



GERAÇÃO DE RIQUEZA NO MERCADO DE DATA CENTERS

Da infraestrutura física à riqueza induzida: emprego, renda, tributos, cloud, IA, produtividade e formação de capital humano

Autor: ABDC – LUIS TOSSI

São Paulo

2026 | Revisão 09 – Versão atualizada com benchmarks internacionais.

RESUMO EXECUTIVO

Este artigo reavalia a geração de riqueza associada aos data centers a partir de evidências de consultorias especializadas, organismos multilaterais e governos. O ponto central é que o impacto econômico não deve ser medido apenas pelo emprego permanente dentro da instalação. A literatura mais robusta separa os efeitos em três níveis: contribuição direta da construção e operação; efeitos indiretos e induzidos nas cadeias de fornecedores e no consumo das famílias; e efeitos habilitados — ou forward linkages — decorrentes do uso de cloud, dados, software e inteligência artificial pelas demais atividades econômicas. Essa última camada é conceitualmente distinta dos multiplicadores input-output e não deve ser somada a eles sem controle de dupla contagem.

A evidência mais recente da PwC para a Data Center Coalition estima que, em 2024, a indústria de data centers dos Estados Unidos suportou 5,5 milhões de empregos, contribuiu com US\$ 926,9 bilhões para o PIB e gerou US\$ 204,4 bilhões em receitas tributárias federais, estaduais e locais, considerando efeitos diretos, indiretos e induzidos. O mesmo estudo estima que cada emprego direto suportou 4,5 empregos adicionais no restante da economia e que cada US\$ 1 de renda do trabalho gerado diretamente no setor esteve associado a US\$ 2,20 adicionais fora dele (PwC/DCC, 2026).

A Virgínia constitui o benchmark territorial mais relevante. Em 2024, a PwC estimou 49 mil empregos diretos, 120,56 mil empregos indiretos e induzidos dentro do estado, 169,56 mil empregos totais sem spillovers interestaduais, US\$ 17,325 bilhões em renda do trabalho, US\$ 29,929 bilhões em PIB e US\$ 2,677 bilhões em tributos estaduais e locais. Incluindo spillovers interestaduais, o emprego suportado alcançou 201,1 mil postos e a contribuição ao PIB chegou a US\$ 34,278 bilhões (PwC/DCC, 2026).

O caso de Loudoun County mostra a dimensão fiscal local: o orçamento FY2026 informa que receitas associadas a data centers correspondem a 38% do General Fund do condado (Loudoun County, 2025). Em paralelo, a auditoria independente JLARC estimou, para a Virgínia, impacto médio anual de 74 mil empregos, US\$ 5,5 bilhões em renda do trabalho e US\$ 9,1 bilhões em PIB, ressaltando que a maior parcela dos benefícios ocorre durante a construção (JLARC, 2024). A diferença entre PwC e JLARC é metodologicamente útil: demonstra que os resultados dependem do perímetro setorial, do tratamento do CAPEX, dos spillovers e dos multiplicadores utilizados.

Para países em desenvolvimento, Banco Mundial/IFC e BID deslocam o debate da simples construção para a formação de um mercado de infraestrutura digital. O Banco Mundial caracteriza data centers como a espinha dorsal de cloud e data infrastructure e destaca que ambiente de negócios, energia, conectividade e força de trabalho qualificada condicionam a atração do investimento. O BID, em estudo de 2025 dedicado à América Latina e Caribe, associa o desenvolvimento do setor a empregos de alto valor, investimento estrangeiro direto, arrecadação, soberania digital, transformação digital e desenvolvimento de talentos (World Bank/IFC, 2024; BID, 2025).

A conclusão é estratégica: o data center é simultaneamente ativo de infraestrutura, comprador recorrente de bens e serviços, plataforma de cloud/IA e âncora potencial de um cluster tecnológico. O retorno econômico de longo prazo depende de quanto do CAPEX e OPEX é retido localmente, da capacidade de formar mão de obra, da densidade de fornecedores e, sobretudo, da capacidade das empresas e do governo de converter compute em produtividade. Por isso, este estudo abandona

multiplicadores genéricos por MW sem fonte primária verificável e propõe, ao final, uma matriz quantitativa de benchmarks para construir um modelo brasileiro de impacto. Para efeito de melhor entedimento em valores, apresentaremos um calculo tomando como base 100 MW de carga de TI para ser possivel termos uma visão estimative de valores e mensuração numerica do impacto dos datacenters no mercado brasileiro.

1. INTRODUÇÃO

Data centers deixaram de ser uma infraestrutura de suporte periférica para se tornarem parte do capital produtivo da economia digital. Sistemas financeiros, comércio eletrônico, governo digital, telecomunicações, plataformas de software, treinamento e inferência de inteligência artificial dependem de capacidade de processamento, armazenamento, interconexão e disponibilidade contínua. O Banco Mundial/IFC descreve os data centers como a base física dos mercados de cloud e data infrastructure, ressaltando que sua expansão exige energia confiável e competitiva, conectividade de banda larga, ambiente regulatório previsível e força de trabalho tecnicamente qualificada (World Bank/IFC, 2024).

Essa mudança exige rever a forma como o impacto econômico é medido. Uma análise restrita ao número de operadores, técnicos e engenheiros empregados permanentemente dentro de um campus subestima a contribuição econômica. Em modelagens input-output, o investimento e a operação geram compras em construção, equipamentos, energia, telecomunicações, serviços profissionais, manutenção e logística; essas compras ativam fornecedores; e a renda distribuída a trabalhadores e empresas retorna à economia por meio do consumo. PwC denomina esses dois últimos canais efeitos indiretos e induzidos (PwC/DCC, 2026).

Há ainda uma quarta dimensão, que deve ser separada metodologicamente: a atividade econômica habilitada pelo serviço digital. A própria PwC alerta que sua modelagem de 2026 captura backward linkages — supply chain e household spending — e não captura a atividade econômica downstream habilitada pelos serviços de data center, denominada forward linkages (PwC/DCC, 2026). Essa distinção é fundamental: ganhos de produtividade associados a cloud e IA são economicamente relevantes, mas não podem ser adicionados mecanicamente aos multiplicadores input-output sem avaliar sobreposição.

O objetivo deste artigo é consolidar evidências confiáveis sobre geração de riqueza, empregos, renda e tributos associados a data centers, com ênfase especial na riqueza induzida e na formação de capital humano. O trabalho utiliza como referências principais PwC/Data Center Coalition, JLARC e Loudoun County para a Virgínia; Mangum Economics/NVTC; Banco Mundial/IFC; Banco Interamericano de Desenvolvimento; Deloitte; Oxford Economics; OECD e estudos governamentais e institucionais já incorporados à versão anterior do documento. A versão original já estruturava a análise em construção, efeitos indiretos/induzidos e cloud; a presente revisão aprofunda a segunda e a terceira camadas e elimina faixas quantitativas sem rastreabilidade primária suficiente.

1.1 Da infraestrutura de suporte ao capital produtivo digital

A mudança de percepção sobre data centers decorre de uma transformação na função econômica da tecnologia. Quando sistemas digitais eram periféricos, a instalação podia ser vista como centro de custo. Quando pagamentos, logística, atendimento, produção, pesquisa e gestão passam a depender de dados e software, a disponibilidade computacional integra a capacidade produtiva. O data center não é o produto final, mas a infraestrutura que permite produzir, distribuir e operar produtos e serviços digitais de maneira contínua.

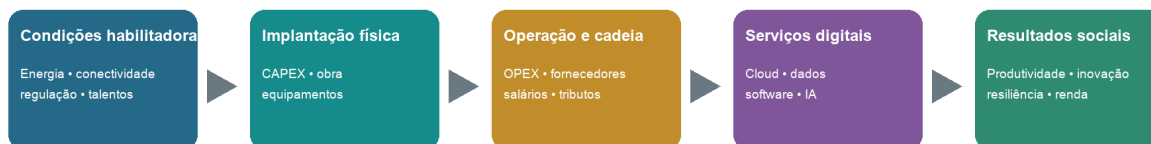
Essa condição aproxima data centers de infraestruturas de propósito geral, mas não elimina diferenças importantes. Energia e transporte entregam unidades físicas relativamente comparáveis; computação

combina potência, arquitetura, software, ocupação e qualidade de serviço. Um megawatt dedicado a hospedagem tradicional, cloud pública ou treinamento de IA pode habilitar atividades muito diferentes. Por isso, potência instalada é indicador de escala física, não medida suficiente de valor econômico.

1.2 Perguntas que organizam a análise

- Qual parcela do investimento e da operação é efetivamente retida na economia analisada?
- Quais efeitos são temporários, recorrentes, cumulativos ou estruturais?
- Quais resultados pertencem ao setor e quais são habilitados nos usuários de cloud e IA?
- Que custos públicos, restrições de infraestrutura e riscos acompanham os benefícios?
- Como comparar projetos sem usar multiplicadores universais ou produzir dupla contagem?

Como o investimento se converte em riqueza — cadeia causal



Leitura: cada etapa depende da anterior, mas não há conversão automática. A captura local é condicionada por conteúdo doméstico, adoção, concorrência e capacidade institucional.

Figura 1 — Cadeia causal conceitual entre condições habilitadoras, infraestrutura física, operação, serviços digitais e resultados econômicos. Elaboração própria; não representa estimativa quantitativa.

CHAVE DE LEITURA A infraestrutura cria possibilidade econômica; a captura de valor depende de adoção, fornecedores, competências e instituições. O estudo analisa tanto a oferta de capacidade quanto os mecanismos que transformam capacidade em resultado.

2. METODOLOGIA E CRITÉRIOS DE EVIDÊNCIA

2.1 Hierarquia de fontes

Foram priorizadas quatro categorias: (i) governos e órgãos de auditoria pública; (ii) organismos multilaterais, especialmente Banco Mundial/IFC e BID; (iii) consultorias econômicas e tecnológicas reconhecidas, como PwC, Deloitte, Oxford Economics, McKinsey e Gartner; e (iv) estudos acadêmicos e OECD para os mecanismos de produtividade e difusão tecnológica. Materiais de empresas de tecnologia são utilizados apenas quando complementam evidências de investimento, formação profissional ou adoção tecnológica e não substituem estudos independentes para estimativas macroeconômicas.

2.2 Quatro camadas econômicas

Camada	Definição	Exemplos	Tratamento
Direta	Atividade no próprio setor e CAPEX diretamente associado	Construção, operação, salários, equipamentos	Pode ser contabilizada diretamente.
Indireta	Compras na cadeia de fornecedores	Engenharia, energia, manutenção, telecom, logística, serviços profissionais	Modelada por input-output.
Induzida	Consumo das famílias financiado pela renda direta e indireta	Varejo, moradia, alimentação, transporte, serviços pessoais	Modelada por input-output.
Habilitada / forward linkage	Atividade e produtividade de usuários de cloud, software, dados e IA	Fintech, SaaS, indústria 4.0, governo digital, IA	Analisar separadamente para evitar dupla contagem.

Fonte: elaboração própria com base em PwC/DCC (2026), World Bank/IFC (2024) e Deloitte (2024).

2.3 Por que não usar um multiplicador universal por MW

A revisão anterior utilizava faixas indicativas por MW para empregos e valor econômico habilitado. Essas faixas são úteis como heurística, mas não são suficientemente robustas para um documento institucional quando não derivam de uma amostra homogênea de projetos. A PwC 2026 trabalha com emprego, renda, PIB e tributos a partir de atividade econômica observada e IMPLAN; a JLARC utiliza outro perímetro e outra modelagem; o BID e o Banco Mundial tratam de condições de mercado e desenvolvimento; e a Deloitte separa investimento físico de produtividade de cloud. Portanto, a revisão substitui coeficientes genéricos por uma matriz de benchmarks e propõe que qualquer estimativa brasileira de 1 GW seja construída com dados locais de CAPEX, OPEX, conteúdo nacional, impostos, salários e cadeia de fornecedores.

2.4 Perímetro, unidade e horizonte

Qualquer estudo de impacto deve definir três fronteiras antes de calcular resultados. A fronteira territorial estabelece se a análise é municipal, estadual ou nacional e determina quais compras são locais ou vazamentos. A fronteira setorial define quais atividades pertencem diretamente ao setor. A fronteira temporal distingue implantação, operação, expansão e refresh. Sem essas definições, números metodologicamente corretos podem responder perguntas diferentes e parecer contraditórios.

Decisão metodológica	Pergunta obrigatória	Risco se omitida
Território	Município, estado, país ou combinação?	Compras externas podem ser tratadas como impacto local.
Período	Ano corrente, média anual, ciclo da obra ou vida do ativo?	Picos temporários podem parecer permanentes.
Atividade direta	Operador, construção, equipamentos de clientes e energia entram onde?	Comparações entre fontes ficam inconsistentes.
Preço e conceito	Output, valor adicionado, PIB, renda ou receita?	Grandezas diferentes podem ser somadas.
Contrafactual	O que ocorreria sem o projeto ou incentivo?	Toda atividade observada pode ser atribuída ao investimento.
Spillovers	Efeitos de outros estados entram no total?	O território pode receber impacto originado fora dele.

2.5 Como ler multiplicadores

Multiplicadores de insumo-produto descrevem como uma mudança de demanda se propaga por uma estrutura produtiva observada. Eles não são constantes físicas. Variam com o ano-base, a classificação setorial, o nível geográfico, a parcela importada, o tratamento de margens e o modelo utilizado. Um multiplicador alto pode refletir cadeia doméstica profunda, mas também um perímetro amplo ou uma definição setorial abrangente.

O procedimento defensável é publicar o efeito direto e as parcelas indireta e induzida separadamente, informar a base do modelo e testar sensibilidade. Para o Brasil, multiplicadores devem ser calibrados com matriz insumo-produto doméstica e gastos elegíveis locais; benchmarks estrangeiros servem como controle de plausibilidade, não como coeficiente transferível.

2.6 Protocolo contra dupla contagem

Teste	Aplicação prática
Separação de módulos	Reportar infraestrutura e produtividade downstream em painéis distintos.
Identidade contábil	Não somar receita, output, PIB e renda como se fossem aditivos.
Compras internas	Eliminar transações entre atividades já consolidadas no mesmo perímetro.
Tempo	Não somar estoque de empregos a fluxos anuais.
Cenário-base	Estimar apenas diferença atribuível ao projeto em relação ao contrafactual.
Rastreabilidade	Ligar cada número a fonte, ano, território, moeda e método.

3. DATA CENTERS COMO INFRAESTRUTURA ECONÔMICA E DIGITAL

O Banco Mundial/IFC afirma que cloud e data infrastructure constituem uma fundação para crescimento econômico e inovação e que data centers formam a espinha dorsal dessa infraestrutura. O relatório destaca que apenas uma pequena parcela dos dados gerados é efetivamente analisada e utilizada e que cloud oferece agilidade, flexibilidade, escalabilidade e confiabilidade para transformar dados em valor econômico e social (World Bank/IFC, 2024).

O BID adota enquadramento semelhante para a América Latina e Caribe. Seu estudo de 2025 associa a oportunidade de data centers a investimento, emprego de alto valor, arrecadação, soberania digital e transformação tecnológica, recomendando políticas coordenadas de infraestrutura, desenvolvimento de talentos, sustentabilidade e parcerias público-privadas (BID, 2025). Essa formulação é particularmente relevante para o Brasil porque desloca a discussão de incentivos isolados para uma estratégia de ecossistema.

A literatura acadêmica ajuda a explicar o mecanismo. Etro (2009) argumenta que cloud reduz barreiras de entrada ao transformar investimento próprio em TI em serviço escalável. Forman, Goldfarb e Greenstein (2012) e Hjort e Poulsen (2019) mostram, em contextos distintos, que conectividade e infraestrutura digital podem afetar salários, emprego e produtividade. Esses trabalhos não medem diretamente data centers modernos, mas sustentam o canal econômico pelo qual infraestrutura digital modifica a organização produtiva.

3.1 A arquitetura econômica do ativo

Um data center reúne uma camada imobiliária, uma camada eletromecânica, uma camada de telecomunicações e uma camada de TIC. Cada uma possui fornecedores, vida útil, intensidade de importação e ciclos de reposição diferentes. A obra civil tende a interagir mais com a economia regional; equipamentos computacionais possuem cadeias globais; serviços de operação e energia geram fluxos recorrentes. A composição do projeto, portanto, determina onde e quando o valor é capturado.

3.2 Disponibilidade, latência e interconexão como atributos econômicos

Capacidade computacional só é economicamente útil quando está disponível com desempenho, segurança e conectividade compatíveis com o uso. Para aplicações financeiras, governo digital e processos industriais, indisponibilidade gera perda de receita, atraso e risco. Para aplicações sensíveis a latência, proximidade e interconexão podem ser decisivas. Esses atributos explicam por que regiões com múltiplos operadores, rotas de fibra e pontos de troca de tráfego formam vantagens cumulativas.

O valor também depende do grau de utilização. Um campus energizado, mas com baixa ocupação, produz efeitos de construção e parte do OPEX, porém habilita menos serviços digitais. Por isso, indicadores de MW anunciados, construídos, energizados, contratados e efetivamente utilizados devem ser separados.

Camada física/digital	Função econômica	Indicador útil	Possível vazamento
Terreno e obra	Disponibilizar espaço seguro e expansível.	Área entregue; cronograma; contratação local.	Materiais e engenharia externos.
Energia e refrigeração	Garantir capacidade, eficiência e continuidade.	MW energizados; disponibilidade; eficiência.	Equipamentos importados; rede fora do território.
Conectividade	Integrar clientes, regiões e ecossistemas.	Rotas, carriers, interconexões e latência.	Tráfego e serviços faturados externamente.
TIC	Converter energia em processamento e armazenamento.	Ocupação; mix de workloads; desempenho.	Hardware e propriedade intelectual importados.
Cloud/serviços	Entregar capacidade como serviço.	Clientes, adoção e disponibilidade regional.	Receita e valor capturados fora do país.

4. PRIMEIRA CAMADA: CONSTRUÇÃO, CAPEX E RETENÇÃO LOCAL

A construção de um data center é intensiva em capital e mobiliza engenharia civil, elétrica e mecânica, automação, telecomunicações, segurança, terraplenagem, equipamentos críticos e serviços profissionais. A versão anterior do estudo detalhava a estrutura do CAPEX entre infraestrutura física e ativos de TIC. Essa distinção permanece importante, mas os percentuais devem ser tratados como específicos ao tipo de projeto, densidade, redundância e conteúdo tecnológico, especialmente em AI factories, nas quais aceleradores podem dominar o investimento.

A JLARC oferece um contraponto público particularmente útil. Sua análise de 2024 para a Virgínia estimou que os data centers geravam, em média anual, 59 mil empregos associados à construção e 15 mil associados à operação, totalizando 74 mil; US\$ 4,3 bilhões de renda do trabalho na construção e US\$ 1,2 bilhão na operação; e US\$ 6,4 bilhões de PIB na construção e US\$ 2,7 bilhões na operação, totalizando US\$ 9,1 bilhões. O próprio órgão enfatiza que a maior parte do benefício econômico ocorre durante a fase de construção (JLARC, 2024).

Virgínia – JLARC 2024	Construção	Operação	Total anual
Empregos	59.000	15.000	74.000
Renda do trabalho	US\$ 4,3 bi	US\$ 1,2 bi	US\$ 5,5 bi
PIB da Virgínia	US\$ 6,4 bi	US\$ 2,7 bi	US\$ 9,1 bi

Fonte: Virginia Joint Legislative Audit and Review Commission – JLARC (2024). A apresentação informa efeitos econômicos diretos e indiretos baseados em investimento de capital e gastos operacionais.

O estudo histórico da Mangum Economics para a NVTC também mostra a relevância do CAPEX e da cadeia local. Para 2014, estimou impacto estadual de aproximadamente 36.043 empregos, US\$ 2,7 bilhões em salários, US\$ 8,6 bilhões em output econômico e US\$ 298,9 milhões em receitas tributárias estaduais e locais. Na Virgínia do Norte, estimou 21.995 empregos, US\$ 2,0 bilhões em salários e US\$ 5,7 bilhões em output (Mangum Economics/NVTC, 2016).

4.1 Do CAPEX anunciado ao CAPEX retido

CAPEX anunciado mede compromisso bruto e visibilidade política, mas não informa quanto valor permanece no território. Para calcular retenção, cada pacote deve ser classificado por origem do fornecedor, conteúdo importado, local de execução do serviço, salários e margens. A mesma despesa pode combinar equipamento estrangeiro, integração doméstica e instalação local. Atribuir todo o valor a uma única origem simplifica em excesso.

A retenção também muda com o tempo. Nos primeiros projetos, engenharia especializada e comissionamento podem vir de fora. Com pipeline contínuo, fornecedores abrem unidades, treinam equipes e absorvem certificações. A política industrial mais efetiva cria previsibilidade de demanda e padrões competitivos, permitindo aprendizado sem impor conteúdo local incompatível com custo, prazo ou confiabilidade.

Pacote de CAPEX	Potencial de contratação local	Capacidade a desenvolver	Indicador de acompanhamento
Projetos e licenciamento	Alto	Engenharia, estudos ambientais e coordenação.	Parcela de horas técnicas executadas no país.
Obra civil	Alto	Estruturas, incêndio, segurança e montagem.	Valor contratado e empregos-ano locais.
Sistemas elétricos	Médio/alto	Painéis, transformadores, integração e manutenção.	Conteúdo nacional por subsistema.
Refrigeração	Médio	Integração, tubulação, controles e serviços.	Fornecedores certificados e valor local.
TIC e aceleradores	Baixo no hardware; maior em integração	Integração, redes, software e operação.	Importação separada de serviços domésticos.
Comissionamento	Médio/alto com escala	Testes de missão crítica e qualidade.	Equipes e certificações locais.

4.2 Construção modular e permanência aparente

Um projeto individual possui ciclo de construção temporário. Um campus modular pode sobrepor edifícios, halls e expansões, prolongando o emprego de obra. Um cluster regional, por sua vez, combina cronogramas de vários operadores e pode sustentar uma carteira quase contínua. A permanência, contudo, pertence ao pipeline agregado, não a cada vaga ou projeto. Estudos devem publicar empregos-ano e cronograma, evitando apresentar o pico como estoque permanente.

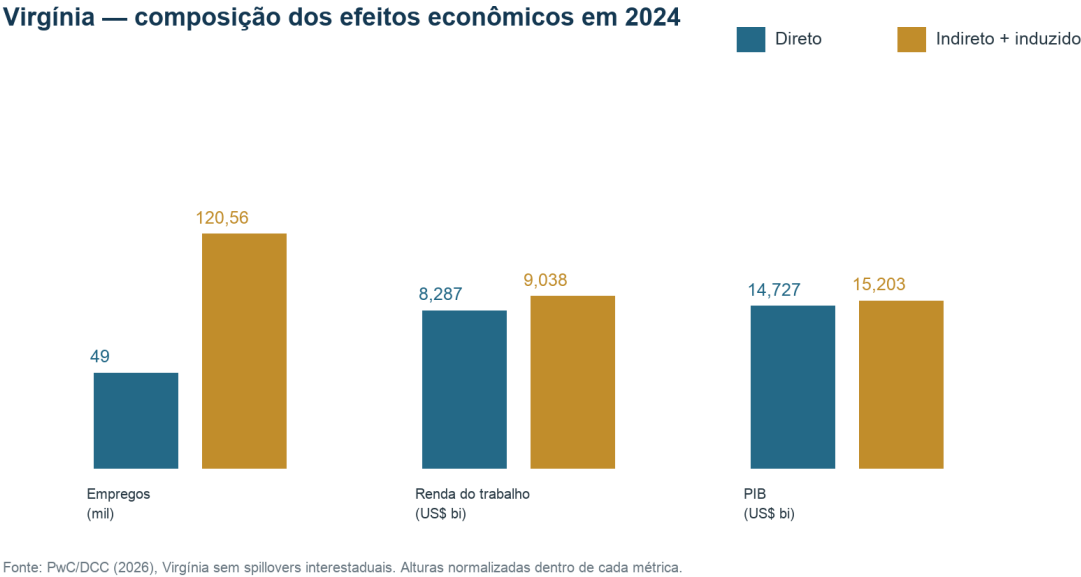


Figura 2 — Comparação entre contribuição direta e efeitos indiretos/induzidos na Virgínia em 2024. Fonte: PwC/DCC (2026). As alturas são normalizadas em cada métrica e não comparam unidades diferentes.

5. SEGUNDA CAMADA: RIQUEZA INDIRETA E INDUZIDA

5.1 O conceito econômico

Riqueza indireta é o valor gerado fora do operador de data center porque o empreendimento compra bens e serviços de outras empresas. A cadeia inclui construção, fabricantes e integradores elétricos e mecânicos, concessionárias e comercializadores de energia, telecomunicações, segurança,

manutenção, limpeza técnica, transporte, seguros, consultoria, advocacia, contabilidade e serviços de engenharia. A intensidade desse efeito depende do conteúdo local: quanto maior a parcela de bens e serviços adquirida dentro da economia analisada, maior a retenção do multiplicador.

Riqueza induzida é uma camada adicional. Ela surge quando salários e rendas gerados direta e indiretamente são gastos pelas famílias em moradia, alimentação, varejo, transporte, educação, saúde e outros serviços. A PwC define explicitamente o efeito induzido como empregos e atividade resultantes do gasto adicional das famílias com a renda obtida na indústria de data centers e em sua cadeia de fornecedores (PwC/DCC, 2026).

Essa distinção é decisiva para políticas públicas. Um projeto pode importar grande parte de seus servidores e GPUs, reduzindo o multiplicador industrial doméstico, mas ainda produzir efeitos locais relevantes por meio da obra, energia, serviços recorrentes e salários. Por outro lado, regiões com fornecedores especializados, engenharia local, fabricação de equipamentos, integradores e mão de obra qualificada capturam uma fração maior do investimento e do OPEX.

5.2 Evidência nacional dos Estados Unidos – PwC 2026

A PwC estima que o emprego direto da indústria americana superou 1 milhão de postos em 2023 e 2024. Quando são incorporados efeitos indiretos e induzidos de construção e operação, o emprego total suportado aumentou de 4,7 milhões em 2023 para 5,5 milhões em 2024. Em 2024, cada emprego direto foi associado a 4,5 empregos adicionais em outros setores, resultando em multiplicador total de emprego de 5,5 (PwC/DCC, 2026).

O efeito sobre renda é igualmente relevante. A renda direta do trabalho aumentou de US\$ 148,5 bilhões em 2023 para US\$ 164,4 bilhões em 2024. Incluindo efeitos diretos, indiretos e induzidos, a renda total passou de US\$ 431,1 bilhões para US\$ 525,3 bilhões. O multiplicador de renda do trabalho foi 3,2 em 2024: para cada US\$ 1 de renda gerado diretamente no setor, US\$ 2,20 adicionais foram gerados no restante da economia (PwC/DCC, 2026).

A contribuição total ao PIB americano, incluindo efeitos diretos, indiretos e induzidos, cresceu de US\$ 768,0 bilhões em 2023 para US\$ 926,9 bilhões em 2024. As receitas tributárias federais, estaduais e locais associadas ao setor foram estimadas em US\$ 164,7 bilhões em 2023 e US\$ 204,4 bilhões em 2024 (PwC/DCC, 2026). Esses números demonstram que a arrecadação não se limita ao imposto sobre o imóvel ou equipamento do data center; ela incorpora tributos gerados ao longo da cadeia econômica modelada.

PwC – EUA	2023	2024	Variação
Empregos totais suportados	4,7 milhões	5,5 milhões	+17%
Renda total do trabalho	US\$ 431,1 bi	US\$ 525,3 bi	+22%
PIB total	US\$ 768,0 bi	US\$ 926,9 bi	+21%
Receitas tributárias	US\$ 164,7 bi	US\$ 204,4 bi	+24%
Empregos adicionais por emprego direto	—	4,5	Multiplicador total 5,5
Renda adicional por US\$ 1 direto	—	US\$ 2,20	Multiplicador total 3,2

Fonte: PwC, *Economic Contributions of Data Centers in the United States, 2023–2024*, preparado para a Data Center Coalition, maio de 2026.

5.3 Virgínia: o benchmark mais completo de riqueza induzida

A Virgínia é especialmente útil porque combina elevada concentração de data centers, longa série histórica e múltiplas avaliações independentes. Em 2024, a PwC estimou 49.000 empregos diretos no setor e 120.560 empregos indiretos e induzidos dentro do estado, dos quais 78.800 associados à operação e 41.760 ao capital spending. O total, sem spillovers de atividade originada em outros estados, foi de 169.560 empregos. Incluindo spillovers interestaduais, chegou a 201.100 (PwC/DCC, 2026).

A renda do trabalho na Virgínia mostra a mesma estrutura. Em 2024, a contribuição direta foi de US\$ 8,287 bilhões; a contribuição indireta e induzida dentro do estado foi de US\$ 9,038 bilhões, sendo US\$ 4,987 bilhões ligados à operação e US\$ 4,050 bilhões ao capital spending. A renda total sem spillovers alcançou US\$ 17,325 bilhões e, com spillovers, US\$ 20,023 bilhões (PwC/DCC, 2026).

No PIB estadual, a contribuição direta foi de US\$ 14,727 bilhões e a indireta/induzida, sem spillover, de US\$ 15,203 bilhões. Desse montante adicional, US\$ 9,268 bilhões estavam associados à operação e US\$ 5,934 bilhões ao capital spending. O PIB total chegou a US\$ 29,929 bilhões sem spillovers e US\$ 34,278 bilhões com spillovers (PwC/DCC, 2026).

A arrecadação estadual e local atribuída ao setor, sem spillovers interestaduais, foi de US\$ 2,677 bilhões em 2024: US\$ 1,590 bilhão estadual e US\$ 1,087 bilhão local. Com spillovers, a contribuição estadual e local alcançou US\$ 3,129 bilhões (PwC/DCC, 2026).

Virgínia – PwC 2026	Direto 2024	Indireto + induzido no estado	Total sem spillover	Total com spillover
Empregos	49.000	120.560	169.560	201.100
Renda do trabalho	US\$ 8,287 bi	US\$ 9,038 bi	US\$ 17,325 bi	US\$ 20,023 bi
PIB	US\$ 14,727 bi	US\$ 15,203 bi	US\$ 29,929 bi	US\$ 34,278 bi
Tributos estaduais + locais	—	—	US\$ 2,677 bi	US\$ 3,129 bi

Fonte: PwC/DCC (2026), Tabela A-51. Spillover = efeitos indiretos e induzidos no estado atribuíveis à atividade direta da indústria em outros estados.

5.4 O que os números da Virgínia significam

A relação entre 49 mil empregos diretos e 120,56 mil empregos indiretos/induzidos dentro da Virgínia implica que, naquele ano e naquele perímetro metodológico, os encadeamentos domésticos foram maiores que o emprego direto. Isso não deve ser convertido automaticamente em coeficiente para o Brasil: a estrutura industrial, tributária, salarial, energética e de fornecedores é diferente. O valor analítico está em demonstrar que o emprego permanente dentro do data center é apenas uma fração da atividade econômica suportada.

Outro achado importante é a decomposição entre operação e capital spending. Dos 120,56 mil empregos indiretos e induzidos da Virgínia em 2024, 78,8 mil estavam associados à operação e 41,76 mil ao investimento de capital. Isso mostra que o efeito multiplicador não desaparece após a inauguração:

manutenção, energia, telecom, serviços e reposição tecnológica sustentam uma cadeia recorrente, enquanto novos ciclos de expansão e refresh de hardware mantêm o canal de investimento (PwC/DCC, 2026).

5.5 Loudoun County: produtividade fiscal do cluster

No nível local, Loudoun County oferece um caso extremo de concentração e produtividade fiscal. O orçamento proposto para FY2026 informa que receitas associadas a data centers representam 38% de todas as receitas do General Fund do condado (Loudoun County, 2025). Esse dado não significa que 38% de toda a economia local seja data center; significa que a base tributária do setor tornou-se estrutural para o financiamento público local.

O efeito fiscal tem implicações de política pública: uma base de ativos de alto valor pode ampliar receitas sem exigir, na mesma proporção, serviços públicos típicos de usos residenciais. Ao mesmo tempo, a concentração cria risco fiscal e de planejamento, razão pela qual Loudoun estabeleceu um Revenue Stabilization Fund; o material orçamentário FY2026 registra US\$ 119,7 milhões para esse fundo e informa que ele foi integralmente financiado naquele exercício (Loudoun County, 2025).

5.6 A evolução histórica do multiplicador

O estudo PwC/DCC de 2023, cobrindo 2017–2021, estimava que cada emprego direto suportava mais de seis empregos adicionais na economia americana. A atualização de 2026 estima 4,5 empregos adicionais em 2024. A diferença não deve ser lida como deterioração automática do setor: a própria PwC alerta que atualizações de benchmark do BEA e novas versões do IMPLAN podem alterar significativamente os multiplicadores, além de mudanças na definição setorial e na composição entre CAPEX e operação (PwC/DCC, 2023; PwC/DCC, 2026).

5.7 Anatomia da cadeia recorrente

A riqueza indireta da operação é distribuída por contratos de energia, telecomunicações, manutenção preventiva e corretiva, segurança, limpeza técnica, gestão de facilities, peças, seguros, consultoria e serviços profissionais. Parte desses gastos ocorre continuamente; parte é acionada por eventos, falhas, upgrades ou expansão. A qualidade da modelagem depende de separar o que é adquirido localmente do que é faturado localmente, mas produzido em outra região.

O efeito induzido depende da renda efetivamente apropriada por trabalhadores e empresas, da residência dos empregados e da propensão ao consumo dentro do território. Em um município pequeno, técnicos podem residir fora, reduzindo a circulação local. Em análise nacional, esse mesmo gasto permanece doméstico. O multiplicador muda apenas porque a fronteira mudou.

Elo da cadeia	Exemplos de gasto	Frequência	Determinante de retenção
Energia	Fornecimento, transmissão, certificados e gestão.	Contínua	Estrutura do setor elétrico e ativos adicionais.
Telecom	Fibra, trânsito, interconexão e operação.	Contínua	Presença de carriers e rotas locais.
Facilities	Manutenção, limpeza, vigilância e peças.	Recorrente	Fornecedores certificados na região.
Engenharia	Auditorias, testes, projetos e comissionamento.	Periódica	Capacidade técnica e experiência local.

Elo da cadeia	Exemplos de gasto	Frequência	Determinante de retenção
Serviços profissionais	Seguros, jurídico, contábil e consultoria.	Recorrente/periódica	Sedes e equipes que executam o trabalho.
Refresh	Substituição de servidores, redes e armazenamento.	Cíclica	Integração local versus importação direta.

5.8 O que explica diferenças entre PwC e JLARC

Os resultados não devem ser escolhidos apenas por magnitude. PwC e JLARC podem divergir por definição de indústria, ano de referência, tratamento do capital spending, fonte de dados e multiplicadores. A comparação útil identifica quais componentes entram em cada total. Um modelo brasileiro deve apresentar reconciliação semelhante: resultado principal, resultado sob perímetro alternativo e ponte explicativa entre ambos.

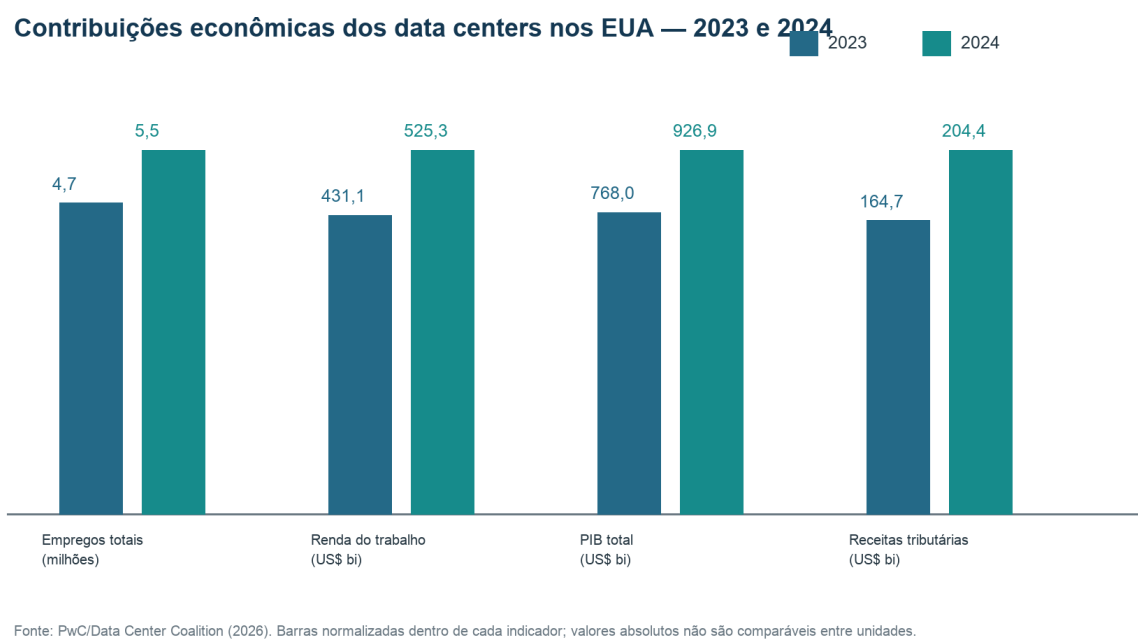


Figura 3 — Evolução das contribuições econômicas modeladas nos Estados Unidos entre 2023 e 2024. Fonte: PwC/DCC (2026). As barras são normalizadas por indicador e os rótulos exibem valores observados na fonte.

6. TERCEIRA CAMADA: CAPITAL HUMANO E CADEIA DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL

A riqueza induzida não é apenas consumo. Em clusters maduros, a demanda recorrente por técnicos, engenheiros, especialistas em redes, refrigeração, energia, segurança, cloud e software altera a oferta de formação profissional. Esse mecanismo cria uma cadeia de capital humano: demanda empresarial sinaliza competências escassas; instituições educacionais criam cursos e certificações; trabalhadores migram para ocupações de maior produtividade; fornecedores locais elevam capacidade técnica; e o território passa a reter parcela maior de futuros investimentos.

A Data Center Coalition registra, no estudo de 2023, investimentos das empresas do setor em programas STEAM, workforce development e conectividade comunitária. O estudo Mangum/NVTC sobre a Virgínia já identificava que o ecossistema de data centers se relacionava com arquitetura e engenharia, computer systems design, consultoria científica e técnica, P&D e telecomunicações, setores intensivos em conhecimento e com competências transferíveis para outras atividades tecnológicas (Mangum Economics/NVTC, 2016; PwC/DCC, 2023).

O BID coloca workforce development entre os pilares explícitos para capturar a oportunidade de data centers na América Latina e Caribe. O relatório recomenda que estratégias nacionais integrem infraestrutura e talento, em vez de tratar qualificação como política separada do investimento. Isso é particularmente relevante em IA, porque a infraestrutura de compute só se converte em valor econômico local quando há profissionais capazes de operar plataformas, desenvolver software, treinar modelos, integrar aplicações e redesenhar processos produtivos (BID, 2025).

Para o Brasil, a consequência é clara: políticas de atração devem exigir ou incentivar programas de formação alinhados às ocupações do cluster — eletricitistas, técnicos de missão crítica, mecânicos de refrigeração, automação, fibra, cybersecurity, cloud architects, DevOps, data engineering, MLOps e AI engineering. O objetivo não é apenas preencher vagas do campus, mas aumentar a densidade regional de competências que permite o surgimento de fornecedores e empresas digitais.

6.1 Da vaga imediata ao estoque de competências

Emprego é fluxo de ocupação; capital humano é estoque de conhecimentos, experiência e capacidade de resolver problemas. Uma vaga preenchida produz renda no período. Uma competência adquirida pode aumentar produtividade durante anos e ser utilizada em outros setores. É essa persistência que transforma formação profissional em efeito cumulativo, embora a permanência dependa de oportunidades, mobilidade e atualização contínua.

A cadeia de formação deve cobrir três horizontes. No curto prazo, certificações e treinamento de profissionais adjacentes ajudam a preencher vagas. No médio prazo, escolas técnicas e universidades ajustam currículos e laboratórios. No longo prazo, pesquisa aplicada, fornecedores e empresas de software ampliam a complexidade do ecossistema. Programas isolados de treinamento não substituem essa arquitetura.

Família ocupacional	Competências centrais	Via de formação	Externalidade possível
Construção e montagem	Elétrica, mecânica, segurança e qualidade.	Cursos técnicos, aprendizagem e certificações.	Competências transferíveis a energia e indústria.
Operação de missão crítica	Procedimentos, confiabilidade e resposta a incidentes.	Técnico superior, treinamento prático e certificação.	Elevação de padrões de facilities.
Redes e cibersegurança	Interconexão, monitoramento e proteção.	Graduação, certificações e laboratórios.	Capacidade digital para outros setores.
Cloud e plataforma	Arquitetura, DevOps, observabilidade e custos.	Bootcamps, graduação e experiência.	Digitalização de empresas e governo.
Dados e IA	Engenharia de dados, MLOps, modelos e governança.	Graduação, pós-graduação e projetos.	Inovação, pesquisa e novos negócios.
Gestão e regulação	Contratos, energia, risco e compliance.	Formação profissional e experiência setorial.	Melhoria institucional do mercado.

6.2 Indicadores de qualidade e inclusão

- Vagas formadas, certificadas, contratadas e retidas após 12 e 24 meses.
- Progressão salarial e transição de ocupações adjacentes para funções de maior produtividade.
- Participação de instituições locais, mulheres, jovens e grupos sub-representados.
- Número de instrutores, laboratórios e vagas educacionais permanentes criados.
- Mobilidade dos profissionais entre operador, fornecedores, cloud, software e indústria.

RETORNO SOCIAL O valor de um programa de formação não se resume a preencher o quadro do campus. Seu melhor resultado é aumentar a oferta regional de competências úteis a toda a economia digital e industrial.

7. QUARTA CAMADA: CLOUD, IA E RIQUEZA HABILITADA

7.1 O limite da modelagem input-output

A PwC 2026 é explícita: sua análise captura backward linkages, isto é, cadeia de suprimentos e gasto das famílias, mas não a atividade downstream habilitada pelos serviços de data center. Portanto, os US\$ 926,9 bilhões de PIB americano estimados para 2024 não devem ser interpretados como medida de toda a produtividade gerada por cloud e IA. Essa atividade habilitada exige metodologia distinta (PwC/DCC, 2026).

7.2 Banco Mundial/IFC: cloud como infraestrutura de produtividade

O Banco Mundial/IFC argumenta que cloud reduz custos, aumenta agilidade, escalabilidade, segurança e capacidade de inovação. O relatório observa que data centers são centrais para a expansão desses mercados e que economias de renda média e baixa podem capturar benefícios se criarem ambiente para investimento privado, conectividade, energia e competências (World Bank/IFC, 2024). O mecanismo econômico é semelhante ao de outras infraestruturas de propósito geral: o ativo físico produz valor quando empresas o utilizam para reorganizar processos e criar novos serviços.

7.3 Deloitte/Google Tailândia: separando infraestrutura e produtividade

O estudo da Deloitte sobre os investimentos do Google na Tailândia é metodologicamente valioso porque calcula separadamente o impacto do investimento em data center/cloud region e o impacto de produtividade do cloud. Para o investimento físico, utiliza abordagem input-output com IMPLAN; para produtividade, utiliza parâmetros de literatura da OECD e premissas de mercado. O estudo considera investimento de US\$ 1 bilhão entre 2025 e 2029 e estima que a cloud region poderia contribuir, em média, cerca de THB 22,88 bilhões por ano ao PIB entre 2025 e 2029, alcançando THB 37,45–56,18 bilhões em 2029, com efeitos em serviços financeiros, varejo, telecomunicações, mídia/games, manufatura e setor público. A Deloitte ressalta que IA pode ampliar esses ganhos (Deloitte, 2024).

O principal aprendizado não é transpor os valores tailandeses para o Brasil, mas adotar a arquitetura metodológica: um módulo mede CAPEX/OPEX e multiplicadores; outro mede produtividade dos usuários de cloud. Isso reduz o risco de dupla contagem e permite construir cenários de adoção por setor.

7.4 Digitalização, startups e redução de barreiras de entrada

Etro (2009) formalizou um dos mecanismos econômicos mais relevantes de cloud: pequenas e médias empresas podem acessar capacidade computacional sem imobilizar capital em infraestrutura própria. Isso reduz barreiras de entrada e pode acelerar criação de empresas e competição. O Banco Mundial/IFC atualiza esse argumento ao mostrar que cloud suporta aplicações que vão de educação e agricultura digital a serviços financeiros, comércio digital e IA (Etro, 2009; World Bank/IFC, 2024).

7.5 Caminhos de transmissão da produtividade

A adoção de cloud pode reduzir tempo de provisionamento, transformar custos fixos em variáveis, facilitar experimentação e ampliar alcance geográfico. Esses efeitos técnicos só se tornam

produtividade quando empresas redesenham processos, integram dados, treinam pessoas e mudam decisões. A defasagem entre migração e resultado é, portanto, esperada e deve aparecer nos cenários.

Na IA, o mecanismo inclui automação de tarefas, apoio à decisão, personalização, descoberta científica e criação de software. O efeito pode elevar produto por trabalhador ou melhorar qualidade, velocidade e alcance. Nem todo benefício aparece como redução de emprego; muitas aplicações ampliam capacidade e volume. A avaliação deve escolher métricas adequadas ao caso de uso, evitando transformar toda adoção em um único percentual de produtividade.

Canal downstream	Mecanismo	Métrica de resultado	Cuidado de atribuição
Redução de custo	Uso elástico e menor capacidade ociosa.	Custo por transação ou workload.	Separar ganho de negociação de ganho tecnológico.
Velocidade	Provisionamento e desenvolvimento mais rápidos.	Tempo de lançamento e frequência de releases.	Controlar mudanças de equipe e gestão.
Escala	Expansão sem infraestrutura própria equivalente.	Clientes, transações e regiões atendidas.	Não confundir receita bruta com valor adicionado.
Resiliência	Backup, redundância e recuperação.	Tempo de indisponibilidade e perdas evitadas.	Benefício é contrafactual e probabilístico.
Inovação	Dados, experimentos e IA.	Novos produtos, patentes ou receita incremental.	Atribuição depende de ativos complementares.
Inclusão de PMEs	Menor barreira de entrada tecnológica.	Adoção, sobrevivência e crescimento de empresas.	Acesso, competência e concorrência condicionam resultado.

7.6 Separação recomendada de resultados

Painel A — impacto do setor	Painel B — impacto habilitado
CAPEX e OPEX elegíveis	Adoção de cloud/IA por setor
Empregos diretos, indiretos e induzidos	Mudanças de produtividade e qualidade
Renda, valor adicionado e tributos	Novos produtos, empresas e mercados
Compras e conteúdo doméstico	Resiliência e perdas evitadas
Formação ligada ao empreendimento	Difusão de competências digitais

Os dois painéis podem ser apresentados lado a lado, mas não somados automaticamente. O primeiro descreve a atividade econômica para entregar infraestrutura e serviços; o segundo descreve como usuários transformam esses serviços em resultados. A distinção preserva transparência e permite que diferentes métodos sejam auditados.

8. TRIBUTOS E FINANÇAS PÚBLICAS

A arrecadação associada a data centers possui três origens que devem ser separadas. A primeira é direta: propriedade, equipamentos, vendas, folha e outros tributos pagos pelo próprio setor, conforme a jurisdição. A segunda é indireta: tributos pagos pelos fornecedores ativados pela cadeia. A terceira é induzida: tributos associados ao consumo das famílias e à renda gerada pelos encadeamentos. A PwC incorpora essas três camadas em sua estimativa de tax contribution (PwC/DCC, 2026).

Nos Estados Unidos, a contribuição fiscal total estimada passou de US\$ 164,7 bilhões em 2023 para US\$ 204,4 bilhões em 2024. Na Virgínia, a contribuição estadual e local sem spillovers foi de US\$ 2,677 bilhões em 2024; com spillovers, US\$ 3,129 bilhões. Em Loudoun, data centers responderam por 38% das receitas do General Fund no orçamento FY2026 (PwC/DCC, 2026; Loudoun County, 2025).

No Brasil, a versão anterior citava ABDI, Brasscom/Redata e PwC Brasil para discutir carga tributária e composição do CAPEX. Esses dados permanecem relevantes para a modelagem doméstica, mas devem ser usados com cautela na comparação internacional, porque incentivos sobre equipamentos podem reduzir arrecadação na implantação ao mesmo tempo em que ampliam a base futura de serviços, energia, emprego, propriedade e atividade digital. A avaliação correta é de valor presente líquido fiscal e econômico ao longo do ciclo do ativo, e não apenas de renúncia tributária inicial.

8.1 Do incentivo inicial ao valor presente líquido fiscal

Incentivos frequentemente incidem no momento de maior desembolso, enquanto receitas se distribuem durante implantação, ocupação, operação e reinvestimento. Comparar renúncia imediata com receita de um único ano distorce o resultado. A avaliação deve construir fluxo anual, aplicar horizonte e taxa de desconto explícitos e incluir custos públicos incrementais de energia, conexão, licenciamento, fiscalização, infraestrutura e mitigação.

Retorno fiscal ao longo do ciclo — estrutura de avaliação



Figura conceitual. A aplicação requer regras tributárias, cronograma, taxa de desconto e custos públicos específicos do projeto.

Figura 4 — Estrutura conceitual do retorno fiscal ao longo do ciclo do ativo. Elaboração própria; a figura não representa valores ou prazo de payback observados.

Componente fiscal	Momento típico	Base de cálculo necessária	Risco
Incentivos de implantação	Antes/durante CAPEX	Equipamentos, importação, crédito ou imposto dispensado.	Projeto atrasar ou reduzir escopo.
Receitas da obra	Construção	Folha, serviços, materiais e incidências aplicáveis.	Pico temporário ser anualizado.
Receitas da operação	Vida operacional	Propriedade, folha, serviços, energia e vendas conforme jurisdição.	Ocupação abaixo do previsto.
Receitas da cadeia	Construção e operação	Valor adicionado de fornecedores elegíveis.	Dupla contagem entre níveis de governo.
Custos públicos	Todo o ciclo	Rede, vias, fiscalização, formação e mitigação.	Subestimação de custos de oportunidade.
Risco de concentração	Maturidade do cluster	Participação do setor na receita e volatilidade.	Dependência fiscal de poucos contribuintes.

8.2 Transparência e mecanismos de proteção

Contratos e programas podem adotar marcos verificáveis, clawbacks, limites de benefício, revisões periódicas e fundos de estabilização. O objetivo é alinhar o benefício público à execução e reduzir exposição a mudanças tecnológicas, tributárias ou de mercado. A divulgação deve mostrar tributos brutos, renúncias, custos e receitas líquidas por fase, respeitando confidencialidade comercial.

9. O CASO VIRGÍNIA DO NORTE COMO MODELO DE CLUSTER

A Virgínia do Norte é relevante não apenas por escala, mas pela sequência histórica de formação de cluster: conectividade e fibra; disponibilidade de energia; regime tributário competitivo; concentração de operadores e hyperscalers; fornecedores especializados; mão de obra; serviços profissionais; e formação de uma base fiscal local. A Mangum Economics já descrevia data centers e redes de fibra como infraestrutura central da economia tecnológica da Virgínia (Mangum Economics/NVTC, 2016).

Os dados mais recentes mostram que o cluster alcançou massa crítica suficiente para que os efeitos indiretos e induzidos superem a atividade direta em várias métricas. Na PwC 2026, o PIB direto da indústria na Virgínia foi US\$ 14,727 bilhões em 2024, enquanto os efeitos indiretos e induzidos dentro do estado foram US\$ 15,203 bilhões. Em emprego, 49 mil postos diretos estavam associados a 120,56 mil postos indiretos e induzidos dentro do estado (PwC/DCC, 2026).

Ao mesmo tempo, a JLARC produz uma estimativa mais conservadora de 74 mil empregos e US\$ 9,1 bilhões de PIB médio anual, com forte peso da construção (JLARC, 2024). Para um benchmark brasileiro, a coexistência desses resultados é uma vantagem: permite construir faixas metodológicas em vez de escolher um único número favorável.

9.1 Por que clusters se tornam cumulativos

Aglomeração reduz custos de coordenação e incerteza. Operadores encontram energia, rotas de fibra, fornecedores e profissionais já familiarizados com missão crítica. Fornecedores justificam presença local porque existe carteira de clientes. Instituições criam programas porque há demanda recorrente. Cada investimento pode, assim, reduzir o risco e o prazo do próximo.

Círculo cumulativo de formação de um cluster de data centers



Figura conceitual. O ciclo pode ser interrompido por restrições de energia, conectividade, licenciamento, competências ou demanda.

Figura 5 — Círculo conceitual de formação de cluster. Elaboração própria; representa mecanismos de acumulação, não sequência inevitável.

O ciclo também pode produzir congestionamentos e dependências. Concentração aumenta demanda por transmissão, equipamentos, mão de obra e licenciamento. A vantagem cumulativa pode converter-se em restrição se a expansão não for coordenada. Por isso, o benchmark da Virgínia deve ser estudado como conjunto de benefícios, riscos e respostas institucionais, não como modelo a copiar integralmente.

Elemento do cluster	Benefício cumulativo	Risco de saturação	Resposta de política
Energia	Escala atrai investimento em rede e geração.	Fila de conexão e pressão sobre sistema.	Planejamento, sinais locais e adicionalidade.
Fibra/interconexão	Mais rotas e menor custo de troca.	Concentração geográfica e pontos únicos de falha.	Diversidade de rotas e expansão regional.
Fornecedores	Especialização, qualidade e menor prazo.	Dependência de poucos prestadores.	Concorrência, qualificação e padrões abertos.
Talentos	Experiência acumulada e mobilidade.	Escassez e inflação salarial.	Formação escalável e atração de profissionais.
Base fiscal	Receita recorrente e capacidade de investimento.	Concentração e volatilidade.	Reservas e diversificação fiscal.
Licenciamento	Aprendizado e previsibilidade.	Sobrecarga institucional.	Processos claros, capacidade técnica e transparência.

10. IMPLICAÇÕES PARA O BRASIL

O Brasil reúne atributos relevantes para desenvolver um cluster de infraestrutura digital: mercado interno de grande escala, matriz elétrica relativamente renovável, sistema financeiro digitalizado, ecossistema de telecomunicações e demanda crescente por cloud e IA. Contudo, transformar capacidade instalada em riqueza induzida exige mais do que autorizar e conectar data centers. É necessário elevar a retenção local do CAPEX e OPEX, formar fornecedores, ampliar a oferta de competências e estimular a adoção produtiva de cloud e IA.

O BID recomenda para América Latina e Caribe uma estratégia que combine infraestrutura, regulação, sustentabilidade, talentos e parcerias público-privadas. O Banco Mundial/IFC acrescenta previsibilidade regulatória, energia competitiva, conectividade e ambiente de negócios. Esses elementos podem ser traduzidos em uma política brasileira de cinco eixos: energia e conexão; tributação e comércio exterior; licenciamento e time-to-market; formação de capital humano e fornecedores; e políticas de demanda para cloud/IA em empresas e governo (BID, 2025; World Bank/IFC, 2024).

A política de atração deve ser avaliada por indicadores de resultado: investimento efetivamente realizado; MW energizados; percentual de compras locais; massa salarial; empregos diretos, indiretos e induzidos; arrecadação líquida; formação e certificação profissional; número de fornecedores locais qualificados; expansão de cloud regions e interconexão; e adoção de cloud/IA pelos setores produtivos. Sem esses indicadores, incentivos podem capturar apenas o ativo físico sem maximizar o efeito de cluster.

10.1 Da atração de ativos à estratégia de captura

Uma estratégia brasileira precisa distinguir atração, retenção e transformação. Atração trata de custo, prazo, energia e previsibilidade. Retenção trata da parcela de CAPEX, OPEX, salários, tributos e serviços que permanece no país. Transformação trata da conversão de cloud e IA em produtividade, inovação, resiliência e capacidade tecnológica. Um programa pode ter sucesso na primeira dimensão e desempenho fraco nas outras duas.

10.2 Painel de valor capturado por MW

Eixo	Indicadores de entrada	Indicadores de resultado	Periodicidade
Execução	CAPEX contratado e cronograma.	Investimento realizado; MW energizados e utilizados.	Trimestral/anual.
Retenção	Origem de bens, serviços e mão de obra.	Compras domésticas e valor adicionado local.	Anual.
Emprego e renda	Vagas, ocupações e salários.	Empregos-ano, permanentes, massa salarial e progressão.	Anual.
Fiscal	Benefícios e incidências.	Receita bruta, líquida, VPL e concentração.	Anual/plurianual.
Competências	Cursos, bolsas e laboratórios.	Certificação, contratação e retenção.	Semestral/anual.
Ecossistema	Fornecedores, interconexão e parcerias.	Novos entrantes, contratos e densidade de rede.	Anual.
Downstream	Disponibilidade e programas de adoção.	Uso por PMEs/governo, produtividade e resiliência.	Anual/plurianual.
Sustentabilidade	Energia, água, emissões e território.	Eficiência, adicionalidade e impactos líquidos.	Contínua/anual.

10.3 Diferenciação de projetos

Tipologia	Principal função	Perfil de valor	Ponto de atenção
Colocation	Hospedagem e interconexão de múltiplos clientes.	Densidade de ecossistema e conectividade.	Valor depende de ocupação e interconexão.
Cloud region	Serviços elásticos de computação, dados e plataforma.	Fortes forward linkages quando há adoção.	Receita e propriedade intelectual podem ser externas.
Hyperscale dedicado	Capacidade em grande escala para operador ou plataforma.	CAPEX, eficiência e cadeia de operação.	Emprego direto relativamente enxuto.
AI factory	Treinamento e inferência intensivos.	Alto conteúdo computacional e potencial de inovação.	Hardware importado, energia e rápida obsolescência.
Edge	Baixa latência e distribuição regional.	Interiorização, resiliência e casos locais.	Menor escala por unidade e economia de rede.

A comparação deve combinar potência, função, localização, ocupação, conteúdo doméstico e serviços disponibilizados. Tratar todos os projetos como equivalentes por MW cria incentivos inadequados e dificulta medir resultados públicos.

10.4 Benefício bruto, custo de oportunidade e benefício líquido

Geração de riqueza não deve ser avaliada isoladamente dos recursos necessários para produzi-la. Energia, conexão, transmissão, equipamentos, água, território e capacidade institucional possuem usos alternativos. O custo de oportunidade não significa que o investimento seja indesejável; significa que a decisão pública deve comparar o benefício incremental do projeto com os investimentos e renúncias exigidos e com alternativas possíveis para os mesmos recursos.

No sistema elétrico, é necessário distinguir consumo contratado, energia adicional e infraestrutura de rede necessária. Uma carga de grande escala pode criar demanda estável e viabilizar novos investimentos, mas também pode exigir reforços, aumentar filas de conexão ou transferir custos quando regras e sinais locacionais não estão bem desenhados. A avaliação econômica deve identificar quem financia cada expansão e quais ativos permanecem úteis ao sistema e à sociedade.

Água e refrigeração exigem análise específica ao clima, à tecnologia e à bacia. O indicador relevante não é apenas consumo absoluto, mas a relação entre disponibilidade local, qualidade da água, sazonalidade, recirculação, alternativas técnicas e competição com outros usos. Da mesma forma, emissões precisam considerar fonte de energia, geração de emergência, cadeia de equipamentos e reposição tecnológica, evitando conclusões baseadas apenas na operação direta.

O território também enfrenta efeitos de uso do solo, paisagem, ruído, tráfego de construção e concentração de infraestrutura. Muitos impactos são mais intensos na implantação e podem ser mitigados por localização, projeto e condicionantes. Outros permanecem durante a operação. A governança deve combinar padrões previsíveis, monitoramento e participação local, sem transformar licenciamento em processo indefinido ou incapaz de avaliar impactos cumulativos.

Dimensão	Benefício potencial	Custo/risco a contabilizar	Indicador de benefício líquido
Energia	Demanda estável, investimento e integração renovável.	Reforços, congestionamento, custos transferidos e emissões.	Adicionalidade, custo incremental e contribuição sistêmica.
Conectividade	Novas rotas, redundância e interiorização.	Concentração e dependência de corredores.	Diversidade de rotas e capacidade compartilhável.

Dimensão	Benefício potencial	Custo/risco a contabilizar	Indicador de benefício líquido
Água	Inovação em eficiência e circuitos fechados.	Competição local, sazonalidade e qualidade.	Consumo por tecnologia e contexto hídrico.
Território	Investimento, base fiscal e requalificação de áreas.	Uso do solo, ruído, tráfego e paisagem.	Plano territorial e mitigação verificada.
Emissões e materiais	Demanda por energia limpa e equipamentos eficientes.	Carbono incorporado, emergência e descarte.	Emissões de ciclo de vida e circularidade.
Capacidade pública	Receita e modernização institucional.	Custos de análise, fiscalização e infraestrutura.	Receita líquida de custos públicos incrementais.

AValiação Equilibrada O indicador final deve ser benefício líquido e adicional: valor econômico e social capturado menos incentivos, custos públicos, externalidades e riscos. Essa abordagem fortalece — em vez de enfraquecer — a legitimidade de projetos que demonstram contribuição positiva.

11. MATRIZ QUANTITATIVA “DATA CENTER → RIQUEZA INDUZIDA”

A matriz abaixo consolida estudos e referências que podem formar a base de um benchmark brasileiro. “N/D” significa que o indicador não foi reportado na fonte ou não é diretamente comparável. A ausência de dado é deliberada: o objetivo é evitar preenchimento por inferência.

País/região	Fonte	Escopo	Investimento /MW	Empregos	PIB/GVA/output	Renda	Tributos	Multiplicador	Método
EUA	PwC/DCC 2026	Setor nacional	N/D	>1,0 mi diretos; 5,5 mi totais	US\$ 926,9 bi PIB	US\$ 525,3 bi renda	US\$ 204,4 bi tributos	4,5 adicionais/em prego direto	IMPLAN; direto+indireto+in duzido
Virgínia	PwC/DCC 2026	Estado	N/D	49.000 dir.; 120.560 ind.+ind.; 169.560 total	US\$ 29,929 bi PIB	US\$ 17,325 bi	US\$ 2,677 bi est.+local	2,46 ind.+ind./diret o no estado	IMPLAN; sem spillover
Virgínia	PwC/DCC 2026	Estado + spillover	N/D	201.100 total	US\$ 34,278 bi PIB	US\$ 20,023 bi	US\$ 3,129 bi est.+local	N/D	IMPLAN; com spillover
EUA	PwC/DCC 2023	2017–2021	N/D	4,2 mi total em 2021; >6 adicionais por direto	US\$ 2,1 tri acumulado 2017–21	N/D	US\$ 403,5 bi acumulado	>6 adicionais/dire to	Input-output/IMPLAN
Virgínia	JLARC 2024	Média anual	N/D	59 mil construção; 15 mil operação; 74 mil total	US\$ 9,1 bi PIB	US\$ 5,5 bi	N/D	N/D	Auditoria legislativa; direto+indireto
Virgínia	Mangum/NVT C 2016	2014	N/D	36.043 empregos	US\$ 8,6 bi output	US\$ 2,7 bi salários	US\$ 298,9 mi est.+local	N/D	Impacto econômico/fiscal
N. Virgínia	Mangum/NVT C 2016	2014	N/D	21.995 empregos	US\$ 5,7 bi output	US\$ 2,0 bi salários	N/D	N/D	Impacto regional
Loudoun, VA	Loudoun County FY2026	Fiscal local	N/D	N/D	N/D	N/D	38% do General Fund	N/D	Orçamento público
Tailândia	Deloitte/Google 2024	2025–2029	US\$ 1 bi	Impactos de emprego modelados no estudo	THB 22,88 bi/ano cloud; THB 37,45–56,18 bi em 2029	N/D	N/D	N/D	IMPLAN + produtividade OECD

País/região	Fonte	Escopo	Investimento /MW	Empregos	PIB/GVA/output	Renda	Tributos	Multiplicador	Método
ALC	BID 2025	Regional	N/D	Emprego de alto valor – qualitativo	Crescimento/competitividade – qualitativo	N/D	Aumento de arrecadação – qualitativo	N/D	Framework estratégico
Global/LMIC	World Bank/IFC 2024	Cloud/DC markets	N/D	Workforce como fator de atração	Cloud como base de crescimento e inovação	N/D	N/D	N/D	Política e mercado
Europa	Euro 2009	Cloud	N/D	Modela criação de emprego/firmas	Output e criação de negócios	N/D	N/D	N/D	Modelo econômico cloud
África	Hjort & Poulsen 2019	Conectividade	N/D	Efeito sobre emprego	Efeito produtivo	Efeito salarial	N/D	N/D	Econometria causal
EUA	Forman et al. 2012	Internet/local wages	N/D	N/D	N/D	Efeitos sobre salários	N/D	N/D	Econometria regional
Brasil	ABDI 2023	Política DC	CAPEX por MW na fonte	Emprego/atração – conforme estudo	N/D	N/D	Carga tributária discutida	N/D	Estudo setorial/política
Brasil	Brasscom/Re data 2024	Hyperscale	Estrutura CAPEX	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	Apresentação técnica
Brasil	PwC Brasil 2026	Tributação DC	N/D	N/D	N/D	N/D	Estrutura tributária	N/D	Análise tributária
Global	McKinsey 2024	Demanda DC	CAPEX/demanda	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	Consultoria setorial
Global	Uptime Institute 2024	Operação DC	N/D	Workforce/operacional	N/D	N/D	N/D	N/D	Survey setorial
Global	IEA 2024	Energia/DC	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	Energia e infraestrutura
EUA/Google	Oxford Economics 2018+	Impacto local	Investimentos Google	Empregos diretos/indiretos/induzidos conforme local	PIB/output conforme estudo	Renda conforme estudo	Tributos/benefícios comunitários conforme local	N/D	Input-output regional
EUA	Consumer Energy Alliance 2025	Benefícios econômicos	N/D	Empregos/efeitos locais	Benefícios econômicos	N/D	Tributos	N/D	Síntese setorial
Global	OECD 2010	Cloud policy	N/D	Efeitos econômicos de cloud	Produtividade/inovação	N/D	N/D	N/D	Análise de política
Brasil	BNDES 2026	Fibra/edge DC	R\$ 50 mi financiamento Eletronet	N/D	Infraestrutura habilitadora	N/D	N/D	N/D	Financiamento público

Fonte: consolidação das referências deste estudo. N/D = não disponível ou não comparável na fonte consultada. Os valores PwC 2026 para a Virgínia são sem spillover, salvo linha específica.

11.1 Como utilizar a matriz sem produzir falsa comparabilidade

A matriz contém fontes com anos, territórios e objetos diferentes. Seu uso correto é localizar indicadores disponíveis, compreender métodos e identificar lacunas. Não é uma tabela de ranking. Valores nacionais não devem ser divididos por MW sem capacidade correspondente e perímetro compatível; valores de output não equivalem a PIB; médias anuais não equivalem a impacto de um ano específico; e spillovers devem ser tratados separadamente.

Campo mínimo	Descrição	Exemplo de controle
Fonte e versão	Documento, edição e eventual patrocinador.	PwC/DCC, maio de 2026.
Ano de atividade	Período econômico medido.	2024, embora publicado em 2026.
Território	Nacional, estado, município ou região.	Virgínia sem spillover.
Perímetro direto	Atividades incluídas no setor.	Construção, operação, equipamentos ou combinação.
Grandeza	Emprego, renda, output, GVA/PIB ou tributo.	Não somar output e PIB.
Unidade temporal	Estoque, emprego-ano, anual ou acumulado.	74 mil empregos médios anuais.
Método	Input-output, econometria, auditoria ou framework.	IMPLAN versus análise pública.
Limitações	Ausências, hipóteses e não comparabilidades.	N/D mantido sem inferência.

11.2 Lacunas prioritárias brasileiras

- CAPEX por tipologia e pacote, com conteúdo doméstico verificável.
- OPEX por categoria e residência/território dos fornecedores.
- Empregos-ano de construção e ocupações permanentes por qualificação.
- Incidência fiscal por nível de governo, incentivos e custos públicos.
- MW anunciados, construídos, energizados, contratados e utilizados.
- Adoção downstream de cloud/IA e resultados por setor, em módulo separado.

12. FRAMEWORK PARA ESTIMAR O IMPACTO DE 1 GW ADICIONAL NO BRASIL

A matriz permite construir um benchmark de 1 GW, mas a estimativa não deve começar por um multiplicador importado. O procedimento recomendado é bottom-up e modular.

1. **Módulo A – CAPEX físico e TIC:** Levantar CAPEX por MW por tipologia — colocation, hyperscale cloud, AI factory — separando construção, elétrica, mecânica, telecom, servidores, GPUs, storage e rede. Aplicar conteúdo nacional por categoria e cronograma de desembolso.
2. **Módulo B – Emprego de construção:** Converter gastos locais em emprego e renda usando matrizes insumo-produto brasileiras e coeficientes do IBGE, distinguindo empregos-ano de empregos permanentes.
3. **Módulo C – OPEX recorrente:** Modelar energia, manutenção, telecom, segurança, facilities, software, peças, serviços profissionais e folha. Separar compras domésticas de importações.
4. **Módulo D – Indireto e induzido:** Aplicar multiplicadores brasileiros de input-output aos gastos elegíveis. O benchmark PwC serve para teste de plausibilidade, não para transferência automática.
5. **Módulo E – Fiscal:** Calcular tributos diretos, indiretos e induzidos, abatendo incentivos e renúncias. Produzir fluxo anual e valor presente líquido fiscal em 10–20 anos.
6. **Módulo F – Capital humano:** Estimar vagas por ocupação, salários, certificações, capacidade das instituições de ensino e custo/tempo de formação. Medir aumento de oferta de competências.
7. **Módulo G – Cloud/IA downstream:** Estimar adoção de cloud/IA por setor e ganhos de produtividade em módulo separado, seguindo a lógica Deloitte/OECD. Não somar automaticamente ao input-output.
8. **Módulo H – Cenários:** Construir cenários conservador, base e acelerado para conteúdo local, utilização, mix AI/cloud, preço de energia, salários, importação, taxa de ocupação e produtividade.

O resultado deve apresentar, para 1 GW, pelo menos: CAPEX total e CAPEX retido no Brasil; empregos-ano de construção; empregos permanentes; empregos indiretos e induzidos; massa salarial; PIB/GVA; tributos brutos e líquidos de incentivos; gasto energético; compras locais; número de profissionais formados; e uma estimativa separada de valor econômico habilitado por cloud/IA. A separação entre “impacto do setor” e “impacto habilitado” é condição para evitar dupla contagem.

12.1 Sequência operacional do modelo

O framework deve começar com cadastro físico e cronograma de projetos. Em seguida, classifica gastos por pacote, origem e período; converte gastos elegíveis em efeitos diretos; aplica a matriz brasileira aos componentes indiretos e induzidos; constrói o fluxo fiscal; estima formação; e, por fim, executa um módulo downstream separado. Cada etapa precisa produzir arquivo de premissas e trilha de auditoria.

Etapa	Entrada	Processamento	Saída
1. Cadastro	Tipologia, localização, MW e cronograma.	Harmonização e remoção de duplicidades.	Pipeline físico anual.
2. Gastos	CAPEX/OPEX por pacote e origem.	Deflação, câmbio e conteúdo doméstico.	Demanda elegível por setor.
3. Trabalho	Folha, ocupações e duração.	Separação emprego-ano/permanente.	Emprego, renda e qualificação.
4. Input-output	Demanda doméstica elegível.	Multiplicadores brasileiros por território.	Indireto, induzido e valor adicionado.
5. Fiscal	Bases, alíquotas, incentivos e custos.	Fluxo anual e desconto.	VPL fiscal e payback por cenário.

Etapas	Entrada	Processamento	Saída
6. Capital humano	Demanda ocupacional e oferta educacional.	Gap, custo e prazo de formação.	Plano de vagas e capacidade.
7. Downstream	Adoção e desempenho por setor.	Cenários de produtividade separados.	Benefício habilitado sem dupla contagem.
8. Sensibilidade	Parâmetros críticos.	Conservador, base e acelerado.	Intervalos e riscos.

12.2 Cenários e testes de sensibilidade

Variável	Cenário conservador	Cenário-base	Cenário acelerado
Ritmo de implantação	Atrasos e conexão gradual.	Cronograma provável documentado.	Execução antecipada e expansões.
Conteúdo doméstico	Baixa retenção em equipamentos e serviços.	Mix observado/contratado.	Desenvolvimento competitivo de fornecedores.
Ocupação	Rampa lenta.	Rampa contratual provável.	Demanda forte e expansão.
Mix tecnológico	Cloud geral e menor densidade.	Portfólio diversificado.	Maior participação de IA.
Formação	Oferta reage lentamente.	Programas coordenados.	Escala educacional e retenção altas.
Adoção downstream	Concentrada em grandes empresas.	Difusão gradual por setores.	PMEs e governo com adoção ampla.

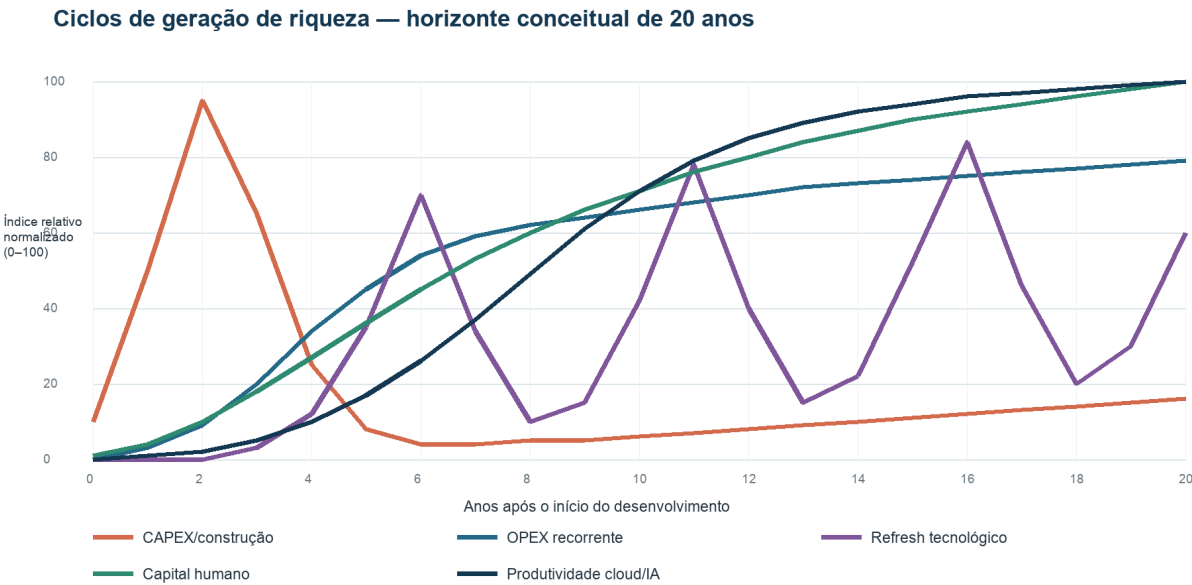


Figura conceitual/ilustrativa. As curvas comparam forma e temporalidade; não representam dados observados, previsão ou magnitude comparável.

Figura 6 — Ciclos conceituais de geração de riqueza em 20 anos. Índice relativo normalizado por curva; não representa dados observados, previsão financeira ou comparação de magnitudes.

O horizonte de 20 anos é adequado para visualizar sobreposição de construção, operação, refresh, arrecadação, formação e produtividade. Não significa que todo equipamento ou projeto possua vida fixa de 20 anos. O modelo deve usar cronogramas específicos e testar reposição tecnológica, expansão e encerramento.

12.3 Metodologia paramétrica de CAPEX e OPEX por MW de TI — empreendimentos de até 100 MW

A metodologia proposta transforma benchmarks setoriais com fonte identificável — apresentados na subseção 12.3.1 — em um modelo escalável de custo por MW de TI. Ela não substitui orçamento de engenharia, proposta de fornecedor ou valuation financeiro baseado em fluxo de caixa. Seu objetivo é produzir uma analogia consistente entre empreendimentos de 1 a 100 MW, permitir testes de sensibilidade e separar claramente construção, ativos de TIC, energia, demais despesas operacionais e ciclos de refresh.

PREMISSAS DE ENTRADA Construção/infraestrutura física: US\$ 10 milhões por MW de TI, ancorado no benchmark de projetos hyperscale no Brasil (BRASSCOM/REDATA, 2024; ABDC, 2025). Ativos de TIC: entre 3 e 4 vezes o CAPEX de construção, ou US\$ 30 a 40 milhões por MW de TI, mesma referência. CAPEX integrado: US\$ 40 a 50 milhões por MW de TI. Energia: US\$ 70/MWh. PUE, utilização, demais itens de OPEX, impostos, câmbio, contingências e refresh permanecem variáveis explícitas.

12.3.1 Base de referência: benchmarks setoriais e brasileiros de CAPEX por MW de TI

Antes de derivar a fórmula paramétrica, este estudo estabelece o parâmetro de partida a partir de benchmarks com fonte identificável, já referenciados neste documento. Em termos globais, o Uptime Institute (2024) e a McKinsey & Company (2024) sistematizam o CAPEX total de um datacenter Tier III de cloud de propósito geral entre US\$ 7 milhões e US\$ 15 milhões por MW de TI, com a divisão infraestrutura física/ativos de TIC oscilando em torno de 38%/62%. Em projetos com alta concentração de workloads de inteligência artificial, a IEA (2024) e a McKinsey (2024) documentam custos que podem alcançar entre US\$ 25 milhões e US\$ 50 milhões por MW de TI, dado o peso dos aceleradores de hardware no CAPEX total.

No Brasil, o estudo setorial da ABDI (2023) referencia o CAPEX médio por MW de TI em R\$ 53,2 milhões para datacenters Tier III comerciais, dos quais os ativos de TIC representam 62% (aproximadamente R\$ 33,0 milhões por MW) e a infraestrutura física responde pelos 38% restantes (aproximadamente R\$ 20,2 milhões por MW). Para projetos hyperscale, a Brasscom, no âmbito do Programa Redata, e a ABDC referenciam uma estrutura de custo de US\$ 10 milhões por MW alocados à infraestrutura física e US\$ 30 a 40 milhões por MW em ativos de TIC, totalizando US\$ 40 a 50 milhões por MW (BRASSCOM/REDATA, 2024; ABDC, 2025).

Categoria	Global Tier III (propósito geral)	Global (foco IA/GPU)	Brasil — Tier III (ABDI, 2023)	Brasil — Hyperscale (Brasscom 2024 / ABDC 2025)
Infraestrutura Física	US\$ 2,5–5,7 mi (~38%)	US\$ 5–12 mi (~25–30%)	R\$ 20,2 mi (~38%)	US\$ 10 mi (~25%)
Ativos de TIC	US\$ 4,3–9,3 mi (~62%)	US\$ 20–38 mi (~70–75%)	R\$ 33,0 mi (~62%)	US\$ 30–40 mi (~75%)
CAPEX Total / MW	US\$ 7–15 mi	US\$ 25–50 mi	R\$ 53,2 mi	US\$ 40–50 mi

Fonte: elaboração própria com base em ABDI (2023), Brasscom/Redata (2024), ABDC (2025), Uptime Institute (2024), McKinsey & Company (2024) e IEA (2024).

Este estudo adota o benchmark hyperscale brasileiro (Brasscom/Redata, 2024; ABDC, 2025) como parâmetro de partida da metodologia paramétrica desenvolvida nas subseções seguintes, por ser o mais próximo do perfil de empreendimentos de grande escala tratados neste framework. Os intervalos globais do Uptime Institute e da McKinsey (2024) e o benchmark ABDI (2023) para o mercado brasileiro Tier III comercial são utilizados como faixas de verificação e de sensibilidade, e não substituem orçamento de engenharia específico do projeto.

12.3.2 Definições e fórmulas de CAPEX

Se M representa a capacidade instalada de TI, em MW, com $0 < M \leq 100$, o CAPEX de construção é calculado por $\text{CAPEX}_{\text{construção}} = M \times \text{US\$ } 10 \text{ milhões}$, valor ancorado no benchmark hyperscale brasileiro apresentado em 12.3.1 (BRASSCOM/REDATA, 2024; ABDC, 2025). O CAPEX de ativos de TIC é um intervalo: $\text{CAPEX}_{\text{TIC}} \text{ mínimo} = 3 \times \text{CAPEX}_{\text{construção}}$ e $\text{CAPEX}_{\text{TIC}} \text{ máximo} = 4 \times \text{CAPEX}_{\text{construção}}$, consistente com a faixa de US\$ 30 a 40 milhões por MW da mesma referência. Consequentemente, o CAPEX inicial integrado situa-se entre 4 e 5 vezes o CAPEX de construção, ou entre US\$ 40 milhões e US\$ 50 milhões por MW de TI.

Como faixa de sensibilidade mais ampla, o intervalo global sistematizado pelo Uptime Institute (2024) e pela McKinsey & Company (2024) — de US\$ 7 milhões a US\$ 15 milhões por MW em projetos Tier III de propósito geral a US\$ 25 milhões e US\$ 50 milhões por MW em projetos intensivos em IA/GPU, conforme a tabela da subseção 12.3.1 — pode ser usado para testar cenários conservador e acelerado fora do perfil hyperscale brasileiro central.

O intervalo não deve ser interpretado como orçamento fechado. É necessário confirmar se “ativos de TIC” inclui aceleradores, storage, rede, software, frete, impostos, integração e equipamentos de clientes. Se algum desses componentes já estiver no CAPEX de construção ou for adquirido por terceiros, deve ser retirado para evitar dupla contagem.

MW de TI	Construção — US\$ mi	Ativos de TIC — US\$ mi	CAPEX integrado — US\$ mi
1	10	30–40	40–50
10	100	300–400	400–500
25	250	750–1.000	1.000–1.250
50	500	1.500–2.000	2.000–2.500
75	750	2.250–3.000	3.000–3.750
100	1.000	3.000–4.000	4.000–5.000

Envelope de CAPEX por capacidade de TI — metodologia Brasil (hyperscale)

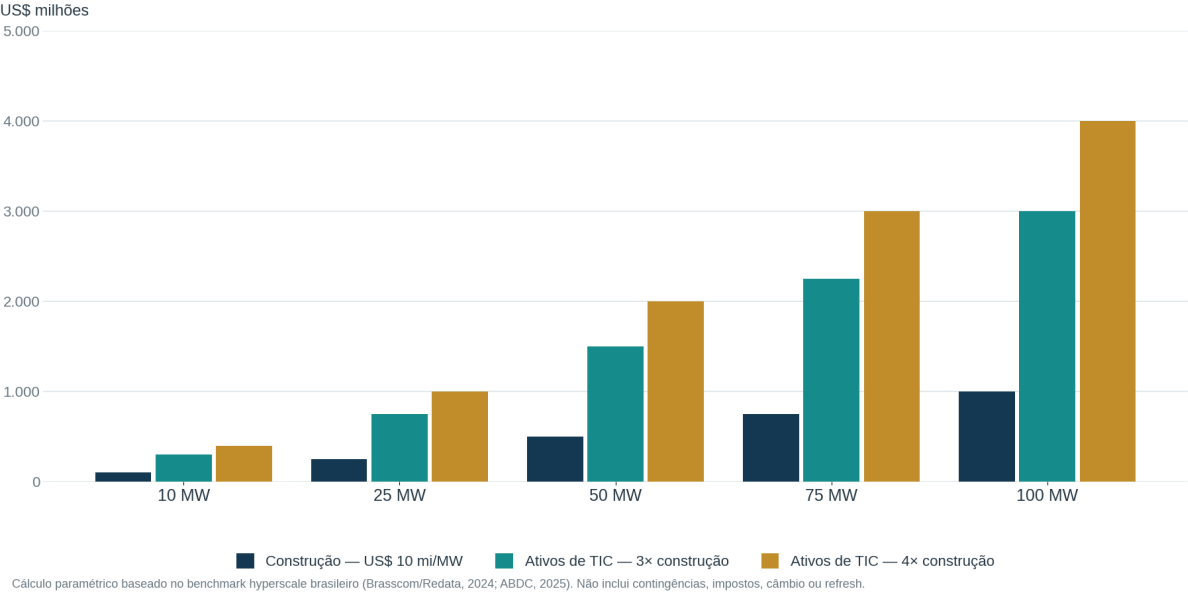


Figura 7 — Envelope paramétrico de CAPEX para 10, 25, 50, 75 e 100 MW de TI. Construção a US\$ 10 milhões/MW e ativos de TIC a 3–4 vezes a construção, benchmark hyperscale brasileiro (Brasscom/Redata, 2024; ABDC, 2025). Não inclui contingências, impostos, câmbio ou refresh.

12.3.3 Energia como componente de OPEX

O MW de TI representa a carga computacional. A energia faturada para a instalação também alimenta refrigeração, UPS, distribuição, iluminação e sistemas auxiliares. Essa diferença é representada pelo PUE. A energia anual é calculada por: Energia anual (MWh) = M × utilização média × PUE × 8.760 horas. O custo anual de energia é essa quantidade multiplicada por US\$ 70/MWh.

Utilização média deve refletir a carga efetiva sobre a capacidade instalada, e não apenas ocupação contratual. Para um campus em rampa, recomenda-se modelar cada ano separadamente. Um PUE de 1,40 e utilização de 100% são usados abaixo apenas como exemplo ilustrativo, não como premissas atribuídas às fontes setoriais.

MW de TI	Energia anual a PUE 1,40 — MWh	OPEX de energia anual — US\$ mi
1	12.264	0,858
10	122.640	8,585
25	306.600	21,462
50	613.200	42,924
75	919.800	64,386
100	1.226.400	85,848

PUE	MWh anuais por MW de TI	Energia por MW/ano a US\$ 70/MWh
1,20	10.512	US\$ 0,736 mi
1,30	11.388	US\$ 0,797 mi
1,40	12.264	US\$ 0,858 mi
1,50	13.140	US\$ 0,920 mi
1,60	14.016	US\$ 0,981 mi

A sensibilidade à utilização é linear: com PUE 1,40, o custo anual de energia por MW instalado é aproximadamente US\$ 0,429 milhão a 50% de utilização, US\$ 0,601 milhão a 70%, US\$ 0,730 milhão a

85% e US\$ 0,858 milhão a 100%. Essa relação permite construir uma rampa anual de OPEX sem assumir que os 100 MW operem a plena carga desde o primeiro ano.

12.3.4 OPEX total e custo de ciclo de vida

Energia é apenas um componente do OPEX. O modelo deve manter linhas separadas para manutenção eletromecânica, peças, telecomunicações, segurança, facilities, seguros, licenças, pessoal, impostos recorrentes e outros serviços. Como o pedido não fornece coeficientes para esses itens, eles não são estimados. $OPEX_{total,t} = OPEX_{energia,t} + OPEX_{não\ energia,t}$. Essa transparência evita transformar o preço de energia em estimativa artificial de todo o custo operacional.

Os ativos de TIC possuem vida econômica e ciclo de reposição diferentes da infraestrutura predial. O valuation deve registrar cada onda de refresh como fluxo de investimento no ano em que ocorre. O valor presente do custo de ciclo de vida pode ser escrito como: $VPC = CAPEX\ inicial + \sum [(OPEX\ energia,t + OPEX\ não\ energia,t + CAPEX\ refresh,t) \div (1+r)^t]$, em que r é a taxa de desconto e t representa cada ano do horizonte.

Bloco do modelo	Variável	Unidade	Origem recomendada
Capacidade	M e cronograma de energização	MW de TI	Projeto e contratos de conexão.
Construção	US\$ 10 mi/MW	US\$/MW	Benchmark hyperscale Brasil (Brasscom/Redata, 2024; ABDC, 2025).
Ativos de TIC	3× a 4× construção	Múltiplo/US\$	Benchmark hyperscale Brasil (Brasscom/Redata, 2024; ABDC, 2025).
Operação	Utilização média anual	%	Contratos, pipeline comercial e medição.
Eficiência	PUE anual	Razão	Projeto, garantia e operação medida.
Energia	Preço contratado/all-in	US\$/MWh	Contrato, mercado e encargos aplicáveis.
Outros OPEX	Manutenção, pessoal, telecom etc.	US\$/ano	Orçamento operacional e contratos.
Refresh	Ano, escopo e custo de reposição	US\$ por ciclo	Plano tecnológico e fornecedores.
Financeiro	Taxa de desconto, inflação e câmbio	% e moeda	Política financeira e cenário macroeconômico.

12.3.5 Três níveis de valuation

Nível	Resultado	O que responde	Dados adicionais necessários
Custo inicial	CAPEX de construção, ativos de TIC e integrado.	Quanto capital é necessário para implantar M MW?	Escopo, impostos, contingência e câmbio.
Custo total de propriedade	Valor presente de CAPEX, OPEX e refresh.	Quanto custa possuir e operar a capacidade no horizonte?	PUE, utilização, outros OPEX, refresh e taxa de desconto.
Valuation financeiro	Valor presente dos fluxos de caixa livres.	Quanto vale economicamente o empreendimento?	Receita, preço por serviço, ocupação, margem, tributos, capital de giro, WACC e valor terminal.

As premissas fornecidas permitem calcular os dois primeiros blocos apenas parcialmente: o CAPEX inicial completo dentro do intervalo informado e o OPEX de energia. Não permitem calcular enterprise value, equity value, payback ou taxa interna de retorno, porque faltam receita, margem, estrutura de

capital, impostos, cronograma de ocupação e valor residual. Esses indicadores devem ser produzidos somente depois de preencher as variáveis comerciais e financeiras.

12.3.6 Procedimento recomendado para projetos até 100 MW

- Dividir o empreendimento em módulos energizados, por exemplo halls ou fases, e não tratar 100 MW como bloco instantâneo.
- Aplicar US\$ 10 milhões/MW apenas à capacidade construída em cada fase; aplicar o múltiplo de ativos de TIC à capacidade efetivamente equipada.
- Modelar utilização, PUE e preço de energia ano a ano; separar capacidade instalada, contratada e efetivamente consumida.
- Manter cenários de ativos de TIC em 3×, 3,5× e 4× para representar envelope inferior, central e superior, deixando o cenário central explicitamente metodológico.
- Registrar impostos, frete, contingência, conexão, licenças e capital de giro em linhas próprias, sem ocultá-los no multiplicador.
- Inserir refresh tecnológico como ondas futuras de CAPEX e descontar todos os fluxos para uma data-base comum.
- Reportar valores totais e por MW instalado, equipado e utilizado; essas três bases não são equivalentes.

RESULTADO DA ANALOGIA Sob o benchmark hyperscale brasileiro adotado como parâmetro de partida (BRASSCOM/REDATA, 2024; ABDC, 2025), o CAPEX inicial integrado é de US\$ 40–50 milhões por MW de TI. Para 100 MW, o envelope central é de US\$ 4–5 bilhões. Como referência de sensibilidade global (UPTIME INSTITUTE, 2024; MCKINSEY & COMPANY, 2024, conforme 12.3.1), o mesmo porte de 100 MW situa-se entre US\$ 0,7–1,5 bilhão em projetos Tier III de propósito geral e US\$ 2,5–5,0 bilhões em projetos intensivos em IA/GPU. A PUE 1,40 e plena utilização, o OPEX anual de energia é de aproximadamente US\$ 0,858 milhão por MW, ou US\$ 85,848 milhões para 100 MW. Estes são cálculos paramétricos, não orçamento nem valuation financeiro final.

13. DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICA PÚBLICA

A evidência sugere que a pergunta relevante não é quantos empregos existem dentro de um data center, mas quanto valor o território consegue capturar de todo o sistema econômico que se forma em torno dele. O benchmark da Virgínia demonstra grande efeito de supply chain e household spending; Loudoun demonstra elevada relevância fiscal; Banco Mundial e BID mostram que infraestrutura, competências e regulação condicionam a transformação desse investimento em desenvolvimento digital.

Para maximizar riqueza induzida no Brasil, incentivos devem estar vinculados a objetivos mensuráveis: conteúdo local competitivo, formação profissional, conexão com universidades e escolas técnicas, desenvolvimento de fornecedores, contratação de energia adicional e renovável, expansão de conectividade, P&D, disponibilidade de cloud/AI services no país e programas de adoção para PMEs e governo. O incentivo fiscal deixa de ser apenas redução de custo e passa a ser instrumento de formação de cluster.

Também é necessário diferenciar projetos. Um campus de colocation, uma cloud region e uma AI factory podem ter o mesmo MW e produzir perfis econômicos muito diferentes. AI factories possuem maior intensidade de hardware e potencialmente maior valor computacional por MW, mas também maior

parcela importada. Cloud regions podem gerar fortes forward linkages se houver ampla adoção empresarial. Colocation pode ampliar interconexão e densidade de ecossistema. A política deve avaliar o conjunto de externalidades e não apenas potência instalada.

13.1 Princípios para desenho de instrumentos

Princípio	Aplicação	Evidência de cumprimento
Adicionalidade	Benefício público remunera resultado que não ocorreria nas mesmas condições.	Contrafactual e obrigação incremental.
Proporcionalidade	Incentivo compatível com benefício líquido esperado.	VPL fiscal/econômico e teto de benefício.
Desempenho	Liberação acompanha marcos efetivos.	CAPEX realizado, MW em uso e metas verificadas.
Neutralidade tecnológica orientada a resultado	Regras não congelam arquitetura específica.	Metas de desempenho, eficiência e externalidade.
Competição	Conteúdo local é competitivo e não cria dependência.	Compras transparentes e pluralidade de fornecedores.
Transparência	Custos, benefícios e riscos são acompanhados.	Relatório periódico e metodologia pública.
Revisabilidade	Programa se ajusta a mercado e tecnologia.	Avaliações independentes e cláusulas de revisão.

13.2 Roteiro institucional

No curto prazo, a prioridade é construir base de dados comum e governança entre energia, telecomunicações, desenvolvimento, fazenda, educação e meio ambiente. No médio prazo, devem ser estruturados programas de fornecedores e talentos, mecanismos de conexão e indicadores de resultado. No longo prazo, a política precisa medir difusão de cloud/IA e ajustar incentivos conforme evidência de valor capturado.

- Criar taxonomia nacional de projetos e estágios de capacidade.
- Padronizar formulário de CAPEX/OPEX, conteúdo doméstico e emprego, preservando sigilo comercial.
- Publicar painel agregado de execução, retorno fiscal, formação e sustentabilidade.
- Conectar benefícios a marcos e prever revisão, recuperação e expiração.
- Financiar avaliação independente e atualização periódica da matriz insumo-produto aplicada.

CRITÉRIO DECISÓRIO A pergunta não é se data centers geram benefícios, mas sob quais condições o benefício líquido, doméstico, sustentável e distribuído justifica os instrumentos públicos utilizados.

14. CONCLUSÃO

Os estudos analisados sustentam três conclusões. Primeiro, data centers produzem contribuição econômica relevante na construção e na operação, mas os empregos permanentes dentro das instalações representam apenas parte do efeito total. Segundo, os efeitos indiretos e induzidos são materialmente importantes: a PwC estimou, para os Estados Unidos em 2024, 5,5 milhões de empregos totais suportados, US\$ 926,9 bilhões de PIB e US\$ 204,4 bilhões em receitas tributárias, com 4,5 empregos adicionais para cada emprego direto. Na Virgínia, 49 mil empregos diretos estiveram associados a 120,56 mil empregos indiretos e induzidos dentro do estado (PwC/DCC, 2026).

Terceiro, existe uma camada econômica adicional que não está contida nesses multiplicadores: a produtividade e a criação de negócios habilitadas por cloud, dados e IA. Banco Mundial/IFC e BID tratam essa infraestrutura como componente do desenvolvimento digital; a Deloitte demonstra uma metodologia para separar o impacto do investimento físico dos ganhos de produtividade de cloud. A própria PwC esclarece que sua modelagem não captura forward linkages (World Bank/IFC, 2024; BID, 2025; Deloitte, 2024; PwC/DCC, 2026).

Para o Brasil, a consequência é que a política de data centers deve ser desenhada como política de infraestrutura produtiva digital. A meta não deve ser apenas atrair MW, mas converter MW em investimento retido, fornecedores, salários, arrecadação, competências e produtividade. A matriz quantitativa apresentada neste artigo é o ponto de partida para um modelo específico de 1 GW adicional. O passo seguinte é preencher as lacunas com dados brasileiros de operadores, concessionárias, IBGE, Receita, estados, municípios, ABDI e associações setoriais e calibrar uma matriz input-output doméstica. Só então será tecnicamente defensável publicar um multiplicador brasileiro por MW ou por GW.

14.1 Quatro naturezas de riqueza

A riqueza transitória concentra-se em desenvolvimento, construção e instalação. É intensa, visível e limitada no tempo. Deve ser medida em empregos-ano, contratos e valor adicionado durante o cronograma, sem ser apresentada como estoque permanente.

A riqueza recorrente emerge da operação: energia, conectividade, manutenção, facilities, salários, serviços e parte da arrecadação. Sua intensidade anual pode ser menor que a da obra, mas a repetição durante a vida do ativo cria estabilidade e sustenta fornecedores.

A riqueza cumulativa aparece quando projetos sucessivos aumentam experiência, qualificam fornecedores, ampliam conectividade e induzem instituições de ensino a responder. O benefício do segundo projeto pode ser diferente do primeiro porque o território aprendeu e reduziu custos de coordenação.

A riqueza estrutural surge quando capacidade computacional e competências alteram persistentemente a produtividade, a inovação, a resiliência e a capacidade de criar empresas. É a camada de maior alcance e de atribuição mais difícil; depende de cloud/IA efetivamente acessíveis e adotadas.

Natureza	Exemplos	Horizonte	Métrica apropriada	Condição de permanência
Transitória	Obra, instalação e pico de equipamentos.	Curto/médio.	Empregos-ano, CAPEX local e valor adicionado.	Pipeline de módulos ou novos projetos.
Recorrente	OPEX, salários, manutenção, energia e tributos.	Vida operacional.	Fluxo anual e valor presente.	Ocupação e continuidade do ativo.
Cumulativa	Talentos, fornecedores, interconexão e reputação.	Médio/longo.	Estoque de competências e densidade de ecossistema.	Difusão, mobilidade e novos investimentos.
Estrutural	Produtividade, inovação, resiliência e novos negócios.	Longo.	Resultados downstream e contrafactual.	Adoção, concorrência e ativos complementares.

14.2 Conclusão final

O estudo ampliado confirma que avaliar data centers apenas pelo emprego interno produz uma fotografia incompleta. A construção mobiliza grande volume de atividade; a operação sustenta encadeamentos; capital humano e fornecedores podem acumular capacidades; e cloud e IA podem habilitar produtividade muito além do campus. Cada camada requer método, unidade e horizonte próprios.

Para o Brasil, o passo tecnicamente sólido é substituir afirmações genéricas por um sistema de medição bottom-up, rastreável e atualizado. A meta estratégica deve ser converter potência instalada em valor capturado: investimento doméstico, renda, arrecadação líquida, competências, fornecedores, serviços digitais e produtividade, com atenção simultânea a custos públicos, energia, sustentabilidade e riscos de concentração.

O sucesso de longo prazo não será determinado pelo maior pico de CAPEX, mas pela capacidade de fazer o pulso transitório da implantação alimentar fluxos recorrentes, capacidades cumulativas e produtividade estrutural. Esse encadeamento é possível, porém não automático. Ele exige políticas coordenadas, dados, governança e avaliação contínua.

REFERÊNCIAS

- ABDI — Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Estratégia para a implementação de política pública para atração de data centers. Brasília, 2023.
- BID — Banco Interamericano de Desenvolvimento. Capturing the Data Center Opportunity in Latin America and the Caribbean. Washington, DC, 2025. DOI 10.18235/0013774.
- BNDES. BNDES aprova R\$ 50 milhões para Eletronet modernizar e ampliar rede de fibra óptica e data centers. Rio de Janeiro, 2026.
- BRASSCOM; REDATA. Política Nacional de Data Centers — Redata. Apresentação técnica, Brasília, 2024.
- CONSUMER ENERGY ALLIANCE. Economic Benefits of Data Centers. 2025.
- DATA CENTER COALITION; PWC. Economic, Environmental, and Social Impacts of Data Centers in the United States, 2017–2021. Washington, DC, 2023.
- DATA CENTER COALITION; PWC. Economic Contributions of Data Centers in the United States. 2017–2023 edition. Washington, DC, 2025.
- DATA CENTER COALITION; PWC. Economic Contributions of Data Centers in the United States, 2023–2024. Washington, DC, maio 2026.
- DELOITTE. Google in Thailand: Economic Impact / Accelerating Economic Growth through Cloud Productivity. 2024.
- ETRO, F. The Economic Impact of Cloud Computing on Business Creation, Employment and Output in Europe. 2009.
- FORMAN, C.; GOLDFARB, A.; GREENSTEIN, S. The Internet and Local Wages: A Puzzle. Management Science, 2012.
- HJORT, J.; POULSEN, J. The Arrival of Fast Internet and Employment in Africa. American Economic Review, 2019.
- IEA — International Energy Agency. Data Centres and Data Transmission Networks. Paris, 2024.
- JLARC — Virginia Joint Legislative Audit and Review Commission. Data Centers in Virginia. Richmond, 2024.
- LOUDOUN COUNTY. FY 2026 Proposed/Adopted Budget materials and Budget Story. Loudoun County, Virginia, 2025.
- MANGUM ECONOMICS; NVTC. The Impact of Data Centers on the State and Local Economies of Virginia. 2016; atualizações posteriores.
- MCKINSEY & COMPANY. The data center demand boom and its implications. 2024.
- OECD. Cloud Computing: The Concept, Impacts and the Role of Government Policy. Paris, 2010.

OECD. Gal et al. Digitalisation and Productivity: In Search of the Holy Grail – Firm-level Empirical Evidence from EU Countries. 2019.

OXFORD ECONOMICS. Data Center Impacts / Google Data Centers: Economic Impact and Community Benefit. 2018 e estudos regionais subsequentes.

PWC BRASIL. The Brazilian Tax Landscape for Data Centers. São Paulo, 2026.

UPTIME INSTITUTE. Annual Global Data Center Survey. 2024.

WORLD BANK; IFC. Advancing Cloud and Data Infrastructure Markets: Strategic Directions for Low- and Middle-Income Countries. Washington, DC, 2024. DOI 10.1596/978-1-4648-2065-6.

WORLD BANK. Digital Progress and Trends Report. Washington, DC, edições recentes.

WORLD BANK. Data Infrastructure for AI / AI readiness materials. Washington, DC, 2026.