias, energia solar e eólica, por meio da previsão da demanda e do fornecimento de energia com base em padrões climáticos, dados da rede e hábitos de consumo, e ajustando o fornecimento para garantir o acesso confiável à energia, apesar das flutuações nas fontes de energia renovável. Ademais, ela pode ser utilizada no gerenciamento da demanda, o que otimiza o consumo de energia por meio de redes inteligentes e dispositivos conectados, permitindo modelos de preços mais dinâmicos e resposta à demanda em tempo real. Além disso, a IA é capaz de desempenhar um papel na otimização da rede, melhorando os processos de despacho de energia e garantindo o uso eficiente dos recursos nos períodos de alta demanda. E, ainda, tem o potencial de reduzir o uso de energia em edifícios residenciais e comerciais, por exemplo, pela otimização da orientação do edifício para ganhos de calor solar, previsão precisa das necessidades de energia e calor e maximização da integração de energia renovável. Também, ela pode contribuir para a economia de energia no setor industrial, apoiando análises de dados operacionais, otimizando os processos de produção e melhorando a eficiência energética geral. Por fim, a IA pode melhorar a confiabilidade de redes elétricas ao identificar rapidamente necessidades de manutenção. Em Barbados, Maurício e Seychelles, a IA já desempenha um papel no gerenciamento de microrredes que distribuem energia de forma eficiente em redes locais. A incorporação da IA nesses sistemas permitiu que esses países otimizassem os fluxos de energia, reduzindo a necessidade de energia baseada em combustíveis fósseis e apoiando a transição para fontes de energia limpa.

GERENCIAMENTO DE TRANSPORTES

A IA oferece uma variedade de soluções para otimizar os sistemas de transporte e reduzir suas pegadas de carbono. Os sistemas de gerenciamento de tráfego alimentados por IA e os planejadores de rotas pessoais usam dados em tempo real de sensores, câmeras e dispositivos de Sistema de Posicionamento Global (GPS) para monitorar o fluxo de tráfego e ajustar os sinais de trânsito dinamicamente. Por exemplo, a IA pode melhorar o fluxo de tráfego, prever congestionamentos e otimizar rotas, reduzindo, assim, as emissões decorrentes de paradas prolongadas e desvios desnecessários. Os algoritmos de IA, usufruindo de dados abrangentes sobre padrões de tráfego, demanda de passageiros e condições climáticas, podem reduzir significativamente as emissões e aumentar a eficiência dos sistemas de transporte, resultando em economias de custo substanciais, diminuição das emissões de GEE e um setor de transporte mais sustentável.

MRV E MERCADOS DE CARBONO

A IA pode desempenhar um papel importante no aprimoramento da implementação de padrões robustos de certificação de créditos de carbono, automatizando o MRV de projetos de sequestro de carbono, como iniciativas de reflorestamento e mudança no uso da terra. Os sistemas alimentados por IA analisam dados de satélite e avaliam as práticas de uso da terra para apoiar a quantificação precisa do armazenamento de carbono. Isso pode reforçar a transparência e a eficiência em mercados de carbono ao fornecer informações em tempo real sobre os resultados alcançados. A capacidade da IA de simplificar os processos de MRV pode ajudar países a participar do comércio global de carbono e, potencialmente, aumentar seu acesso ao financiamento climático. Embora alguns usos tenham sido testados em relação aos mercados de carbono, a extensão em que os sistemas alimentados por IA podem ser aplicados para os mercados de carbono depende dos requisitos legais, regulatórios e normativos de cada mercado.

Conquanto esses exemplos demonstrem o potencial da IA no apoio à ação climática, alguns deles também oferecem percepções a respeito da importância de garantir que as tecnologias de IA sejam acessíveis, contextualmente relevantes e implementadas de forma a considerar as condições e capacidades locais.

A capacidade da IA de simplificar os processos de MRV pode ajudar países a participar do comércio global de carbono e, potencialmente, aumentar seu acesso ao financiamento climático.

Desafios e riscos

Figura 3 - DESAFIOS E RISCOS ASSOCIADOS À IA



Fonte: elaboração própria.

Os sistemas de IA, se não forem projetados com a inclusão em mente, podem perpetuar involuntariamente os preconceitos e as desigualdades sociais existentes na ação climática. Por exemplo, os modelos de IA treinados em conjuntos de dados enviesados podem ignorar ou deturpar as necessidades climáticas das mulheres e das comunidades marginalizadas (...).

BRECHA DIGITAL

A brecha digital permanece sendo uma lacuna substancial entre os países em desenvolvimento e os desenvolvidos, bem como dentro dos países, entre as comunidades vulneráveis e rurais e os centros bem conectados. Em especial, a falta de acesso à infraestrutura energética e digital, como redes elétricas confiáveis, Internet, armazenamento de dados e capacidade de computação, limita muito o uso da IA para ações climáticas em áreas remotas e carentes. Ademais, a escassez de conhecimento técnico e a ausência de sistemas robustos de gerenciamento de dados e de políticas nacionais que promovam a inovação endógena podem ser fatores que dificultam ainda mais o desenvolvimento, a implantação e a eficácia das soluções de IA nesses países.

DISPONIBILIDADE E ACESSO A DADOS

As soluções de IA dependem muito de dados abrangentes e de alta qualidade. No entanto muitos países menos desenvolvidos e pequenos Estados insulares em desenvolvimento enfrentam lacunas significativas na infraestrutura de dados, o que leva a uma escassez de dados confiáveis relevantes para o clima. Os sistemas limitados de coleta de dados, a incapacidade de digitalizar dados impressos, as estruturas inadequadas de compartilhamento de dados e a integração deficiente entre conjuntos de dados locais e globais agravam esse problema. A disponibilidade de dados pode estar correlacionada ainda ao *status* demográfico e socioeconômico, criando um efeito composto com outras fontes de viés. Além disso, os países em desenvolvimento podem não ter recursos financeiros para acessar satélites ou imagens hiperspectrais de alta resolução, que são essenciais para a criação de modelos precisos de IA para algumas finalidades.

SEGURANÇA DE DADOS

A segurança de dados é uma preocupação crescente à medida que a IA se dissemina. Os vastos e complexos conjuntos de dados usados em modelos relevantes para o clima orientados por IA, incluindo informações confidenciais sobre condições ambientais, recursos nacionais e comunidades vulneráveis, correm cada vez mais riscos de ataques cibernéticos e acesso não autorizado. A proteção desses conjuntos de dados é essencial, pois qualquer violação ou adulteração pode levar ao uso indevido de informações, o que acarretaria prejuízo no que tange aos esforços de ação climática.

VIÉS DE GÊNERO E DESIGUALDADES SOCIAIS

Os sistemas de IA, se não forem projetados com a inclusão em mente, podem perpetuar involuntariamente os preconceitos e as desigualdades sociais existentes na ação climática. Por exemplo, os modelos de IA treinados em conjuntos de dados enviesados podem ignorar ou deturpar as necessidades climáticas das mulheres e das comunidades marginalizadas, resultando em soluções que não abordem seus desafios específicos relacionados ao clima, como o acesso a recursos ou a preparação para desastres. Isso pode exacerbar as vulnerabilidades existentes em regiões ou comunidades sensíveis ao clima, onde esses grupos, geralmente, sofrem as consequências dos impactos climáticos. Conforme a IA torna-se mais

integrada à resposta a desastres, ao gerenciamento de recursos e ao monitoramento ambiental, surge o risco de que esses sistemas possam aprofundar as divisões sociais existentes caso não sejam cuidadosamente monitorados e adaptados.

CONSUMO DE ENERGIA E ÁGUA

Os sistemas de IA, especialmente aqueles alimentados por aprendizado profundo e grandes modelos de linguagem (LLM), consomem muita energia. Embora alguns estudos destaquem as crescentes demandas de recursos da IA, sua contribuição atual para as emissões globais de GEE é mínima, em torno de 0,01%, e, mesmo com o rápido crescimento, não se espera que a pegada operacional da IA tenha um impacto significativo nas emissões de GEE em breve (Luers et al., 2024). Prever a energia a longo prazo e o uso de recursos da IA é um desafio devido à rápida evolução do setor, e projeções simples baseadas em tendências passadas, geralmente, desprezam fatores sociais, econômicos e tecnológicos importantes, por isso, levando a previsões imprecisas (Masanet et al., 2020) (Chen et al., 2024). Além disso, o foco exclusivo nas emissões indiretas da IA pode ignorar seu potencial para impulsionar soluções climáticas. De qualquer forma, é importante reconhecer o grau de incerteza ao separar as emissões de IA daquelas produzidas pelos *data centers* e pela transmissão de dados.

Atualmente, estima-se que as emissões dos *data centers* e da transmissão de dados sejam responsáveis por aproximadamente 0,6% das emissões globais (International Energy Agency [IEA], n.d.). Embora seja improvável que a IA resulte em aumentos significativos, a curto prazo, nas emissões de GEE, o desenvolvimento de políticas pode beneficiar-se de cenários que quantifiquem os possíveis efeitos climáticos, a longo prazo, da expansão da IA de acordo com várias suposições – o que pode ajudar a garantir que o crescimento futuro da IA seja gerenciado de forma sustentável e consciente quanto às problemáticas do clima.

Além da demanda de energia, as operações de *data centers* exigem quantidades significativas de água para fins de resfriamento. Algumas estimativas, como a da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), avaliam que o consumo de água pela IA será de 6,6 bilhões de m³ de água até o ano de 2027 (Ren, 2023). Devido à natureza local dos impactos do consumo e da extração de água, a localização da infraestrutura e a fonte da água utilizada podem aumentar a pressão sobre os recursos hídricos em comunidades vulneráveis em que a escassez de água é, ou será, no futuro, um problema crítico.

Os esforços para enfrentar esses desafios já estão em andamento. Algoritmos de IA com eficiência energética estão sendo desenvolvidos para reduzir a carga computacional necessária aos modelos de IA. Da mesma forma, o *hardware* também se tornou mais eficiente, com os *data centers* recorrendo cada vez mais a fontes de energia renováveis para alimentar suas operações. As inovações nas tecnologias de resfriamento, igualmente, visam diminuir o uso hídrico nos *data centers*, como o uso de sistemas de resfriamento a ar ou de água reciclada em vez de água doce. Além disso, melhorar a padronização na medição do consumo energético da IA e promover a divulgação de informações relevantes ajudam a reduzir incertezas e aumentar a responsabilização em todo o setor.

Atualmente, estima-se que as emissões dos *data centers* e da transmissão de dados sejam responsáveis por aproximadamente 0,6% das emissões globais (...). Além da demanda de energia, as operações de *data centers* exigem quantidades significativas de água para fins de resfriamento.

APLICAÇÕES DE IA QUE AUMENTAM OS RISCOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A IA pode ser usada em aplicações que beneficiam a ação climática, bem como em aplicações que aumentam os riscos das mudanças climáticas. Por exemplo, a IA vem sendo aproveitada para aprimorar a exploração e a extração de combustíveis fósseis, contradizendo diretamente os esforços globais de transição para a energia renovável. Além disso, a IA desempenha um papel central na publicidade direcionada que perpetua o consumismo e incentiva comportamentos insustentáveis, aumentando a demanda por produtos e serviços que contribuem para as mudanças climáticas. Inclusive, os sistemas de IA estão sendo cada vez mais utilizados para ampliar a disseminação de desinformação e de informações incorretas sobre o clima, dificultando ainda mais os esforços para enfrentar os desafios da mudança climática.

Referências

- Chen, C., Nguyen, D.T., Lee, S.J., Baker, N.A., Karakoti, A.S., Lauw, L., Owen, C., Mueller, K.T., Bilodeau, B.A., Murugesan, V., & Troyer, M. (2024). Accelerating computational materials discovery with artificial intelligence and cloud high-performance computing: From large-scale screening to experimental validation. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.04070>
- Luers, A., Koomey, J., Masanet, E., Gaffney, O., Creutzig, F., Lavista Ferres, J., & Horvitz, E. (2024). Will AI accelerate or delay the race to net-zero emissions? *Nature*, 628, 718-720. <https://www.nature.com/articles/d41586-024-01137-x>
- Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates: Growth in energy use has slowed owing to efficiency gains that smart policies can help maintain in the near term. *Science*, 367(6481), 984-986. <https://doi.org/10.1126/science.aba3758>
- International Energy Agency. (n.d.). *Data Centres and Data Transmission Networks* [CO2 emissions Indicators]. <https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>
- Ren, S. (2023). How much water does AI consume? The public deserves to know. *OECD.AI*. <https://oecd.ai/en/wonk/how-much-water-does-ai-consume>
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domish, S., Felländer, A., Langhans, S. D., Tegmark, M., & Nerini, F. F. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Communications*, 11(233). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>

Entrevista II

Modelos climáticos, Inteligência Artificial e Amazônia

Nesta entrevista, Paulo Artaxo, professor do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), analisa o papel da Inteligência Artificial (IA) nas questões climáticas e comenta os desafios e avanços necessários nos modelos climáticos e a importância estratégica da Amazônia nas dinâmicas globais.

Panorama Setorial da Internet (P.S.I.) *Em sua opinião, estamos próximos de uma nova revolução na forma de produzir conhecimento sobre o clima, a partir da IA? Que futuro vislumbra para as pesquisas sobre mudanças climáticas nos próximos anos?*

Paulo Artaxo (P.A.) Não, nós não estamos fazendo uma revolução com a entrada da IA. A IA é mais uma auxiliar na construção de modelos climáticos, na interpretação de dados de observação e na integração entre modelos e medidas. Não é uma revolução. Você tem de encarar a IA da maneira correta, como ela é. Ela não vai resolver todos os problemas da humanidade, como muita gente que trabalha com IA sugere.

Do ponto de vista de futuras transformações nas pesquisas sobre mudanças climáticas, eu acredito que o próximo passo será haver modelos climáticos que levem em conta não só a física, a química e a biologia do clima, mas também, de maneira integrada, as estratégias socioeconômicas, as questões políticas e as questões em torno das decisões de cada governo em relação às mudanças, particularmente, na transição energética. É importante também incluir os feedbacks que o sistema geral, o sistema de manutenção do clima do nosso planeta, tem sobre o próprio clima. Esses feedbacks são muito complexos: eles não são levados em conta ainda hoje e vão ser, basicamente, o cerne dos modelos da nova geração de modelos que devem surgir na próxima década.

P.S.I. *Por que a Amazônia é um locus fundamental para as discussões sobre mudanças climáticas?*

P.A. A Amazônia é realmente uma questão fundamental nas mudanças climáticas, por várias razões. Primeiro, a Amazônia é um gigantesco reservatório de carbono, da ordem de 120 bilhões de toneladas. A emissão desse carbono — armazenado no ecossistema amazônico — para a atmosfera global pode, efetivamente, agravar os cenários climáticos de maneira muito significativa. Além disso, a Amazônia é um gigantesco alimentador de vapor de água para o sistema climático global. Muito do ciclo hidrológico depende das emissões de florestas tropicais, como a Amazônia,



Foto: Ricardo Matsukawa

Paulo Artaxo
Professor do IFUSP

"A dificuldade de acesso à região amazônica torna o conhecimento do funcionamento básico da floresta, a interação entre a floresta e a atmosfera e o ciclo hidrológico um desafio enorme. (...) Contamos com o sensoriamento remoto, que são sensores em satélites bastante avançados, mas eles obviamente não conseguem responder a todas as perguntas."

e isso é crítico para o clima, inclusive para o clima na América do Sul e no Brasil Central. Por último, a Amazônia também é importante porque contém uma fração enorme da biodiversidade do nosso planeta, e essa biodiversidade é essencial para a manutenção da vida no planeta como a conhecemos. Portanto, a Amazônia é, sim, absolutamente estratégica na questão das mudanças climáticas globais.

P.S.I._ O que torna a Floresta Amazônica um desafio particular para pesquisas científicas e como as tecnologias digitais e, em especial, a IA estão ajudando a superar esse desafio no campo científico?

P.A._ A dificuldade de acesso à região amazônica torna o conhecimento do funcionamento básico da floresta, a interação entre a floresta e a atmosfera e o ciclo hidrológico um desafio enorme. Quer dizer, a maior parte da Floresta Amazônica ainda é inacessível para instrumentos que possam, por exemplo, monitorar o estado da própria floresta. Contamos com o sensoriamento remoto, que são sensores em satélites bastante avançados, mas eles obviamente não conseguem responder a todas as perguntas. Por exemplo, a questão relacionada aos nutrientes no solo, a questão relacionada ao que acontece abaixo do dossel da floresta, e assim por diante. Então, a Amazônia é, sim, um desafio do ponto de vista de pesquisas científicas.

Sobre a questão da IA: ela pode ajudar, mas de uma maneira muito limitada nessa questão particular. O acesso à Internet por satélite, que é relativamente recente, é um avanço importante porque proporciona acesso à Internet e à Web como um todo para regiões remotas da Amazônia, o que ajuda bastante.

P.S.I._ O avanço acelerado da IA traz enormes oportunidades, mas também novas incertezas. Quais são suas maiores preocupações em relação ao futuro da ciência climática e da preservação ambiental?

P.A._ Não há dúvidas de que a IA também traz muitas incertezas sobre o futuro da humanidade como um todo. Um deles é: quem vai controlar os algoritmos que, essencialmente, constituem o cerne da IA? Quer dizer, hoje, as grandes companhias como Microsoft e Facebook, dominam completamente os principais mecanismos de acesso à IA. Isso representa um risco muito grande para as sociedades como um todo. É um risco social, econômico e, em todos os aspectos, até de segurança nacional. Então, eu acredito que, enquanto não resolvermos essa questão da democratização do acesso à IA, tirando da mão de pouquíssimas pessoas (como ela é hoje), realmente vai continuar sendo muito mais uma ameaça à nossa sociedade do que, propriamente, uma possibilidade para que ela possa, de fato, ser uma oportunidade. Temos de democratizar esse acesso, temos de fazer esse acesso universal; com uma boa regulamentação pelo Estado de cada país, talvez ela possa realmente deixar de ser uma ameaça e possa ser um avanço significativo.

Relatório de Domínios

A dinâmica dos registros de domínios no Brasil e no mundo

O Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), departamento do Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br), monitora mensalmente o número de nomes de domínios de topo de código de país (*country code Top-Level Domain* [ccTLD]) registrados entre os países que compõem a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e o G20¹⁶. Considerados os membros de ambos os blocos, as 20 nações com maior atividade somam mais de 96,49 milhões de registros. Em junho de 2025, os domínios registrados sob .de (Alemanha) chegaram a 17,59 milhões. Em seguida, aparecem China (.cn), Reino Unido (.uk) e Países Baixos (.nl), com, respectivamente, 11,97 milhões, 8,87 milhões e 6,11 milhões de registros. O Brasil teve 5,47 milhões de registros sob .br, ocupando a sexta posição na lista, como mostra a Tabela 1¹⁷.

¹⁶ Grupo composto pelas 19 maiores economias mundiais e a União Europeia. Saiba mais: <https://g20.org/>

¹⁷ A tabela apresenta a contagem de domínios ccTLD segundo as fontes indicadas. Os valores correspondem ao registro publicado por cada país, tomando como base os membros da OCDE e do G20. Para países que não disponibilizam uma estatística oficial fornecida pela autoridade de registro de nomes de domínios, a contagem foi obtida em: <https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts>. É importante destacar que há variação no período de referência, embora seja sempre o mais atualizado para cada localidade. A análise comparativa de desempenho de nomes de domínios deve considerar ainda os diferentes modelos de gestão de registros ccTLD. Assim, ao observar o ranking, é preciso atentar para a diversidade de modelos de negócio existentes.

/Panorama Setorial da Internet

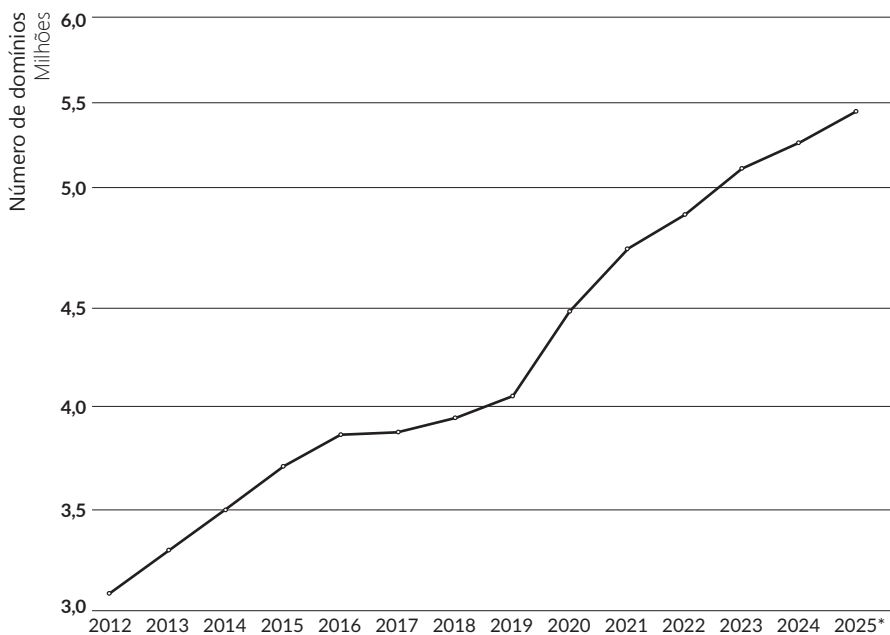
Tabela 1 – TOTAL DE REGISTROS DE NOMES DE DOMÍNIOS ENTRE OS PAÍSES DA OCDE E DO G20

Posição	País	Número de domínios	Data de referência	Fonte (website)
1	Alemanha (.de)	17.596.660	01/07/2025	https://www.denic.de
2	China (.cn)	11.972.389	01/07/2025	https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/
3	Reino Unido (.uk)	8.873.968	30/06/2025	https://www.nominet.uk/news/reports-statistics/uk-register-statistics-2025/
4	Países Baixos (.nl)	6.112.072	01/07/2025	https://stats.sidnlabs.nl/en/registration.html
5	Rússia (.ru)	5.937.740	01/07/2025	https://cctld.ru
6	Brasil (.br)	5.474.691	30/06/2025	https://registro.br/dominio/estatisticas/
7	França (.fr)	4.250.850	30/06/2025	https://www.afnic.fr/en/observatory-and-resources/statistics/
8	Austrália (.au)	4.165.543	01/07/2025	https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/
9	União Europeia (.eu)	3.613.990	01/07/2025	https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/
10	Itália (.it)	3.512.779	30/06/2025	https://stats.nic.it/domain/growth
11	Canadá (.ca)	3.440.744	01/07/2025	https://www.cira.ca
12	Colômbia (.co)	3.380.580	01/07/2025	https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/
13	Índia (.in)	3.156.984	01/07/2025	https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/
14	Suíça (.ch)	2.570.213	15/06/2025	https://www.nic.ch/statistics/domains/
15	Polônia (.pl)	2.504.441	01/07/2025	https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/
16	Estados Unidos da América (.us)	2.368.858	01/07/2025	https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/
17	Espanha (.es)	2.125.687	31/05/2025	https://www.dominios.es/es/sobre-dominios/estadisticas
18	Portugal (.pt)	2.008.878	01/07/2025	https://www.dns.pt/en/statistics/
19	Japão (.jp)	1.804.964	01/07/2025	https://jprs.co.jp/en/stat/
20	Bélgica (.be)	1.626.638	01/07/2025	https://research.domaintools.com/statistics/tld-counts/

Data de coleta: 01 de julho de 2025.

O Gráfico 1 apresenta o desempenho do .br desde o ano de 2012.

Gráfico 1 – TOTAL DE REGISTROS DE DOMÍNIOS DO .BR – 2012 a 2025*



*Data de coleta: 30 de junho de 2025.
Fonte: Registro.br
Recuperado de: <https://registro.br/dominio/estatisticas>

Em junho de 2025, os cinco principais domínios genéricos (*generic Top-Level Domain* [gTLD]) totalizaram mais de 188,07 milhões de registros. Com 155,60 milhões de registros, destaca-se o .com, conforme apontado na Tabela 2.

Tabela 2 – TOTAL DE REGISTROS DE DOMÍNIOS DOS PRINCIPAIS gTLD

Posição	gTLD	Número de domínios
1	.com	155.606.893
2	.net	12.346.211
3	.org	11.216.967
4	.xyz	4.582.843
5	.info	4.322.197

Data de coleta: 01 de julho de 2025.
Fonte: DomainTools.com
Recuperado de: research.domaintools.com/statistics/tld-counts

/Tire suas dúvidas

PARA ONDE VÃO OS RESÍDUOS ELETRÔNICOS?

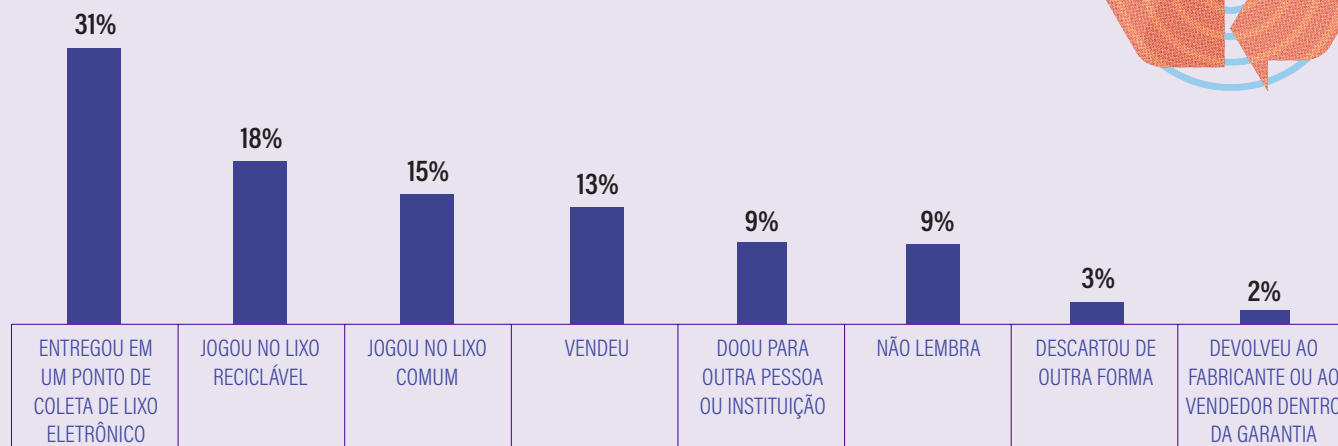
O *Global E-waste Monitor 2024*, publicado pela União Internacional de Telecomunicações (UIT) e pelo Instituto das Nações Unidas para Formação e Pesquisa (Unitar), revelou que, em 2022, o volume global de resíduos eletrônicos atingiu o recorde de 62 bilhões de quilos. Desse total de resíduos eletrônicos, apenas 22,3% foram formalmente coletados e reciclados de maneira ambientalmente adequada.¹⁸

No Brasil, o estudo *Painel TIC: Pesquisa online com usuários de Internet no Brasil – perspectivas sobre o descarte de resíduos eletrônicos*, do Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br) do Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br), apontou que 25% dos usuários de Internet com 16 anos ou mais – mais de 28 milhões de pessoas – descartaram um aparelho de telefone celular nos 12 meses anteriores à pesquisa. Essa incidência de descarte chega à 38% entre as pessoas com maior poder aquisitivo (classe A).¹⁹

O estudo sugere que podemos intensificar debates e ações voltadas à coleta e à reciclagem ambientalmente adequadas. O gráfico abaixo revela o destino dado aos celulares descartados no Brasil nesse período.

Destinação dos telefones celulares descartados no Brasil²⁰

Total de usuários de Internet com 16 anos ou mais que descartaram telefone celular nos 12 meses anteriores à pesquisa (%)



¹⁸ Informações adaptadas da publicação *Global E-waste Monitor 2024*, da UIT em parceria com a Unitar. Disponível em: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/12/GEM_2024_EN_11_NOV-web.pdf

¹⁹ Informações adaptadas da pesquisa *Painel TIC: Pesquisa online com usuários de Internet no Brasil – perspectivas sobre o descarte de resíduos eletrônicos*, do Cetic.br | NIC.br. Disponível em: <https://cetic.br/pt/publicacao/painel-tic-pesquisa-online-com-usuarios-de-internet-no-brasil-perspectivas-sobre-o-descarte-de-residuos-eletronicos/>

²⁰ Dados da pesquisa *Painel TIC: Pesquisa online com usuários de Internet no Brasil – perspectivas sobre o descarte de resíduos eletrônicos*, do Cetic.br | NIC.br. Disponível em: <https://cetic.br/pt/publicacao/painel-tic-pesquisa-online-com-usuarios-de-internet-no-brasil-perspectivas-sobre-o-descarte-de-residuos-eletronicos/>

/Créditos

REDAÇÃO

RELATÓRIO DE DOMÍNIOS

Thiago Meireles (Cetic.br | NIC.br)

INFOGRAFIA

Thiago Planchart e Giuliano Galves
(Comunicação | NIC.br)

DIAGRAMAÇÃO

Grappa Marketing Editorial

EDIÇÃO DE TEXTO EM PORTUGUÊS

Érica Santos Soares de Freitas

TRADUÇÃO INGLÊS-PORTUGUÊS

Prioridade Consultoria Ltda.: Isabela Ayub,
Lorna Simons, Luana Guedes, Luísa Caliri e
Maya Bellomo Johnson

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Alexandre F. Barbosa, Graziela Castello, Javiera F.
M. Macaya, Rodrigo Brandão e Mariana Galhardo
Oliveira (Cetic.br | NIC.br)

AGRADECIMENTOS

Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho (Poli-USP)
Ana Toni (COP30)
Comitê Executivo de Tecnologia para as Mudanças
Climáticas da Organização das Nações Unidas
Paulo Artaxo (IFUSP)

SOBRE O CETIC.br

O Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação – Cetic.br (<https://www.cetic.br/>), departamento do NIC.br, é responsável pela produção de estudos e estatísticas sobre o acesso e o uso da Internet no Brasil, divulgando análises e informações periódicas sobre o desenvolvimento da rede no país. O Cetic.br atua sob os auspícios da UNESCO.

SOBRE O NIC.br

O Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR – NIC.br (<https://nic.br/>) é uma entidade civil de direito privado e sem fins de lucro, encarregada da operação do domínio .br, bem como da distribuição de números IP e do registro de Sistemas Autônomos no país. Conduz ações e projetos que trazem benefícios à infraestrutura da Internet no Brasil.

SOBRE O CGI.br

O Comitê Gestor da Internet no Brasil – CGI.br (<https://cgi.br/>), responsável por estabelecer diretrizes estratégicas relacionadas ao uso e desenvolvimento da Internet no Brasil, coordena e integra todas as iniciativas de serviços Internet no país, promovendo a qualidade técnica, a inovação e a disseminação dos serviços ofertados.

*As ideias e opiniões expressas nos textos dessa publicação são as dos respectivos autores e não refletem necessariamente as do NIC.br e do CGI.br.



unesco

Centro
sob os auspícios
da UNESCO

cetic.br

Centro Regional
de Estudos para o
Desenvolvimento
da Sociedade
da Informação

nic.br

Núcleo de Informação
e Coordenação do
Ponto BR

cgi.br

Comitê Gestor da
Internet no Brasil

CREATIVE COMMONS

Atribuição
Não Comercial
(by-nc)



ISSN - 2965-2642



POR UMA INTERNET CADA VEZ MELHOR NO BRASIL

CGI.BR, MODELO DE GOVERNANÇA MULTISSETORIAL

<https://cgi.br>

nic.br cgi.br