

O Brasil tem energia.

Quem capturará o valor produzido por ela?

Energia elétrica, inteligência artificial e soberania tecnológica na nova economia computacional

Jandislei Antonio Genova

Preprint autoral independente · Ensaio técnico-acadêmico · Versão 1.0 · 14 de agosto de 2026 · Não revisado por pares

RESUMO

Este ensaio examina se a vantagem elétrica brasileira pode ser convertida em capacidade tecnológica e econômica na expansão da inteligência artificial. Adota-se abordagem analítico-documental e bibliográfica, com corpus encerrado em 14 de agosto de 2026, composto pelo Balanço Energético Nacional 2026, pelo Plano Decenal de Expansão de Energia 2035, pelo relatório Energy and AI da Agência Internacional de Energia e por literatura sobre soberania digital, interdependência assimétrica e cadeias globais de valor. Em 2025, o Brasil alcançou 260,979 GW de capacidade elétrica instalada e 86,8% de renovabilidade na matriz elétrica. Paralelamente, a demanda elétrica associada a data centers cresce globalmente e já é tratada pela EPE como carga especial no planejamento decenal. O argumento central é que abundância e renovabilidade da eletricidade constituem condição favorável, mas não suficiente, para soberania tecnológica. Para evitar equivalência indevida entre receber infraestrutura e capturar valor, o texto define operacionalmente captura de valor e soberania tecnológica funcional e propõe um quadro de cinco camadas: energia, infraestrutura computacional, ativos digitais, capacidades de conhecimento e capacidade institucional. Conclui-se que a posição estratégica do país deve ser avaliada não apenas pelos megawatts ou investimentos recebidos, mas também pelas capacidades científicas, tecnológicas, econômicas e decisórias que permanecem internalizadas.

Palavras-chave: energia elétrica; inteligência artificial; data centers; soberania tecnológica; infraestrutura computacional; Brasil.

ABSTRACT

This essay examines whether Brazil's electricity advantage can be converted into technological and economic capacity amid the expansion of artificial intelligence. It adopts an

analytical, documentary, and bibliographic approach, with a corpus closed on 14 August 2026 comprising Brazil's National Energy Balance 2026, the Ten-Year Energy Expansion Plan 2035, the International Energy Agency's Energy and AI report, and scholarship on digital sovereignty, asymmetric interdependence, and global value chains. In 2025, Brazil reached 260.979 GW of installed electricity capacity and an 86.8% renewable share in its electricity mix. At the same time, electricity demand from data centres is growing globally and is already treated by Brazilian energy planning as a special load. The central argument is that abundant and highly renewable electricity is a favourable but insufficient condition for technological sovereignty. To avoid equating infrastructure hosting with domestic value capture, the essay operationally defines value capture and functional technological sovereignty and proposes a five-layer analytical framework covering energy, computing infrastructure, digital assets, knowledge capabilities, and institutional capacity. It concludes that Brazil's strategic position should be assessed not only by megawatts or investment inflows, but also by the scientific, technological, economic, and decision-making capabilities retained domestically.

Keywords: electricity; artificial intelligence; data centres; technological sovereignty; computing infrastructure; Brazil.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ingressa na expansão da inteligência artificial com uma combinação pouco trivial: escala elétrica, alta participação renovável e potencial de expansão de fontes solar e eólica. Essa condição pode adquirir valor estratégico em uma economia na qual capacidade computacional, centros de dados e serviços de nuvem dependem de volumes crescentes de eletricidade. O problema, entretanto, não se resolve pela disponibilidade física do insumo.

Em 2025, a capacidade elétrica instalada brasileira alcançou 260,979 GW, crescimento de 10,4% em relação a 2024. A matriz elétrica manteve 86,8% de renovabilidade, mesmo com redução da geração hidráulica e maior participação de geração a gás natural. Esses indicadores colocam o país diante de uma oportunidade, mas não demonstram, por si, que o valor econômico e tecnológico produzido sobre essa base energética permanecerá no território nacional (EPE, 2026).

A pergunta que orienta este ensaio é, portanto: em que condições uma vantagem elétrica pode ser convertida em capacidade tecnológica, econômica e decisória, em vez de funcionar apenas como insumo para infraestruturas cuja propriedade intelectual, governança, capital e poder de decisão se concentram fora do país?

A tese é deliberadamente limitada. Energia abundante e com alta participação renovável constitui uma condição favorável para a economia computacional, mas não é condição suficiente para soberania tecnológica. O resultado estratégico depende das capacidades que o país consegue internalizar ou preservar ao longo da cadeia: infraestrutura física, conhecimento, propriedade intelectual, governança de dados, capacidade de auditoria, diversificação de fornecedores e possibilidade real de substituição.

2 MÉTODO, RECORTE E ESTATUTO DAS PROPOSIÇÕES

O trabalho adota a forma de ensaio técnico-acadêmico de natureza analítico-documental e bibliográfica. O corpus foi encerrado em 14 de agosto de 2026. No plano descritivo, utilizam-se fontes oficiais primárias: o Balanço Energético Nacional 2026 (BEN 2026), o caderno Demanda de Eletricidade do Plano Decenal de Expansão de Energia 2035 (PDE 2035) e o relatório Energy and AI, da International Energy Agency (IEA). No plano conceitual, o ensaio mobiliza literatura sobre soberania digital e tecnológica, interdependência assimétrica e governança de cadeias globais de valor (COUTURE; TOUPIN, 2019; FARRELL; NEWMAN, 2019; POHLE; THIEL, 2020; GEREFFI; HUMPHREY; STURGEON, 2005).

Não se realiza análise econométrica da atratividade de data centers no Brasil, avaliação de projetos empresariais específicos, comparação tarifária internacional nem modelagem de custos de transmissão, água, fibra óptica, incentivos fiscais ou semicondutores. Tampouco se afirma relação causal automática entre alta renovabilidade e atração de investimento. O objetivo é mais restrito: separar dados verificados, inferências analíticas e proposições estratégicas, construindo um quadro que permita avaliar se a expansão da infraestrutura computacional aumenta capacidades domésticas ou apenas amplia dependências.

Neste ensaio, captura de valor designa operacionalmente a parcela dos benefícios econômicos, tecnológicos e institucionais que permanece internalizada no país: renda e investimentos, capacidades produtivas, conhecimento, pesquisa e desenvolvimento, propriedade intelectual, capital humano, infraestrutura crítica e poder de decisão. A expressão não presume que todo investimento estrangeiro produza perda de valor, nem que a internalização integral seja desejável ou possível.

Soberania tecnológica funcional é empregada como categoria analítica, e não como pretensão de autarquia ou como criação de um direito fundamental autônomo. Refere-se à capacidade suficiente para compreender, desenvolver, auditar, negociar, diversificar,

substituir e decidir sobre infraestruturas tecnológicas das quais funções estratégicas passam a depender. A literatura mostra que "soberania digital" é conceito disputado e empregado em sentidos distintos de controle, independência e autonomia; por isso, a delimitação funcional é necessária (COUTURE; TOUPIN, 2019; POHLE; THIEL, 2020).

Quadro 1 - Estatuto das proposições

Tipo	Conteúdo	Tratamento no ensaio
Descritiva	Capacidade instalada, renovabilidade, geração por fonte, projeções de demanda	Sustentada por EPE/IEA; não é inferida pelo autor.
Analítica	Vantagem elétrica não implica captura automática de valor	Inferência apoiada em literatura sobre cadeias globais, soberania digital e interdependência assimétrica.
Normativa/estratégica	Projetos devem ser avaliados também pelas capacidades que permanecem no país	Proposição do ensaio; não é apresentada como obrigação jurídica vigente nem como resultado empírico já comprovado.

Fonte: elaboração do autor.

3 A VANTAGEM ELÉTRICA BRASILEIRA: ESCALA, RENOVABILIDADE E LIMITES

Segundo o BEN 2026, a capacidade instalada disponível em 2025 alcançou 260,979 GW. Desse total, 110,237 GW correspondiam à fonte hidrelétrica, 64,793 GW à solar, 49,252 GW às térmicas, 34,707 GW à eólica e 1,990 GW à nuclear. A EPE registra crescimento de 10,4% da capacidade total em relação a 2024, com expansão de 33,7% na solar e de 17,5% na eólica. A categoria térmica não é sinônimo de geração fóssil: na classificação da EPE, inclui biomassa, gás natural, petróleo e carvão mineral. Os dados de capacidade também incluem micro e minigeração distribuídas (EPE, 2026, p. 51).

A capacidade instalada, contudo, não deve ser confundida com a composição da oferta interna de energia elétrica. Em 2025, as fontes renováveis responderam por 86,8% da matriz elétrica brasileira. Eólica e solar fotovoltaica, juntas, representaram 26,4% da geração total de eletricidade; a geração eólica atingiu 116,5 TWh e a solar fotovoltaica, 88,1 TWh (EPE, 2026, p. 7, 35, 43).

O quadro não autoriza triunfalismo. A renovabilidade recuou de 88,2% em 2024 para 86,8% em 2025. A EPE associa a redução à menor geração hidráulica nacional e à menor importação de eletricidade de Itaipu, combinadas com maior geração a gás natural. No mesmo período, a geração hidráulica caiu 4,8%, enquanto a expansão eólica e solar ajudou a manter elevado o grau de renovabilidade (EPE, 2026, p. 7, 35).

A consequência analítica é importante: o Brasil possui uma vantagem elétrica real, mas ela é condicionada por disponibilidade hídrica, expansão e estabilidade das redes, transmissão, armazenamento, flexibilidade operativa e localização das novas cargas. Portanto, não basta observar o volume total de gigawatts; é preciso examinar a capacidade do sistema de atender cargas intensivas, concentradas e crescentes sem transferir custos ou riscos desproporcionais para a segurança energética.



Figura 1 - Capacidade elétrica instalada brasileira em 2025 e indicador de renovabilidade da matriz elétrica. Elaboração autoral com base no BEN 2026/EPE.

4 DA ENERGIA À COMPUTAÇÃO: A NOVA CARGA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A expansão dos data centers altera a relação entre infraestrutura digital e sistema elétrico. A IEA estima que o consumo global de eletricidade por data centers tenha sido de aproximadamente 415 TWh em 2024, cerca de 1,5% do consumo mundial. No cenário-base

do relatório Energy and AI, esse consumo pode chegar a aproximadamente 945 TWh em 2030, crescimento médio próximo de 15% ao ano (IEA, 2025).

A inteligência artificial é um dos principais vetores dessa expansão. A IEA projeta crescimento anual de aproximadamente 30% no consumo dos servidores acelerados, cuja adoção é impulsionada sobretudo por aplicações de IA; esses servidores respondem por quase metade do aumento líquido projetado do consumo elétrico dos data centers até 2030 (IEA, 2025). O relatório também ressalta que, diferentemente de cargas mais dispersas, data centers tendem a concentrar demanda em locais específicos, o que pode criar desafios relevantes de integração à rede.

O planejamento brasileiro já incorporou essa mudança. O PDE 2035 trata veículos elétricos, data centers e projetos de hidrogênio por eletrólise como "cargas especiais" nos três cenários. A EPE registra crescente solicitação de estudos de acesso à rede básica para projetos de data centers e de hidrogênio. No cenário de referência, o conjunto dessas cargas especiais representa 1,4% do consumo agregado das classes em 2035; no cenário superior, chega a 12,9%, principalmente em razão de projetos de data centers e hidrogênio relacionados a oportunidades internacionais (EPE, 2025, p. 16).

Os números não provam que o Brasil se converterá em polo mundial de data centers, nem quantificam o benefício líquido dessa expansão. Demonstram algo mais modesto e relevante: a demanda computacional já deixou de ser um tema externo ao planejamento energético brasileiro. A discussão sobre inteligência artificial passa, assim, a alcançar rede elétrica, capacidade de transmissão, localização de cargas, contratos de energia e escolhas de política industrial.

5 DO INSUMO ELÉTRICO À CADEIA DE VALOR COMPUTACIONAL

A eletricidade é condição material da computação, mas a cadeia de valor da inteligência artificial contém diversas camadas adicionais. Data centers dependem de servidores, aceleradores, armazenamento, redes, refrigeração, conectividade e capital. Sobre essa infraestrutura física operam serviços de nuvem, dados, modelos, software, propriedade intelectual, padrões técnicos e relações contratuais. A capacidade de receber a instalação física de um data center não equivale, portanto, a controlar as camadas superiores da cadeia.

A literatura sobre cadeias globais de valor mostra que governança, capacidades dos fornecedores e assimetrias de poder influenciam a posição ocupada pelos participantes de uma cadeia (GEREFFI; HUMPHREY; STURGEON, 2005). Aplicado ao problema deste ensaio, isso significa que a análise não deve se limitar ao investimento bruto ou à energia consumida:

deve perguntar quais atividades de maior conhecimento, propriedade intelectual, coordenação e decisão são internalizadas.

Um país pode fornecer eletricidade, território e infraestrutura de conexão e, ainda assim, permanecer em posição de dependência nas camadas de maior valor agregado e controle tecnológico. Essa possibilidade não decorre da nacionalidade do investidor por si só. Decorre da combinação entre concentração de capacidades, custos de troca, inexistência de substitutos, domínio de ativos estratégicos e assimetrias de negociação.

Por isso, "captura de valor" não significa nacionalização, fechamento econômico ou exigência de autossuficiência integral. Significa avaliar se a presença da infraestrutura gera capacidades cumulativas locais ou se opera predominantemente como enclave: consome insumos nacionais, mas mantém externamente conhecimento, comando, propriedade intelectual e mecanismos decisórios essenciais.

6 SOBERANIA TECNOLÓGICA FUNCIONAL E DEPENDÊNCIA CRÍTICA

A noção de soberania digital é contestada. Couture e Toupin (2019) mostram que ela pode designar diferentes formas de independência, controle e autonomia sobre infraestruturas, tecnologias e dados. Pohle e Thiel (2020) observam que a expressão se tornou central no discurso político, mas permanece conceitualmente disputada. Essa ambiguidade impede utilizar "soberania" como simples sinônimo de propriedade nacional.

Neste ensaio, a soberania tecnológica é funcional: interessa a capacidade de ação sob condições de interdependência. A economia computacional é necessariamente internacional. Chips, equipamentos, modelos, nuvens e redes são produzidos e operados em cadeias transnacionais. A questão não é eliminar a interdependência, mas impedir que ela se converta em dependência crítica.

Propõe-se, para fins analíticos, que existe dependência crítica quando a perda de acesso a uma infraestrutura, fornecedor ou camada tecnológica produz redução material de uma função estratégica e não há alternativa substituível em prazo e custo aceitáveis. A formulação dialoga com a literatura de interdependência assimétrica: Farrell e Newman (2019) demonstram que redes econômicas globais não são necessariamente horizontais e que a centralidade de determinados nós pode produzir capacidade de coerção e assimetria.

Esse critério evita dois extremos. De um lado, não presume que toda dependência externa seja problemática. De outro, impede tratar como soberana uma estrutura que funciona apenas enquanto um agente externo mantém, por decisão própria, acesso, continuidade ou condições econômicas indispensáveis.

7 UM QUADRO DE RETENÇÃO DE CAPACIDADE ESTRATÉGICA

Para transformar a pergunta abstrata sobre soberania em uma avaliação verificável, é útil decompor a cadeia em camadas. O quadro abaixo não constitui índice validado nem pretende medir empiricamente a soberania brasileira. Trata-se de uma matriz analítica para orientar investigação, contratação pública, política industrial e avaliação de projetos de infraestrutura computacional.

Quadro 2 - Camadas de retenção de capacidade estratégica

Camada	Capacidade relevante	Sinal de risco
1. Energia	Geração, transmissão, flexibilidade, armazenamento e resiliência	A nova carga aumenta demanda sem reforçar capacidade sistêmica ou cria custos não internalizados.
2. Infraestrutura computacional	Data centers, servidores, aceleradores, conectividade, refrigeração e continuidade operacional	Ativos físicos funcionam como enclave, com elevada dependência de um único provedor ou arquitetura.
3. Ativos digitais	Dados, nuvem, modelos, software, padrões e direitos de uso	Controle e auditabilidade permanecem concentrados; custos de troca ou portabilidade são elevados.
4. Conhecimento e valor	P&D, capital humano, propriedade intelectual, fornecedores e aprendizagem industrial	Investimento gera consumo de insumos, mas pouca difusão de conhecimento ou capacidade cumulativa.
5. Capacidade institucional	Auditoria, negociação, regulação, diversificação, substituição e resposta a ruptura	Funções estratégicas dependem de continuidade externa sem alternativas em prazo e custo aceitáveis.

Fonte: elaboração do autor, com base na literatura discutida no texto.

8 IMPLICAÇÕES ESTRATÉGICAS PARA O BRASIL

O Brasil pode se beneficiar de investimentos em data centers, expansão de redes, geração renovável e serviços digitais. A análise aqui proposta não oferece argumento para recusar capital estrangeiro nem para impor produção doméstica integral. O ponto é exigir que a discussão pública seja mais sofisticada do que a equivalência entre "atrair data centers" e "tornar-se soberano em inteligência artificial".

Projetos de grande porte deveriam ser avaliados também por sua adicionalidade e pelos efeitos sobre a rede; pela formação de trabalhadores e pesquisadores; pelo grau de integração com universidades e fornecedores locais; pela geração de pesquisa e desenvolvimento; pela governança dos dados; pela capacidade de auditoria; pela

diversificação de prestadores; e pela possibilidade de continuidade ou substituição em caso de ruptura contratual, geopolítica ou tecnológica.

Essa abordagem também qualifica a discussão sobre incentivos. Benefícios fiscais, acesso prioritário a infraestrutura ou investimentos públicos de transmissão não devem ser avaliados apenas pelo volume de capital anunciado. Devem ser comparados com as capacidades que o projeto ajuda a criar, difundir ou reter. O critério estratégico não é maximizar conteúdo nacional a qualquer custo, mas evitar que recursos públicos e vantagens estruturais financiem dependências sem contrapartidas de capacidade.

A energia elétrica com elevada participação renovável é, assim, um ativo de negociação. Seu valor estratégico cresce quando o país consegue vinculá-la à construção de capacidades que permanecem úteis mesmo se empresas, tecnologias ou modelos de negócio mudarem.

9 CONCLUSÃO

O exame dos dados permite quatro conclusões. Primeiro, a vantagem elétrica brasileira é concreta: o país alcançou 260,979 GW de capacidade instalada em 2025 e manteve 86,8% de renovabilidade na matriz elétrica, com forte expansão solar e eólica. Segundo, a expansão da inteligência artificial e dos data centers aumenta a relevância econômica dessa infraestrutura; a IEA projeta forte crescimento da demanda global, e o PDE 2035 já incorpora data centers como carga especial no planejamento nacional.

Terceiro, esses fatos não demonstram que o Brasil capturará automaticamente o valor da economia computacional. Energia é condição necessária para infraestrutura digital intensiva, mas não substitui propriedade intelectual, capital humano, capacidade industrial, governança de dados, pesquisa, auditoria, poder de negociação e alternativas tecnológicas. Hospedar ativos físicos e controlar capacidades estratégicas são fenômenos distintos.

Quarto, a soberania tecnológica deve ser avaliada funcionalmente, sob condições de interdependência. O critério relevante não é produzir internamente todos os componentes, mas preservar capacidade suficiente para compreender, negociar, auditar, diversificar, substituir e decidir. A dependência se torna crítica quando a interrupção de acesso compromete função estratégica sem alternativa disponível em prazo e custo aceitáveis.

O ensaio possui limites claros. Não mensura o retorno econômico de data centers no Brasil, não compara tarifas ou regimes tributários, não estima externalidades ambientais e não avalia congestionamentos de rede, disponibilidade hídrica, fibra óptica ou projetos

empresariais específicos. Esses elementos devem integrar trabalhos posteriores antes de qualquer conclusão sobre política ótima de localização ou incentivos.

A conclusão, portanto, é mais restrita do que uma defesa ou rejeição de data centers. O Brasil dispõe de um ativo elétrico relevante na nova economia computacional. O desafio é utilizar essa vantagem como instrumento de negociação para ampliar capacidades que sobrevivam ao investimento individual e reduzam dependências críticas.

Energia renovável é vantagem. Transformá-la em capacidade industrial e tecnológica é estratégia. Transformá-la em capacidade efetiva de decidir é soberania.

NOTA TÉCNICA SOBRE OS INDICADORES ENERGÉTICOS

Capacidade instalada, matriz elétrica e matriz energética são indicadores distintos. Os 260,979 GW representam a capacidade instalada disponível em 2025 e incluem micro e minigeração distribuídas. Os 86,8% referem-se à participação de fontes renováveis na Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), que considera geração nacional e importação líquida. A matriz energética total inclui, além da eletricidade, combustíveis e outros usos de energia; nela, as fontes renováveis representaram 49,4% em 2025. A categoria térmica da capacidade instalada inclui fontes renováveis e não renováveis e não deve ser tratada como sinônimo de fonte fóssil (EPE, 2026, p. 17, 35, 51).

REFERÊNCIAS

- COUTURE, Stéphane; TOUPIN, Sophie. What does the notion of “sovereignty” mean when referring to the digital? *New Media & Society*, v. 21, n. 10, p. 2305-2322, 2019. DOI: 10.1177/1461444819865984.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanço Energético Nacional 2026: Relatório Síntese - ano-base 2025*. Rio de Janeiro: EPE, 2026. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-975/topico-847/BEN_S%C3%ADntese_2026_PT.pdf. Acesso em: 14 ago. 2026.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2035: Demanda de Eletricidade*. Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-894/PDE%202035_Caderno_Demanda_Eletricidade_rev_mme_20250914.pdf. Acesso em: 14 ago. 2026.
- FARRELL, Henry; NEWMAN, Abraham L. Weaponized interdependence: how global economic networks shape state coercion. *International Security*, v. 44, n. 1, p. 42-79, 2019. DOI: 10.1162/isec_a_00351.
- GEREFFI, Gary; HUMPHREY, John; STURGEON, Timothy. The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*, v. 12, n. 1, p. 78-104, 2005. DOI: 10.1080/09692290500049805.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Energy and AI*. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>. Acesso em: 14 ago. 2026.
- POHLE, Julia; THIEL, Thorsten. Digital sovereignty. *Internet Policy Review*, v. 9, n. 4, 2020. DOI: 10.14763/2020.4.1532.

COMO CITAR

GENOVA, Jandislei Antonio. *O Brasil tem energia. Quem capturará o valor produzido por ela? Energia elétrica, inteligência artificial e soberania tecnológica na nova economia computacional*. Jandislei Genova, São Paulo, 14 ago. 2026. Versão 1.0. Disponível em: <https://jandisleigenova.com/artigos/brasil-energia-soberania-tecnologica-inteligencia-artificial>. Acesso em: dia mês ano.

DECLARAÇÕES

Financiamento. Nenhum financiamento externo foi recebido para a preparação deste ensaio.

Conflitos de interesse. O autor declara não haver conflitos de interesse.

Uso de inteligência artificial. Ferramentas de inteligência artificial generativa auxiliaram pesquisa bibliográfica, verificação de consistência factual, edição linguística e preparação editorial. O autor definiu o problema, a tese, o recorte, validou as fontes e assume responsabilidade integral pelo conteúdo.

Estado da versão. Versão 1.0, de 14 de agosto de 2026. Preprint autoral independente, não revisado por pares. Preparado para assinatura eletrônica e publicação no site do autor.

Copyright © 2026 Jandislei Antonio Genova. Todos os direitos reservados.