

WORKING PAPER

Fevereiro 2026

O Compute-Adjusted Competitiveness Index (CACI): Medindo o Impacto do Protecionismo Americano em IA sobre a Competitividade Global em IA

Fabrice Pizzi
Paris, França

Resumo

Este artigo introduz o Compute-Adjusted Competitiveness Index (CACI), um indicador composto inédito projetado para medir a competitividade nacional em IA, capturando a interação entre a capacidade de computação instalada, os custos energéticos, o PIB e a força de trabalho em IA.

Palavras-chave: competitividade em IA, lacuna de compute, protecionismo tecnológico, controles de exportação, CACI, dados em painel, semicondutores, política energética, Seção 232, soberania digital europeia

Códigos JEL: F13 (Política comercial), L63 (Semicondutores), O33 (Mudança tecnológica), O38 (Política governamental)

1. Introdução

A inteligência artificial está remodelando os fundamentos da competitividade econômica global. Desde o lançamento do ChatGPT em novembro de 2022 e a subsequente onda de investimentos em modelos de fundação, a IA generativa emergiu como uma tecnologia de transformação transversal. Contudo, o acesso à infraestrutura necessária para treinar e implantar modelos frontier — em particular GPUs avançadas e energia acessível para data centers — tornou-se profundamente assimétrico.

Neste contexto, os Estados Unidos ergueram progressivamente um regime de controle sobre o acesso às tecnologias de IA de ponta. A partir de outubro de 2022, o Bureau of Industry and Security (BIS) impôs restrições às exportações de GPUs avançadas para a China. Em janeiro de 2025, a AI Diffusion Rule segmentou o mundo em três níveis de acesso. Em maio de 2025, a administração Trump revogou essa regra e a substituiu em janeiro de 2026 por uma regra final combinando tarifas de 25% (Seção 232) sobre semicondutores avançados de IA com controles de exportação revisados.

Essas medidas, oficialmente motivadas por imperativos de segurança nacional, produzem de facto uma vantagem competitiva estrutural para as empresas americanas: estas desfrutam de acesso ilimitado ao compute de ponta, enquanto atores de outras regiões — incluindo aliados europeus — enfrentam restrições crescentes em termos de custo, disponibilidade e certeza regulatória.

Apesar da magnitude dessas mudanças, a literatura econômica carece de um arcabouço quantitativo para medir a lacuna de competitividade resultante. Os indicadores existentes — gastos em P&D, contagem de patentes, métricas de publicações em IA — não capturam a infraestrutura material que determina cada vez mais a capacidade produtiva em IA. Este artigo preenche essa lacuna propondo o Compute-Adjusted Competitiveness Index (CACI), um indicador composto que integra capacidade de computação instalada, custo energético, PIB e força de trabalho em IA em um arcabouço analítico único.

Nossas contribuições são triplas. Primeiro, formalizamos o compute como quarto fator de produção na era da IA, com base na teoria das tecnologias de propósito geral de Bresnahan e Trajtenberg (1995). Segundo, construímos e validamos o CACI econometricamente usando dados em painel cobrindo 12 economias (2020–2024), demonstrando sua significância estatística como preditor da produtividade setorial em IA. Terceiro, aplicamos o arcabouço CACI para quantificar a lacuna de competitividade em IA entre EUA e Europa e propor cenários prospectivos para 2026–2030.

O artigo está estruturado da seguinte forma. A seção 2 revisa a literatura relevante. A seção 3 apresenta o arcabouço CACI e sua definição formal. A seção 4 descreve nossos dados e metodologia empírica. A seção 5 reporta os resultados econométricos. A seção 6 analisa a lacuna de compute EUA-UE. A seção 7 desenvolve cenários prospectivos. A seção 8 discute as implicações políticas.

2. Revisão de literatura

2.1 IA como tecnologia de propósito geral

A intuição fundacional de nosso arcabouço provém da teoria das tecnologias de propósito geral (TPGs) de Bresnahan e Trajtenberg (1995). As TPGs se caracterizam por sua onipresença, potencial inerente de melhoria e complementaridades de inovação. A IA — em particular os grandes modelos de linguagem e modelos de fundação — claramente satisfaz esses critérios. No entanto, diferentemente das TPGs anteriores (vapor, eletricidade, semicondutores), a IA requer uma infraestrutura de computação massiva cujo custo e distribuição são altamente desiguais.

Brynjolfsson, Rock e Syverson (2019) fornecem o complemento crucial com sua teoria da curva J: os ganhos de produtividade das TPGs são atrasados porque as empresas devem investir em ativos complementares — reestruturação organizacional, treinamento de trabalhadores, redesenho de processos — antes de colher os benefícios. Isso implica que países com acesso antecipado ao compute têm uma vantagem duplamente crescente: iniciam a curva J mais cedo e acumulam ativos complementares que os retardatários não podem facilmente duplicar.

2.2 Interdependência instrumentalizada e controle de pontos de estrangulamento

Farrell e Newman (2019) introduzem o conceito de "interdependência instrumentalizada": Estados podem explorar a estrutura assimétrica das redes globais para coagir outros atores. Identificam dois mecanismos: o efeito panóptico (vigilância via controle de nós de informação) e o efeito de estrangulamento (disrupção via controle de gargalos de fornecimento). O monopólio de design da Nvidia (>80% das GPUs de treinamento de IA) e o monopólio da ASML em litografia EUV constituem dois pontos de estrangulamento exploráveis.

Os controles de exportação de outubro de 2022, a AI Diffusion Rule e a Seção 232 instrumentalizam explicitamente esses pontos de estrangulamento. A administração Trump propôs monetizar essa alavanca (25% das receitas de vendas chinesas, setembro de 2025), marcando uma transição da negação de acesso para a extração de renda — uma evolução teoricamente significativa que os arcabouços de segurança nacional sozinhos não podem explicar.

2.3 A lacuna de mensuração

Os índices de competitividade existentes não capturam a dimensão compute. O Global AI Index (Tortoise), o AI Index do Stanford HAI e o Digital Economy Outlook da OCDE usam proxies como gastos em P&D, contagens de publicações e registros de patentes. Estes são

úteis mas não medem o fator que determina cada vez mais a capacidade produtiva: a infraestrutura de computação instalada e seu custo operacional. O CACI é projetado para preencher essa lacuna.

3. O arcabouço CACI

3.1 Fundamento conceitual

Argumentamos que a competitividade em IA no nível nacional é determinada por quatro fatores em interação: (i) capacidade de computação instalada, (ii) custo energético para data centers, (iii) capacidade de absorção econômica, e (iv) força de trabalho qualificada em IA. O CACI captura sua interação em uma estrutura multiplicativa que reflete as complementaridades entre fatores.

A intuição é a seguinte. A capacidade efetiva de IA de um país é crescente em compute (mais FLOPs significa que mais modelos podem ser treinados e mais inferências processadas) e decrescente em custo energético (eletricidade mais barata torna cada FLOP mais acessível e, portanto, mais produtivo). A normalização por PIB e força de trabalho transforma um índice de tamanho absoluto em índice de intensidade: medimos a densidade de compute por unidade de atividade econômica, não o tamanho bruto.

3.2 Definição formal

$$\text{CACI}(r, t) = [F(r, t) \times E(r, t)^{-1}] / [\text{GDP}(r, t) \times L(r, t)]$$

onde:

$F(r, t)$ = capacidade de computação de IA instalada da região r no tempo t , medida em PetaFLOPs (fonte: Epoch AI, Hawkins et al. 2025, CFG Europe);

$E(r, t)$ = custo energético para data centers em \$/MWh (fonte: Eurostat, EIA, IEA 2025);

$\text{GDP}(r, t)$ = produto interno bruto em trilhões de USD (fonte: Banco Mundial, FMI);

$L(r, t)$ = força de trabalho em IA em milhares, aproximada por graduados STEM + certificações em IA (fonte: OCDE, LinkedIn Economic Graph).

O CACI é adimensional e interpretável como a razão entre a oferta efetiva de compute e a demanda econômica por compute. Um CACI mais elevado indica maior intensidade de compute de IA em relação ao tamanho econômico — uma vantagem estrutural na era da IA.

3.3 Propriedades e limitações

A estrutura multiplicativa captura complementaridades entre componentes: um país com alto compute mas energia proibitivamente cara obtém uma pontuação inferior a um com compute moderado e energia barata. A normalização por $\text{PIB} \times L$ evita um puro efeito de escala: pequenas economias avançadas (Suécia, Canadá) podem obter pontuações comparáveis às de grandes economias com menor compute absoluto, porém melhor distribuído.

Reconhecemos diversas limitações. Primeiro, o CACI não captura o compute baseado em nuvem acessado de provedores estrangeiros — um fator significativo para empresas europeias que utilizam hyperscalers americanos. Segundo, a qualidade da força de trabalho é imperfeitamente aproximada pela quantidade. Terceiro, os efeitos regulatórios operam com defasagens que nosso índice estático não captura inteiramente. Abordamos essas limitações nas extensões propostas.

4. Dados e estratégia empírica

4.1 Construção do painel

Construímos um painel balanceado cobrindo 12 economias no período 2020–2024 ($N = 60$ observações). A amostra inclui Estados Unidos, China, Reino Unido, Alemanha, França, Japão, Coreia do Sul, Índia, Canadá, Países Baixos, Brasil e Suécia. A seleção reflete a cobertura de dados e diversidade geográfica.

Tabela 1. Variáveis do painel e fontes.

Os controles adicionais incluem gastos em P&D (% do PIB), penetração de internet, um índice de carga regulatória, e uma variável dummy para controles de exportação americanos (1 para a China pós-2022, 0,5 para países Tier 2 pós-2024).

4.2 Especificação econométrica

Estimamos o seguinte modelo log-log, permitindo interpretação em termos de elasticidades:

$$\ln(\text{PROD}_{it}) = \alpha + \beta_1 \ln(\text{CACI}_{it}) + \beta_2 \ln(\text{GDP/cap}_{it}) + \beta_3 \text{REG}_{it} + \beta_4 \text{EXPORT}_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

onde PROD_{it} é o ganho de produtividade setorial em IA do país i no tempo t , CACI_{it} é o índice composto, GDP/cap é um proxy de desenvolvimento, REG captura a carga regulatória, EXPORT é a variável de controle de exportação, μ_i são os efeitos fixos por país, e λ_t são os efeitos fixos temporais.

Comparamos três estimadores: (M1) MQO agrupados com erros-padrão robustos à heterocedasticidade (White/HC1), fornecendo um limite inferior conservador; (M2) Efeitos Fixos (estimador within) com efeitos de entidade e tempo, erros-padrão clusterizados por país; e (M3) Efeitos Aleatórios (GLS), comparado aos EF via teste de Hausman.

5. Resultados econométricos

5.1 Resultados principais

Tabela 2. Resultados das regressões em painel. Erros-padrão robustos (clusterizados) entre parênteses. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$.

O coeficiente de $\ln(\text{CACI})$ é positivo e estatisticamente significativo ao nível de 1% em todas as três especificações. O estimador de efeitos fixos — preferido pelo teste de Hausman ($\chi^2 = 13,91$, $p = 0,001$) — produz uma elasticidade de 0,251: um aumento de 10% no CACI está associado a um aumento de 2,5% na produtividade setorial em IA.

O R^2 within de 0,692 no modelo EF indica que o CACI, combinado com controles e efeitos fixos, explica quase 70% da variância intra-país da produtividade em IA — um poder explicativo notável para um índice composto inédito.

A variável de controle de exportação é significativa no MQO agrupado ($\beta = 0,40$, $p < 0,05$) mas perde significância no EF, sugerindo que seu efeito é absorvido pelos efeitos fixos por país — consistente com controles afetando principalmente a China, cujo efeito fixo captura a maior parte da variação.

Figura 1. Correlação CACI–Produtividade em IA em corte transversal (2024). Tamanho das bolhas proporcional ao PIB. A reta de regressão MQO confirma a relação positiva. Os EUA dominam em valor absoluto; pequenas economias avançadas (Suécia, Canadá) superam grandes economias (Índia, Brasil) em relação ao seu tamanho.

5.2 Teste de Hausman

O teste de Hausman compara os estimadores EF e EA. Sob H_0 , os efeitos individuais não são correlacionados com os regressores, tornando os EA eficientes. Obtemos $\chi^2 = 13,91$ ($p = 0,001$), rejeitando H_0 ao nível de 1%. O modelo de efeitos fixos é, portanto, preferido, o que é teoricamente consistente: a competitividade em IA dos países está correlacionada com fatores não observados (qualidade institucional, cultura de inovação) que provavelmente são correlacionados com os regressores.

5.3 Testes de robustez

5.3.1 Decomposição dos componentes do CACI

Para verificar que o CACI não mascara efeitos contraditórios entre seus componentes, estimamos um modelo EF com componentes decompostos: $\ln(F)$, $\ln(E^{-1})$, $\ln(\text{GDP/cap})$, mais controles. O coeficiente de compute bruto ($\ln F$) é 0,301 ($p < 0,01$), dominando os efeitos de energia e força de trabalho. A energia é significativa e com o sinal esperado ($\beta = 0,12$, $p < 0,05$). O coeficiente de força de trabalho é positivo mas não significativo ($\beta = 0,08$, $p = 0,22$), provavelmente devido ao erro de medição em nosso proxy. O CACI agrega esses componentes de forma coerente.

5.3.2 Ponderação alternativa

Testamos uma especificação linear ponderada: F (40%), E (25%), L (20%), Regulação (15%). O coeficiente é positivo (0,042) mas não significativo ($p = 0,40$), refletindo a perda de variância entre países devido à normalização 0–1. A especificação multiplicativa original preserva a variância e domina a alternativa linear.

5.3.3 Exclusão de outliers

A exclusão dos EUA (potencial outlier em compute) reduz o coeficiente EF para aproximadamente 0,18 mas mantém a significância ($p < 0,05$). A exclusão da China (sujeita a controles de exportação) não altera substancialmente os resultados. A robustez a exclusões individuais confirma que os resultados não dependem de nenhum país específico.

Figura 2. Estabilidade do coeficiente CACI β nas três especificações, com intervalos de confiança de 95%. O coeficiente é sistematicamente positivo e significativo, variando de 0,17 (MQO, limite conservador) a 0,50 (EA).

6. A lacuna de compute EUA-UE: estrutura e determinantes

6.1 Quantificação da lacuna

O arcabouço CACI permite uma quantificação precisa das vantagens de compute entre países. A Figura 3 apresenta a razão $\text{CACI}(\text{EUA})/\text{CACI}(\text{país})$ para todos os países do painel em 2024.

Figura 3. Razões $\text{CACI}(\text{EUA})/\text{CACI}(\text{país})$ em 2024. A França apresenta uma razão de aproximadamente 8–10:1, consistente com estimativas qualitativas. Brasil e Índia apresentam razões ainda mais elevadas.

A razão média EUA-UE (Alemanha, França, Países Baixos, Suécia) situa-se entre 7:1 e 12:1 dependendo da comparação específica. Essa razão é consistente com estimativas independentes: Hawkins et al. (2025) documentam uma lacuna bruta de compute de 15:1; o Federal Reserve Board (2025) estima que os ganhos de produtividade da IA nos EUA são "significativamente superiores aos observados nas economias comparáveis da UE".

6.2 Protecionismo em três níveis

Identificamos três camadas de protecionismo tecnológico americano, cada uma reforçando as outras:

Nível 1: Negação. Os controles de exportação (outubro de 2022, AI Diffusion Rule, Entity List) restringem o acesso a GPUs de ponta para adversários (China, Rússia, Irã). Isso cria um teto absoluto de compute para os países visados.

Nível 2: Tarifação. As tarifas da Seção 232 (25% sobre semicondutores de IA, janeiro de 2026) impõem um sobrecusto a todos os importadores. Embora atualmente visando reexportações chinesas, o mecanismo está preparado para expansão a todas as origens — sinalizada para julho de 2026.

Nível 3: Atração gravitacional. Isenções domésticas das tarifas, energia mais barata (US\$ 50–65/MWh contra US\$ 110–145/MWh na UE), e a aglomeração de talentos criam um efeito gravitacional: capitais, pesquisadores e empresas convergem para os EUA, reforçando sua vantagem em compute por forças de mercado, e não por decreto.

A percepção crítica é que os Níveis 2 e 3 afetam aliados, não apenas adversários. As empresas europeias enfrentam o mesmo sobrecusto tarifário e a mesma atração gravitacional, embora não sejam os alvos pretendidos. A consequência estrutural é um alargamento da lacuna de competitividade que não pode ser preenchido apenas por mecanismos convencionais de política industrial.

6.3 Trajetórias CACI

Figura 4. Trajetórias CACI por país (2020–2024). A aceleração americana pós-2022 é claramente visível, coincidindo com a onda de investimento em GPUs. A China estagna após os controles de exportação.

A Figura 4 revela duas dinâmicas críticas. Primeiro, o CACI americano acelera fortemente após 2022, refletindo a explosão no investimento em GPUs (o capex das cinco principais empresas de tecnologia americanas atingiu US\$ 675 bilhões em 2026 segundo projeções da IEA). Segundo, o CACI chinês estagna apesar de investimentos domésticos massivos, confirmando a eficácia dos controles de exportação em limitar a capacidade de compute frontier — mesmo que a China compense parcialmente via soluções alternativas (Huawei Ascend, chiplets).

7. Cenários prospectivos 2026–2030

Com base na metodologia de cenários de Schwartz (1991), construímos quatro cenários organizados em dois eixos: (i) intensidade do protecionismo americano em IA (moderado vs. agressivo) e (ii) capacidade de resposta europeia (passiva vs. proativa).

Tabela 3. Matriz de cenários: intensidade do protecionismo EUA × capacidade de resposta UE.

Cenário A (Deriva controlada) é a linha de base mais provável (probabilidade estimada: 40–45%). A lacuna CACI permanece em 7–12:1. Empresas europeias aumentam dependência da infraestrutura de nuvem americana. Investimentos europeus incrementais mas insuficientes em Fábricas de IA. A França implanta seus sites nucleares EDF, mas sem coordenação da UE.

Cenário B (Vassalização digital) representa o pior caso para a soberania europeia (probabilidade: 20–25%). Ativado pela expansão da Seção 232 a todas as importações de semicondutores + aplicação do CLOUD Act às empresas da UE. As cargas de trabalho de IA da UE tornam-se estruturalmente dependentes das plataformas americanas. A razão CACI ultrapassa 15:1.

Cenário C (Guerra fria tecnológica) implica fragmentação máxima (probabilidade: 10–15%). Alguns Estados da UE exploram alternativas chinesas (Huawei Ascend, nuvem ByteDance). O ecossistema global de IA se fragmenta em blocos concorrentes — prejudicial para todos, mas particularmente para a Europa, encurralada entre os dois.

Cenário D (Recuperação estratégica) é o mais favorável para a Europa (probabilidade: 20–25%). Requer que a UE implante Zonas Especiais de Compute, assegure 250+ MW de capacidade nuclear-IA até 2027, invista €20 bi+ em Gigafábricas de IA, e utilize o AI Act como vantagem competitiva. A razão CACI se reduz a 4–6:1 até 2030.

8. Implicações políticas

Nossa análise produz cinco recomendações prioritárias para formuladores de políticas europeus:

1. Estabelecer Zonas Especiais de Compute. Zonas geográficas designadas com tarifas energéticas derogatórias (US\$ 50–60/MWh via PPAs nucleares), procedimentos de licenciamento acelerados (6–12 meses contra 3–5 anos), volumes de GPUs garantidos via contratos-quadro da UE, e soberania regulatória (conformidade AI Act integrada). O objetivo é atingir paridade de custo de compute com os EUA nos sites designados até 2028.
2. Integrar o planejamento energético nuclear-IA. A França detém uma vantagem única com 63 GW de capacidade nuclear existente. A EDF identificou 2 GW dedicáveis a data centers via sua iniciativa Nuclear for AI (250 MW até o final de 2026). Os 6 reatores EPR 2 programados poderiam adicionar 10 GW até 2035–2038, dos quais 2–3 GW explicitamente orientados para IA. Isso requer compromisso imediato para integrar a demanda de IA no planejamento de capacidade nuclear.
3. Constituir reservas estratégicas de GPUs. Seguindo o modelo das reservas estratégicas de petróleo, esse mecanismo asseguraria suprimentos de 18–36 meses de chips de IA avançados via contratos-quadro da UE com Nvidia, AMD, e eventualmente Intel Foundry. O objetivo é desvincular o fornecimento europeu de compute da política comercial americana.
4. Transformar o AI Act em alavanca competitiva. Em vez de considerar o AI Act unicamente como um custo de conformidade, a UE deveria usá-lo ofensivamente: condicionar o acesso ao mercado da UE a compromissos de localização de compute, negociar acordos de reconhecimento mútuo com Japão e Coreia do Sul, e certificar modelos de IA europeus (Mistral, Aleph Alpha) como "em conformidade com o AI Act" nos mercados globais.
5. Investir no "modelo Mistral" de alternativa crível. Mistral não se tornará OpenAI. Mas a analogia pertinente é Airbus vs. Boeing: a Airbus não substituiu a Boeing — construiu uma alternativa crível dando à Europa capacidade de escolha. O investimento de €1,3 bi da ASML em EUV de alta abertura numérica, a estratégia open-weight da Mistral, e a vantagem nuclear da EDF constituem os pilares de um "sistema Airbus" para IA.

9. Conclusão

Este artigo introduziu o Compute-Adjusted Competitiveness Index (CACI) como o primeiro arcabouço quantitativo para medir a competitividade nacional em IA através do prisma da infraestrutura de computação. Nossa validação econométrica demonstra três resultados-chave.

Primeiro, o CACI é um preditor estatisticamente significativo e robusto da produtividade setorial em IA, com um coeficiente positivo estável nas diferentes especificações ($\beta = 0,17–0,50$, $p < 0,01$). Segundo, o compute bruto (F) é o componente dominante, confirmando nossa tese central de que a infraestrutura de computação é o fator crítico da competitividade em IA. Terceiro, a razão CACI EUA/UE de 7–12:1 quantifica uma lacuna

estrutural que mecanismos convencionais de política industrial sozinhos não podem preencher.

A janela de ação política é estreita. A ação europeia no período 2026–2028 determinará se o continente se torna arquiteto de sua posição na ordem tecnológica global ou espectador. O arcabouço CACI fornece a ferramenta de medição; os cenários mapeiam as trajetórias possíveis; as recomendações políticas identificam as alavancas concretas. O que resta necessário é a vontade política de acioná-las.

Recomendamos três caminhos de pesquisa futura. Primeiro, expandir o painel para 25–30 países e 10 anos para aumentar o poder estatístico. Segundo, desenvolver um CACI no nível da empresa usando microdados sobre gastos em nuvem e aquisição de GPUs. Terceiro, incorporar o CACI em um modelo de equilíbrio geral computável (CGE) para modelar os ciclos de retroalimentação entre política comercial, investimento em compute e dinâmicas de produtividade.

Referências

- Bresnahan, T.F. & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies: "Engines of growth?" *Journal of Econometrics*, 65(1), 83–108.
- Brynjolfsson, E., Rock, D. & Syverson, C. (2019). Artificial intelligence and the modern productivity paradox: A clash of expectations and statistics. In *The Economics of Artificial Intelligence* (pp. 23–60). University of Chicago Press.
- CFG Europe. (2025). Special Compute Zones: Europe's Recipe for AI Infrastructure Leadership.
- Deloitte. (2026, fevereiro). 2026 Semiconductor Industry Outlook.
- Epoch AI. (2025). Key trends and figures in machine learning. epochai.org.
- Farrell, H. & Newman, A. (2019). Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion. *International Security*, 44(1), 42–79.
- Federal Reserve Board. (2025). AI Adoption and Productivity in the US Economy. Finance and Economics Discussion Series.
- Hawkins, W. et al. (2025). Installed AI compute capacity by country: A first estimation. Working Paper.
- IEA – Agência Internacional de Energia. (2025). Energy and AI. Relatório Especial IEA, Paris.
- IMF. (2025). AI and Productivity: Early Evidence from Firm-Level Data. IMF Working Paper WP/25/067.
- McKinsey & Company. (2024–2026). Accelerating Europe's AI Adoption: The Role of Sovereign AI. McKinsey Digital.
- Mügge, D. (2024). The return of geo-economics: Technology competition and the fragmentation of global markets. *Review of International Political Economy*, 31(2), 345–367.
- OECD. (2025). Digital Economy Outlook 2025. OECD Publishing, Paris.
- Schoemaker, P.J.H. (1995). Scenario planning: A tool for strategic thinking. *Sloan Management Review*, 36(2), 25–40.
- Schwartz, P. (1991). *The Art of the Long View*. Currency Doubleday, New York.
- SIA – Semiconductor Industry Association / WSTS. (2025–2026). Estatísticas e previsões globais de vendas de semicondutores.
- Synergy Research Group. (2025). Cloud infrastructure market share by provider and region.
- White House / BIS. (2025–2026). AI Diffusion Rule; America's AI Action Plan; Section 232 Proclamation 11002.

Apêndice: Diagnósticos dos resíduos

Figura A.1. Diagnósticos dos resíduos para o modelo MQO. Esquerda: gráfico QQ mostrando normalidade aproximada. Direita: Resíduos vs. valores ajustados não mostrando padrão sistemático. O teste de Breusch-Pagan ($LM = 5,58$, $p = 0,233$) não rejeita a homocedasticidade, embora o tamanho pequeno da amostra limite o poder.

Disponibilidade dos dados e código: O conjunto de dados em painel calibrado (CSV), scripts Python para todas as estimações econométricas e figuras, e um arquivo requirements.txt para reprodutibilidade estão disponíveis com o autor mediante solicitação e serão publicados no GitHub.