



Brookfield

Construindo a espinha dorsal da IA

Vemos oportunidades interessantes de investimento na infraestrutura que sustentará a próxima revolução industrial.

AGOSTO DE 2025

ÍNDICE

Insights essenciais	1	Mitigando os riscos corporativos na adoção de IA	17
Uma revolução em andamento	2	Da ambição em IA ao crescimento em escala	18
Demanda crescente por infraestrutura de IA	4	Apêndice: o que é IA?	19
IA tornou-se uma prioridade estratégica de soberania	4	Inteligência artificial limitada (IAL)	19
Paradoxo de Jevons: uma IA mais eficiente estimula a demanda por mais IA	7	Inteligência artificial geral (IAG)	19
Como a infraestrutura possibilita IA em escala	9	Superinteligência artificial (SIA)	19
Fábricas de IA	9	Glossário	20
Energia e transmissão	10		
Infraestrutura computacional	11		
Adjacências estratégicas e parcerias de capital	11		
Modelos de negócios passíveis de investimento hoje	12		
Data centers e fábricas de IA	12		
Soluções de energia	12		
GPU como serviço/infraestrutura computacional	13		
Planejamento para o futuro	14		
Restrições na rede	14		
Eficiência dos modelos	14		
Leis de escalonamento	14		
Treinamento x inferência	15		
Computação quântica	15		
Robótica	16		
Obsolescência tecnológica	16		

Insights essenciais

Ao longo da história, tecnologias revolucionárias — do motor a vapor à Internet — desencadearam ondas de avanços econômicos que remodelaram indústrias e criaram novos mercados. Hoje, a inteligência artificial (IA) e os avanços no poder computacional marcam o próximo grande ponto de inflexão, permitindo que as máquinas realizem tarefas cognitivas e impulsionando uma nova era de inovação e crescimento.

Embora os *chatbots* tenham dominado a atenção do público nos últimos dois anos, a próxima fronteira — IA agêntica e IA física (robótica) — deve desencadear uma nova onda de ganhos de produtividade.

- A IA tem potencial para reduzir significativamente os custos marginais de produção de todos os recursos essenciais e provocar a chamada Era da Abundância.
- A automação impulsionada pela IA pode levar a um crescimento maciço do Produto Interno Bruto (PIB) global, atingindo potencialmente US\$ 10 trilhões em ganhos de produtividade econômica anual na próxima década.
- **Nós estimamos que os gastos totais com infraestrutura de IA ultrapassarão US\$ 7 trilhões nos próximos 10 anos.**

Apesar da volatilidade do mercado, esperamos que o crescimento da IA continue, impulsionado por:

- **Demanda soberana por poder computacional local.** Motivados por prioridades comerciais e de segurança nacional, os governos estão começando a patrocinar "gigafábricas" de IA, a proteger cadeias de suprimentos críticas de chips e a revisar políticas de licenciamento e interconexão de rede para atrair investimentos em IA.
- **Poder computacional mais barato, que estimulará a demanda por mais IA.** O **Paradoxo de Jevons** ocorre quando o ganho de eficiência acarreta um maior consumo. Por exemplo, conforme o preço da eletricidade diminuiu nos últimos 70 anos, o consumo de energia aumentou, levando a uma expansão de aproximadamente cinco vezes do mercado global de eletricidade.

O avanço da IA origina vários modelos de negócios passíveis de investimento, sendo que cada um deles aborda uma peça fundamental do quebra-cabeça de infraestrutura de IA:

- **Poder computacional em hiperescala**, por meio de fábricas de IA, pode proporcionar propostas de risco-retorno atraentes e um prêmio em relação aos setores tradicionais de infraestrutura.

- **GPU como serviço/infraestrutura de computação** pode oferecer características interessantes semelhantes às de infraestrutura.
- **Soluções de energia** obtidas por meio de contratos e financiamentos, estão se tornando uma ferramenta poderosa para acelerar o fornecimento de energia "on-site".
- **Adjacências estratégicas e parcerias de capital** podem destravar capital para toda a cadeia de valor da IA, incluindo fibra dedicada, redes de economia circular e robótica, bem como para indústrias de fabricação de chips.

Compreender onde estão os gargalos — e de onde virão os próximos avanços — é fundamental para projetar, investir e preparar a espinha dorsal física da IA para o futuro.

- **Restrições na rede:** mesmo com geração de energia suficiente, alguns mercados podem levar até 10 anos para garantir a conexão da rede.
- **Eficiência dos modelos:** à medida que os modelos de IA se tornarem mais eficientes, menos recursos computacionais serão necessários por tarefa.
- **Leis de escalonamento:** modelos e conjuntos de dados maiores demandam mais poder computacional; um pensamento "mais inteligente" requer mais poder computacional.
- **Treinamento versus inferência:** estimamos que, até 2030, aproximadamente 75% da demanda de poder computacional para a IA seja proveniente de inferência.
- **Computação quântica:** eventualmente, máquinas quânticas serão concentradas em algumas tarefas e complementarão o poder computacional da IA.
- **Robótica:** embora a robótica com IA ainda esteja em seus estágios iniciais, esperamos uma "curva S" de adoção dentro de 10 anos, tornando-a potencialmente uma das maiores indústrias globais.
- **Obsolescência tecnológica:** os centros de IA precisam de projetos modulares para que os sistemas de energia e resfriamento possam ser atualizados com facilidade. A tecnologia de chips evoluirá rapidamente.

É fundamental ter experiência no desenvolvimento e operação da infraestrutura crítica da IA para gerenciar os riscos envolvidos na construção de sua espinha dorsal. Esta é uma oportunidade única, que ocorre uma vez em cada geração, na qual apenas operadores fortes, com sólido conhecimento do mercado e acesso aos ativos operacionais certos, terão sucesso nesta classe de ativos complexa e altamente especializada.

Uma revolução em andamento

O progresso tecnológico sempre dependeu não apenas de ideias inovadoras, mas também da infraestrutura que as incorporou à vida cotidiana.

A máquina a vapor revolucionou a indústria mecanizada, mas apenas após a construção de ferrovias, cadeias de suprimento de carvão e fábricas para consumir sua energia. O telefone revolucionou a comunicação, mas apenas após vastas redes de fios, comutadores e operadoras conectarem residências e empresas. A eletricidade mudou todos os aspectos da vida cotidiana graças à construção maciça de usinas de energia e linhas de transmissão. Cada

um desses avanços catalisou novas indústrias, alavancou a produtividade e redefiniu o potencial econômico.

Agora, a Inteligência Artificial (IA) está prestes a se tornar a tecnologia de uso geral de maior impacto da história. Ela pode transformar indústrias — e a vida como a conhecemos — ao possibilitar a descoberta mais rápida de medicamentos, diagnósticos de saúde mais precisos, veículos autônomos, previsões de desastres naturais, serviços domésticos robóticos e muito mais. A longo prazo, a IA tem o potencial de reduzir significativamente os custos marginais de produção de todos os recursos essenciais e nos levar à chamada Era da Abundância.

No entanto, nenhuma dessas inovações será possível sem a construção de uma infraestrutura física intensiva em capital que suporte a adoção da IA. Incluem-se aí fábricas de IA, geração e transmissão de energia, infraestrutura de computação, adjacências estratégicas e parcerias de capital, que representam uma oportunidade de investimento de mais de US\$ 7 trilhões¹ na próxima década (ver Imagem 1).

Imagem 1: A cadeia de valor da infraestrutura de IA representa uma oportunidade de investimento de US\$ 7 trilhões



Fábricas de IA

US\$2T

Desenvolvimento de nova capacidade de data center, desde a aquisição do terreno até a disponibilização para serviço



Energia e Transmissão

US\$0,5T

Energia de base e infraestrutura de transmissão elétrica para alimentar a capacidade de computação



Infraestrutura de Poder Computacional

US\$4T

Parcerias de GPU, bem como desenvolvimento e fabricação de chips



Adjacências estratégicas e parcerias de capital

US\$0,5T

Conectividade de fibra dedicada, soluções de resfriamento e fabricação de semicondutores e robótica

Fonte: pesquisa interna da Brookfield.

“Assim como as usinas de geração de energia impulsionaram a última, as fábricas de IA estão liderando uma nova revolução industrial. A IA é a infraestrutura para o avanço da sociedade, e agora é o momento certo para desenvolvê-la.”

– Jensen Huang, Fundador e CEO da NVIDIA (Julho, 2025)

Ao contrário das revoluções industriais anteriores, a revolução da IA possui uma diferença fundamental: ela pode expandir tanto a produtividade econômica quanto a oferta efetiva de mão de obra, aumentando e automatizando tarefas cognitivas em grande escala. Esperamos que a automação liderada pela IA possa levar a um crescimento maciço do Produto Interno Bruto (PIB) global, potencialmente atingindo mais de US\$ 10 trilhões em ganhos de produtividade econômica anual na próxima década.²

Hoje, grandes modelos de linguagem (LLMs), sistemas de IA agêntica (agentes de IA) e inovações em raciocínio impulsionam as aplicações da IA. Os modelos atuais automatizam tarefas específicas e geram *workflows* cada vez mais complexos por meio de *chatbots*. Ainda assim, essas inovações iniciais estão apenas começando a explorar a capacidade da IA. Há novas ondas de inovação e novos tipos de IA no horizonte, e cada um deles demanda níveis mais sofisticados de poder computacional.

Essas limitações tecnológicas transformam a construção da infraestrutura de IA e exigem uma base de infraestrutura maciça e mais intensiva em capital. Por exemplo, o poder computacional da IA depende de unidades de processamento gráfico (GPUs) muito mais especializadas do que as unidades de processamento central (CPUs) associadas aos aplicativos legados de software e nuvem. Esses sistemas densos de IA consomem mais energia, o que requer sistemas de resfriamento líquido, enquanto as CPUs precisam de menos energia e podem usar sistemas resfriados a ar. Além disso, a

crescente demanda por poder computacional e energia para IA faz com que os cronogramas de desenvolvimento dobrem e as filas de interconexão se ampliem de três a seis vezes em áreas geográficas importantes onde ocorrerá a expansão digital.³ Hoje, a infraestrutura de computação, incluindo GPUs, interconexões e hardware de suporte, é responsável por até 50% do total de despesas de capital na implantação de data centers de última geração.

O investimento na espinha dorsal da IA requer acesso a capital e conhecimento especializado para gerenciar os riscos envolvidos. Mas, a longo prazo, as vantagens são inegáveis: demanda crescente por capacidade de IA, aumento exponencial dos dados e impacto transformador dos sistemas inteligentes em todos os setores. Apesar das preocupações do mercado com o excesso de expectativa, vemos risco pequeno de exagero, pois até mesmo as projeções mais pessimistas apontam para uma demanda muito superior à capacidade da infraestrutura atual e planejada. À medida que a capacidade de IA se tornar mais comercial e for incorporada a casos de uso do mundo real, a necessidade de infraestrutura escalável de alto desempenho só aumentará.

Acreditamos que este é o início de uma oportunidade única em uma geração de construir a espinha dorsal digital do futuro, que tem potencial para remodelar economias, impulsionar a inovação e proporcionar retornos ajustados ao risco atraentes para os investidores que estiverem bem posicionados para liderá-la.



Renderização digital do centro de IA a ser construído no norte da França. Apenas para fins ilustrativos.

Demanda crescente por infraestrutura de IA

Revoluções como estas não ocorrem facilmente — todas as revoluções industriais enfrentaram momentos de exuberância seguidos de ceticismo. A IA está agora em uma encruzilhada parecida.

Os mercados de ações têm se mostrado sensíveis às notícias sobre o desenvolvimento da IA e a necessidade de expansão da sua infraestrutura. O otimismo dos investidores em relação à IA disparou com o lançamento do ChatGPT, levando a um salto em *valuations*, à medida que os mercados se apressavam em precificar seu potencial disruptivo. No entanto, à medida que a capacidade dos novos modelos foi sendo ampliada, começaram a surgir algumas dúvidas em relação à sua necessidade de infraestrutura.

Por exemplo, a DeepSeek ganhou destaque no início de 2025 ao lançar um modelo de IA de baixo custo e desempenho comparável ao dos principais laboratórios de IA. Isso levantou questionamentos: se os modelos da China estiverem em pé de igualdade com os dos EUA, significa que eles podem ser desenvolvidos por uma fração do custo, com menos hardware, menos data centers e menos eletricidade do que se previa. Desde então, alguns participantes do mercado têm se questionado sobre a sustentabilidade da demanda por data centers e outros ativos relacionados.

No entanto, nossa perspectiva para a demanda por data centers continua positiva. No curto prazo, esperamos ver o surgimento de “modelos de IA compostos”, como a IA agêntica, que interligam várias tarefas de inferência para atingir um objetivo ou realizar pesquisas aprofundadas. Na prática, modelos mais eficientes estão sendo usados em tarefas mais complexas e consumindo mais poder computacional. A pesquisa e o desenvolvimento (P&D) contínuos exigirão mais computação de IA para treinamento e experimentação. Além disso, não estamos nem perto de atingir o limite da “inteligência” artificial. Tanto empresas privadas quanto governos estão investindo bilhões na corrida para desenvolver a próxima geração de IA.

IA tornou-se uma prioridade estratégica de soberania

Entre os governos, a IA tornou-se uma prioridade estratégica de soberania impulsionada por questões comerciais e de segurança nacional. Governos estão começando a patrocinar

“gigafábricas” de IA, a proteger cadeias de suprimentos críticas de chips e a revisar políticas de licenciamento ou interconexão de redes para atrair investimentos em IA. Por exemplo, no início de 2025, a presidente da Comissão Europeia, Ursula von der Leyen, lançou a iniciativa InvestAI na Cúpula de Ação de Inteligência Artificial em Paris. A iniciativa visa mobilizar até € 200 bilhões em investimentos público-privados em IA. Isso inclui um fundo dedicado de € 20 bilhões para a construção de quatro “gigafábricas” de IA na União Europeia (UE) — centros de computação de grande escala, cada um abrigando cerca de 100.000 chips de IA de última geração desenvolvidos para treinar os modelos mais avançados.

Parcerias público-privadas também estão surgindo, nas quais os governos estão se envolvendo com investidores e operadores altamente estratégicos para construir infraestruturas soberanas de IA em grande escala. O governo francês e a Brookfield [anunciaram](#) uma parceria para investir € 20 bilhões em IA na França, e a Suécia e a Brookfield [anunciaram](#) uma parceria de US\$ 10 bilhões para desenvolver a estratégia nacional de IA do país. Programas semelhantes estão surgindo na América do Norte, Europa, Oriente Médio e Ásia, estimulando uma forte demanda soberana por infraestrutura.

Os sistemas de IA têm potencial para transformar a defesa, as eleições e a política. Como resultado, **os governos estarão na vanguarda, regulando e investindo diretamente em infraestrutura de IA** (muito semelhante às mobilizações da Segunda Guerra Mundial ou à resposta à pandemia da Covid-19). Nos últimos anos, temos visto controles de exportações mais rígidos, restringindo o acesso à tecnologia de chips de ponta para proteger interesses soberanos. Tendo em vista o movimento global de desglobalização, acreditamos que os investimentos regionais em IA irão acelerar.

Nesse cenário, escolher os parceiros certos é fundamental: empresas alinhadas com os objetivos do governo podem receber financiamentos significativos e benefícios regulatórios, enquanto aquelas que ficam de fora podem enfrentar mais obstáculos.



Sikander Rashid (à esquerda), Head Global de Infraestrutura de IA da Brookfield, com Emmanuel Macron (à direita), Presidente da França, em fevereiro de 2025.



"Temos o conhecimento, os talentos e a energia descarbonizada necessários para acelerar em IA. Não devemos desacelerar, o mundo está cada vez mais rápido. Esta é uma batalha pela independência".

- Emmanuel Macron, presidente da França (Fevereiro, 2025)

"Acho que precisamos realmente intensificar [a inovação em IA] na Europa... a economia americana e a economia chinesa têm crescido muito mais rapidamente do que as economias europeias nos últimos 20 anos".

- Ulf Kristersson, primeiro-ministro da Suécia (Fevereiro, 2025)

"À medida que nossos concorrentes globais correm para explorar essas tecnologias, é imperativo para a segurança nacional dos Estados Unidos alcançar e manter uma dominância tecnológica global inquestionável e incontestável. Para garantir nosso futuro, devemos aproveitar todo o poder da inovação americana".

- Donald J. Trump, presidente dos EUA (Julho, 2025)

"É crucial construir essa capacidade com base na tecnologia canadense, nos valores canadenses, para proteger os canadenses, porque não podemos confiar em fornecedores externos para isso. Essa é uma nova realidade... a abordagem natural aqui desapareceu. Essa é uma das maiores prioridades que eu teria em termos de segurança do Canadá."

- Mark Carney, primeiro-ministro do Canadá (Fevereiro, 2025)

"O setor de IA precisa de um governo que esteja do seu lado, que não se limite a observar e permitir que as oportunidades escapem por entre os dedos. E em um mundo onde a concorrência é acirrada, não podemos ficar parados. Precisamos nos mexer rapidamente e tomar medidas para vencer a corrida global."

- Keir Starmer, primeiro-ministro do Reino Unido (Janeiro, 2025)

"Apoiaremos o investimento de capital em fábricas de semicondutores, assim como a pesquisa, o desenvolvimento e os investimentos dos setores público e privado em áreas como inteligência artificial, ciência quântica e tecnologia."

- Fumio Kishida, ex-primeiro-ministro do Japão (Janeiro, 2022)



FRANÇA + BROOKFIELD

- A Brookfield está acelerando seu compromisso com a infraestrutura de IA da França em uma parceria estratégica de € 20 bilhões com o governo francês para desenvolver os primeiros centros de IA.
- A parceria foi anunciada pela primeira vez em fevereiro de 2025 na Cúpula de Ação de Inteligência Artificial. Em maio de 2025, o presidente Macron anunciou os primeiros centros de IA a serem desenvolvidos pela Brookfield como parte dessa parceria e afirmou: "O investimento de € 20 bilhões da Brookfield... permitirá que a França permaneça na corrida ao lado dos principais players de IA."
- A localidade principal, E-Valley, no norte da França, será a primeira a ser lançada, com a construção começando em 2026. Serão pelo menos 300 MW de capacidade a curto prazo e a meta é chegar a 1 GW, o que representa mais de € 10 bilhões de investimento e 4.000 empregos diretos e indiretos apenas nesse local.
- Juntamente com dois outros locais identificados na região, ele formará o maior cluster de infraestrutura de IA da Europa, totalizando mais de 2 GW.



Renderização digital do centro de IA a ser construído no norte da França. Apenas para fins ilustrativos.

SUÉCIA + BROOKFIELD

- A Brookfield investirá até US\$ 10 bilhões para apoiar o desenvolvimento da infraestrutura de IA na Suécia.
- Esse investimento é um dos maiores da Brookfield em IA na Europa e amplia a parceria com o governo sueco, autoridades públicas, instituições acadêmicas e empresas da região.
- O investimento da Brookfield será focado em um novo grande centro de IA em Strängnäs, criando um ativo de infraestrutura fundamental para apoiar a estratégia nacional de IA do país.
- O novo complexo criará mais de mil novos empregos permanentes e adicionará outros dois mil empregos para apoiar o processo de construção, que deve levar 10 anos. A instalação será a primeira do tipo na Suécia e uma das primeiras na Europa.



Renderização digital do centro de IA em Strängnäs. Apenas para fins ilustrativos.

Paradoxo de Jevons: uma IA mais eficiente estimulará a demanda por mais IA

A redução nos preços unitários acarretada por ganhos de escala e eficiência pode estimular o aumento do consumo — um fenômeno conhecido como Paradoxo de Jevons. Em 1865, o economista William Stanley Jevons observou que as melhorias na eficiência das máquinas a vapor movidas a carvão levaram a um aumento, e não a uma redução, no consumo de carvão no Reino Unido.

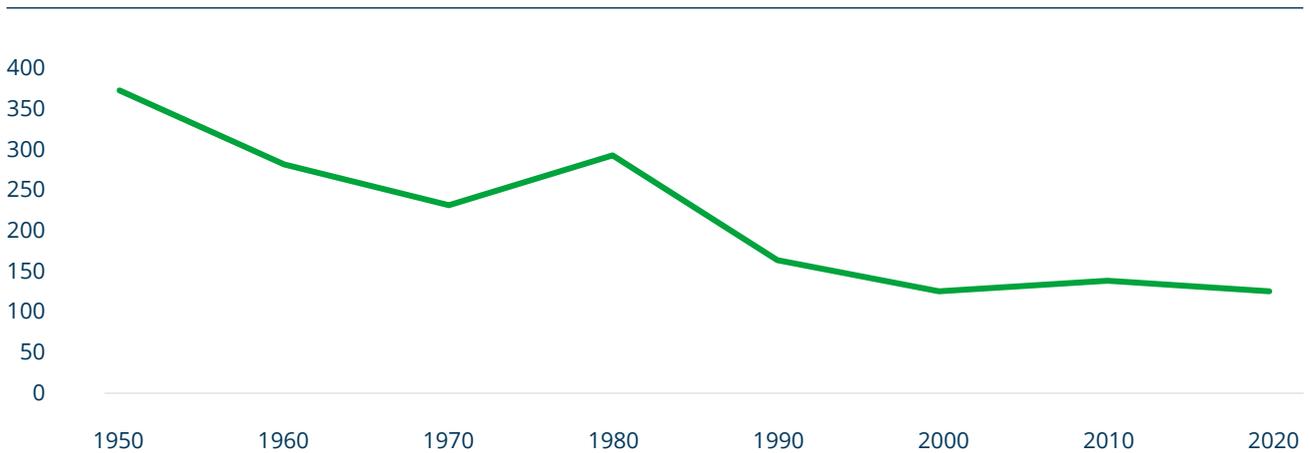
A mesma dinâmica se aplica às tecnologias modernas. Tome a eletricidade como exemplo: nos últimos 70 anos, o preço unitário real (ajustado pela inflação) da eletricidade caiu cerca de 65% devido a ganhos de produtividade. Ao mesmo tempo, o consumo total de energia aumentou cerca de 15 vezes, impulsionado por mais usuários e pelo aumento do consumo por usuário. O resultado líquido foi uma expansão de cerca de cinco vezes no mercado global de eletricidade, para aproximadamente US\$ 3 trilhões (ver Imagem 2).⁴

Acreditamos que o poder computacional da IA se assemelhará a serviços públicos, como a eletricidade, estimulado por uma demanda inédita e sustentada a longo prazo.

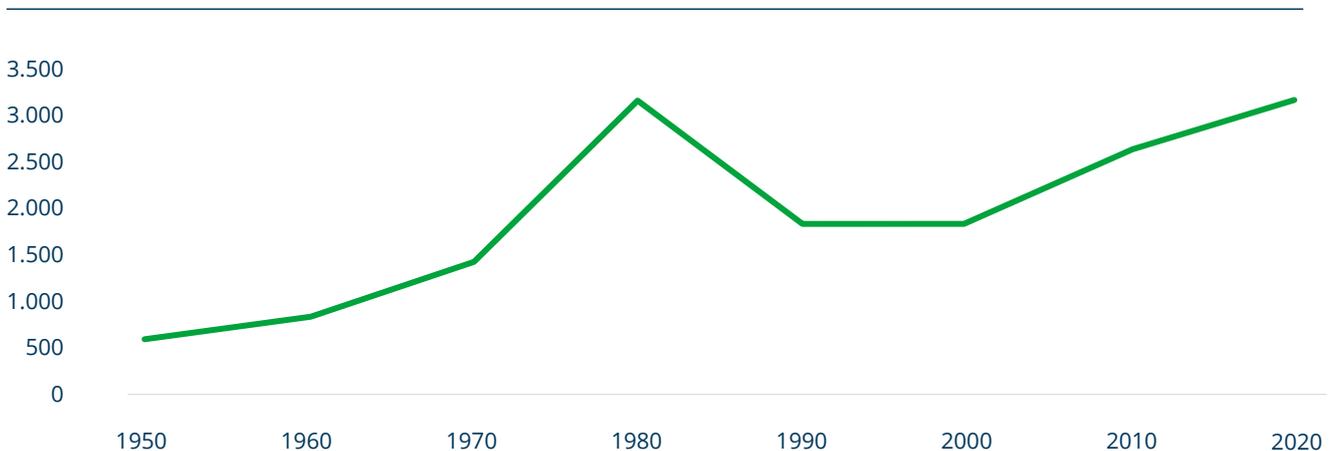
Desde o lançamento do ChatGPT, o custo marginal que a OpenAI cobrava dos desenvolvedores (em dólares por milhão de *tokens* de IA) caiu 99% em apenas 18 meses. Isso foi possível graças às melhorias feitas nos algoritmos para aumentar a eficiência dos modelos mais recentes e ao melhor desempenho das GPUs (cada geração de GPU oferece cerca de duas a três vezes mais poder computacional).⁵ Por exemplo, a arquitetura Hopper (H100) da Nvidia permitiu ganhos substanciais na taxa de transferência de treinamento em relação à sua antecessora, enquanto o recém-anunciado GB300 (Blackwell) deve ter um desempenho ainda maior, atendendo a modelos significativamente maiores a um custo menor por token. Enquanto isso, os registros na SEC e as divulgações de resultados das principais *hyperscalers* continuam registrando aumentos nas despesas de capital ao longo do tempo (ver Imagem 3).

Imagem 2: Paradoxo de Jevons em ação: preços de energia

Preço de eletricidade nos EUA (US\$/MWh, ajustado pela inflação)



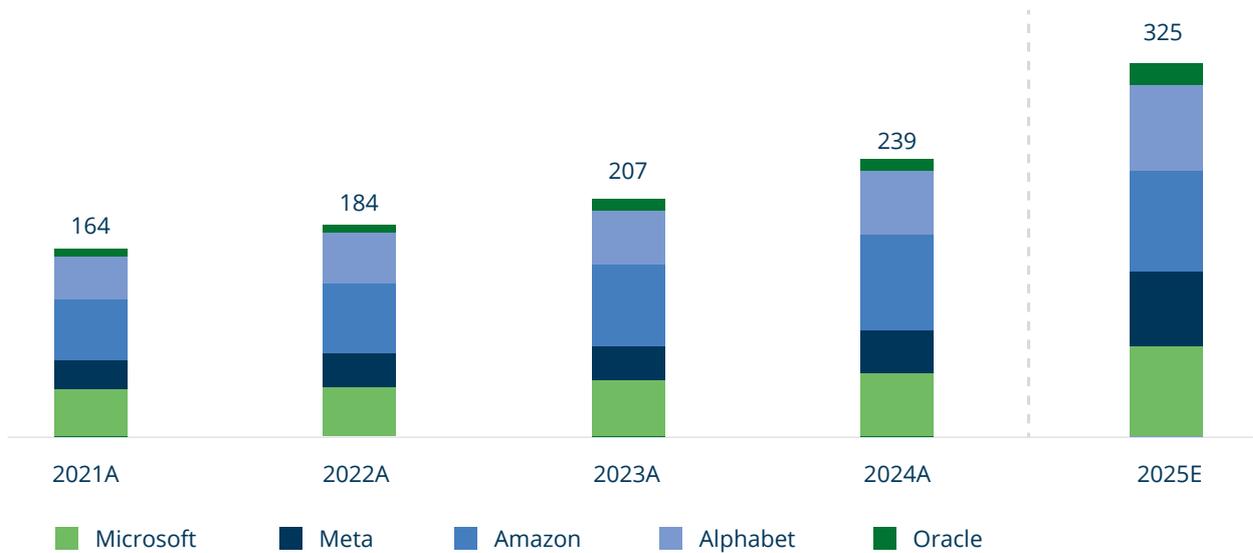
Receitas anuais de eletricidade (US\$ bilhões, referenciadas nos preços ajustados pela inflação dos EUA)



Fonte: Administração de Informações sobre Energia, Departamento de Estatísticas do Trabalho dos EUA.

Imagem 3: Trilhões em movimento: o maior gasto com tecnologia da história

Capex do *Hyperscaler* ao longo do tempo (US\$ bilhões)



Fonte: documentos apresentados à SEC e divulgações de resultados da Microsoft, Meta, Amazon, Alphabet e Oracle, 2025. Dados por ano-calendário.

“A IA está se tornando comercial e funcional em um número cada vez maior de casos de uso. Mais eficiência em IA vai gerar mais demanda por IA. Consideramos que há poucas chances de haver um excesso de desenvolvimento neste momento”.

– Connor Teskey, President da Brookfield Asset Management

Como a infraestrutura possibilita a IA em escala

Para que a IA alcance seu verdadeiro potencial para impulsionar o crescimento econômico e promover avanços nas áreas da saúde, finanças, ciência e trabalho intelectual, ela precisa ser escalável. Mas, além de modelos melhores, isso requer uma infraestrutura robusta e expansiva.

A cadeia de valor da IA inclui vários componentes, mas nós nos concentramos na camada de infraestrutura crítica, ou seja, nos ativos físicos e serviços que possibilitam o seu escalonamento. Isso inclui fábricas de IA, geração e transmissão de energia, e infraestrutura de computação, além de adjacências estratégicas e parcerias de capital.

Fábricas de IA

Ao contrário dos data centers em nuvem que predominam hoje, as fábricas de IA são centros digitais modernos que incorporam refrigeração avançada (líquida ou por imersão) e redes especializadas (InfiniBand ou ethernet) para agrupar milhares de chips. A rápida adoção da GenAI está estimulando a demanda por data centers em uma escala nunca antes vista (ver Imagem 4).

Até o final de 2025, esperamos que as fábricas de IA expandam para cerca de 15 GW de capacidade de energia em comparação com apenas cerca de 7 GW no final de 2024.⁶ Nos próximos 10 anos, esperamos que elas adicionem cerca de 75 GW. Isso elevaria a capacidade total dos data centers de IA para cerca de 82 GW até 2034 — um aumento de mais de dez vezes em uma década (ver Imagem 5).⁷

Imagem 4: Demanda de data centers para nuvem x treinamento e inferência de IA

Base instalada global (GW)



Fonte: pesquisa interna da Brookfield.

Imagem 5: A capacidade dos data centers de IA deve aumentar 10 vezes até 2034

Base instalada global de fábricas de IA (GW)



Fonte: pesquisa interna da Brookfield.

Como resultado, as necessidades de capital para construir centros de IA e adquirir hardware de computação estão disparando. A base de usuários de computação intensiva também cresce além dos laboratórios de IA, incluindo grupos de pesquisa e desenvolvimento corporativos e governos, sendo que muitos estão optando por alugar, em vez de adquirir, poder computacional de IA.

Energia e transmissão

O fornecimento confiável de energia passou a ser prioridade máxima, uma vez que as cargas de trabalho da IA consomem muito mais eletricidade do que a TI tradicional devido às intensas demandas computacionais dos modelos de grande

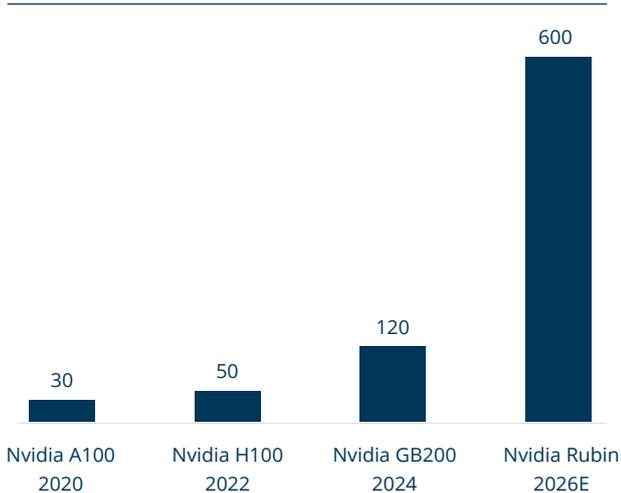
escala. A densidade de potência dos chips de IA é cerca de 10 vezes maior do que a dos servidores comuns e deve aumentar de 5 a 10 vezes nos próximos anos. Um rack de data center padrão consome de 10 a 15 kW. Já um rack de IA de alta densidade pode consumir mais de 120 kW. Por outro lado, o consumo de energia dos novos chips tornou-se dramaticamente mais eficiente (ver Imagem 6).

No entanto, mesmo com mais eficiência, o consumo de energia deve continuar crescendo em consequência da expansão exponencial das cargas de trabalho e do aumento de demanda em todos os setores. **Isso significa que a infraestrutura de energia e resfriamento para possibilitar a adoção da IA se tornou tão crítica quanto os próprios chips.**

Imagem 6: Fornecendo energia para chips de IA avançados

Chips de IA avançados têm necessidades crescentes de energia

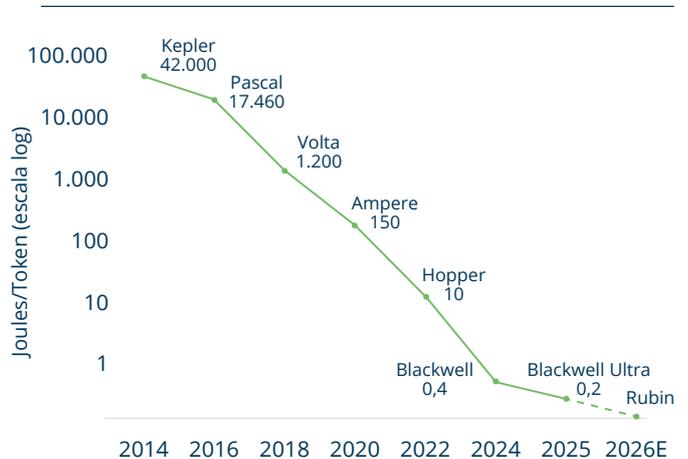
Densidade de potência (kW por rack)



Fonte: Nvidia.

A inferência do LLM está cada vez mais eficiente energeticamente

GPT-MoE-1.8T



Como resultado, os setores de geração e transmissão de energia enfrentam uma pressão — e uma oportunidade — sem precedentes. Especialistas do setor estimam que a expansão da geração e da transmissão de energia para atender à demanda da IA pode representar investimentos de capital da ordem de US\$ 500 bilhões na próxima década. A coordenação estratégica de desenvolvedores de infraestrutura de IA, concessionárias de serviços públicos e agências reguladoras será essencial para implementar a próxima onda de crescimento digital.

Infraestrutura computacional

Essa categoria inclui parcerias de GPU, bem como design e fabricação de chips, incluindo as GPUs de alto desempenho da Nvidia que alimentam o treinamento e a inferência da IA.

No impulso de desenvolver supercomputadores de IA cada vez maiores, os designs de última geração, como o Blackwell da Nvidia, conectam hoje 72 GPUs com 36 CPUs em um único sistema de IA. Somente em 2024, a Microsoft adquiriu quase 500.000 GPUs da Nvidia, e a Meta, mais de 200.000.⁸ Enquanto isso, restrições de suprimento intensificam a corrida global para garantir capacidade de semicondutores de última geração.

Dados os crescentes ganhos econômicos associados à GenAI, as GPUs se tornaram um dos maiores e mais rápidos mercados de tecnologia em crescimento. Projetamos que a base instalada de GPUs crescerá cerca de sete vezes, passando de cerca de sete milhões em 2024 para 45 milhões em 2034, representando mais de US\$ 4 trilhões em vendas acumuladas de hardware de GPU nesse período (ver Imagem 7).⁹ Na última década, o desempenho das GPUs melhorou 1.000 vezes,¹⁰ efetivamente superando a Lei de Moore. A capacidade

computacional total disponível para treinar os modelos de IA aumentou mais nos últimos 10 anos do que nos 40 anteriores.¹¹

Especialistas supõem que será preciso repetir os ganhos de poder computacional dos últimos cinco anos para atingir a inteligência artificial real. Baseados na trajetória atual dos chips e na construção maciça de data centers, acreditamos que a indústria está no caminho certo para alcançar esse nível de poder computacional nesta década.

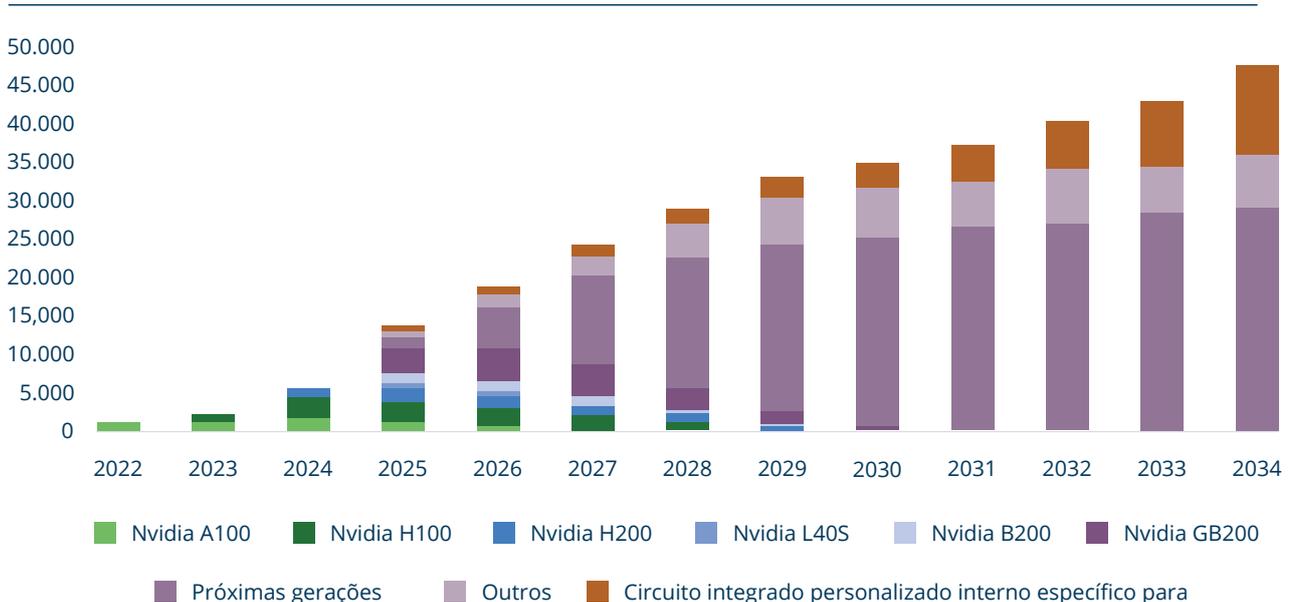
Adjacências estratégicas e parcerias de capital

À medida que as cargas de trabalho de IA crescem em complexidade e escala, elas demandam mais infraestrutura de sustentação, incluindo conectividade de fibra dedicada, refrigeração líquida e redes de economia circular. Esses setores adjacentes são fundamentais para que a IA cresça de maneira sustentável e, portanto, são oportunidades interessantes de investimento em infraestrutura.

Além disso, a terceirização das cadeias de suprimentos dos mercados ocidentais, causada por mudanças nas visões geopolíticas e nas políticas industriais, gerou uma nova onda de demanda por investimentos em fabricação de semicondutores, robótica e centros de treinamento de modelos. Projetos como as instalações de fábricas da Intel e da TSMC nos EUA e os centros emergentes de produção robótica na América do Norte e na Europa destacam a infraestrutura física que está sendo construída para garantir a competitividade da IA. As parcerias de capital que impulsionam projetos como esses não apenas apoiam a cadeia de valor da IA, como também oferecem oportunidades de investimentos resilientes e duradouros com suporte de governos e grandes empresas e alinhados com as prioridades nacionais e a soberania tecnológica.

Imagem 7: A base instalada de GPUs crescerá sete vezes até 2034

Base instalada de GPU (000s)



Fonte: pesquisa interna da Brookfield.

Modelos de negócios passíveis de investimento hoje

O potencial da IA é ilimitado, mas o poder computacional e a energia são fatores limitantes. A construção da espinha dorsal da IA demandará recursos sem precedentes e redefinirá o investimento em infraestrutura como o conhecemos.

O custo para treinar os principais modelos de IA já saltou cerca de 10 vezes em apenas alguns anos, seguindo a lei de escalonamento íngreme.¹² Enquanto isso, a capacidade da indústria de data centers precisa mais do que triplicar até 2030 para acompanhar o aumento das cargas de trabalho da IA.¹³ Laboratórios de IA de ponta, por exemplo, anunciaram planos de expansão multibilionários.

Esse crescimento cria vários modelos de negócios passíveis de investimento, cada um abordando uma peça crítica do quebra-cabeça da infraestrutura de IA.

Data centers e fábricas de IA

Os data centers em hiperescala para IA, construídos com energia e resfriamento personalizados, são um dos segmentos de infraestrutura que mais crescem. As plataformas de data center da Brookfield na América do Norte (Compass), Europa (Data4) e Ásia-Pacífico (DCI) têm se beneficiado precocemente com essa tendência, aproveitando relacionamentos de longa data e um profundo conhecimento sobre a necessidade de infraestrutura digital. Ao expandir os *campi* e adaptá-los para a IA (por exemplo, com *racks* de maior densidade e energia no local), nosso objetivo é absorver a demanda desproporcional por *hyperscalers* e laboratórios de IA.

Dada a grande necessidade de capital e a complexidade de construir infraestruturas de próxima geração, a economia unitária nesse segmento é interessante e apresenta um prêmio em relação às verticais de infraestrutura tradicionais.

Soluções de energia

Na extremidade superior da escala do campus de IA (projetos de 1 GW ou mais), o fornecimento de eletricidade torna-se uma

preocupação crítica — e as soluções energéticas necessárias são “todas as anteriores”. Alguns grandes empreendimentos já estão implantando turbinas a gás natural no local para atender à demanda quando as energias renováveis ou as atualizações na rede não conseguem aumentar rápido o suficiente. Além da geração tradicional de energia, a energia nuclear avançada está passando do conceito para a realidade. A Google assinou o primeiro contrato de energia de reator modular pequeno (SMR) para assegurar energia livre de carbono 24x7 para seus data centers.¹⁴

As soluções modulares de energia no local permitem que os desenvolvedores de data centers acelerem seus cronogramas de lançamento no mercado. Esses sistemas escalonáveis oferecem flexibilidade para aumentar a capacidade de acordo com o crescimento da demanda. Cada vez mais, os desenvolvedores buscam novas formas de financiamento para viabilizar a construção dessa infraestrutura behind-the-meter. Identificamos oportunidades de fazer parcerias de capital estruturando contratos financiáveis com características de investimentos em infraestrutura atraentes, como rendimentos sólidos, contratos de longo prazo e proteções contra perdas, com compradores com grau de investimento.

A combinação entre geração na instalação do consumidor (*behind-the-meter*) e soluções de armazenamento de energia também pode ajudar as fábricas de IA a administrarem mudanças na demanda e integrarem fontes renováveis intermitentes de forma mais eficaz. Esses sistemas de armazenamento de bateria podem oferecer uma resiliência importante com energia de reserva e estabilidade da rede durante picos de carga da GPU ou interrupções.



O AP300™ SMR. A Westinghouse é uma fornecedora líder global de tecnologias, produtos e serviços essenciais para a indústria de energia nuclear. Ela também integra o portfólio da Brookfield.

GPU como serviço/infraestrutura computacional

Atualmente, os provedores tradicionais de nuvem auferem bons retornos alugando capacidade de GPU de ponta. A Amazon Web Services (AWS), por exemplo, obteve retornos não alavancados de aproximadamente 25–30% com suas ofertas de computação para IA.¹⁵ Os *hyperscalers* oferecem pacotes de computação bruta com ferramentas e suporte de *machine learning*, mas participantes especializados de “neo-nuvem”, como a CoreWeave, também entraram nesse mercado.

Acreditamos que nossa abordagem para financiamento de GPU oferece um perfil de risco semelhante ao de infraestrutura, garantindo contratos *take-or-pay* de quatro e cinco anos com contrapartes com boas classificações de crédito. Esses contratos costumam ser acompanhados por aluguéis de data centers de longo prazo, o que aumenta a possibilidade de ganhos adicionais com renovações após o término do prazo inicial.

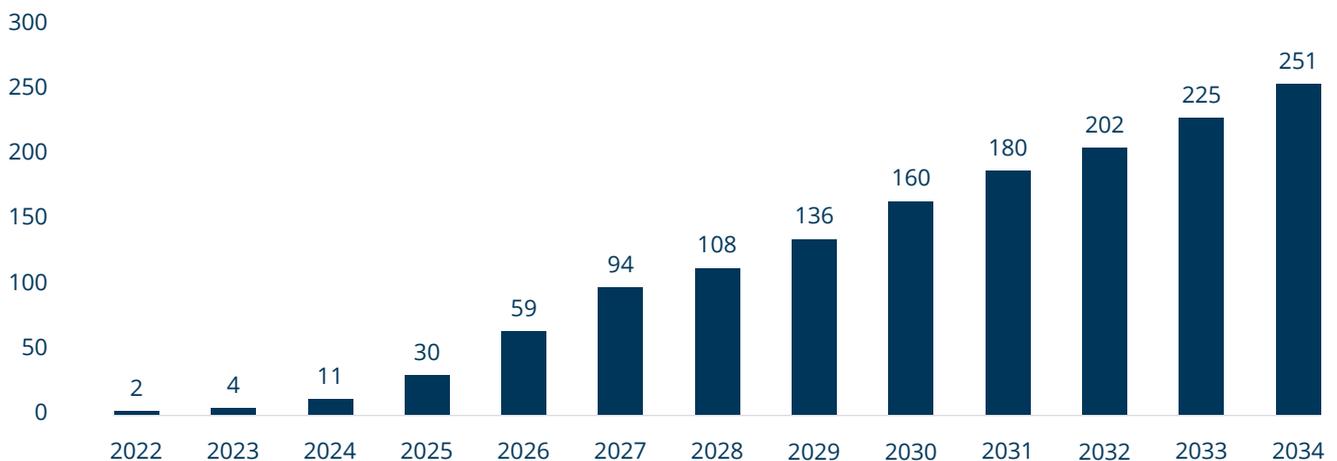
Projetamos que GPUs como serviço crescerão de cerca de US\$ 30 bilhões em 2025 para mais de US\$ 250 bilhões em 2034¹⁶, à medida que empresas de todos os tamanhos buscarem ter acesso flexível e sob demanda à potência da IA sem o compromisso do capex (ver Imagem 8).

“Hoje, a energia é o gargalo e a resposta está nas soluções energéticas ‘behind-the-meter’. Com o tempo, seja com energia solar, eólica ou nuclear, os data centers migrarão para onde a energia estiver”.

– Sikander Rashid, Head Global de Infraestrutura de IA da Brookfield

Imagem 8: GPU como serviço atingirá US\$ 251 bilhões até 2034

Demanda Global (US\$ bi)



Fonte: pesquisa interna da Brookfield.

Planejando o amanhã

O surgimento de modelos cada vez mais capazes, a crescente demanda por inferência em tempo real e os limites físicos da capacidade computacional atual estão remodelando o cenário estratégico para os provedores e investidores de infraestrutura.

Compreender onde estão os gargalos — e de onde virão os próximos avanços — é fundamental para projetar, investir e preparar a espinha dorsal física da IA para o futuro.

Restrições na rede

Nas regiões onde a rede de energia não consegue acompanhar o apetite da IA, a geração no local ou a capacidade renovável dedicada serão fundamentais para manter o crescimento. Isso porque é muito mais demorado liberar uma fila de interconexão do que construir uma nova instalação (ver Imagem 9). Nos EUA, as filas de interconexão levam, em média, seis anos, chegando a 10 anos em mercados como a Califórnia.¹⁷

Aproximadamente 2,7 GW de novos projetos de data center fora da rede foram anunciados este ano. Tanto os desenvolvedores especializados quanto os gigantes de *cloud* estão explorando esses designs autoalimentados, com propostas individuais de campus tão grandes quanto 1 GW.¹⁸

Eficiência dos modelos

O uso do poder computacional dos modelos de IA está cada vez mais eficiente. Por exemplo, o mais recente modelo Llama 4 da Meta emprega uma arquitetura de mistura de especialistas, ativando apenas um subconjunto de seus 400 bilhões de parâmetros durante a inferência, o que reduz significativamente os custos computacionais e a latência.¹⁹ Outras arquiteturas de modelos, como o DeepSeek, continuam essa tendência, oferecendo resultados comparáveis ao GPT-4 com um custo de inferência em torno de 75% mais baixo, apenas alguns meses após o lançamento do GPT-4. DeepSeek conseguiu isso por meio de avanços algorítmicos, como o uso de matemática de menor precisão, a previsão de várias palavras por etapa e o emprego de aprendizado por reforço para autoaperfeiçoamento.²⁰

Esses ganhos de eficiência significam que são necessários menos recursos computacionais por tarefa. No entanto, conforme observado pelo Paradoxo de Jevons, eles também devem aumentar a demanda geral.

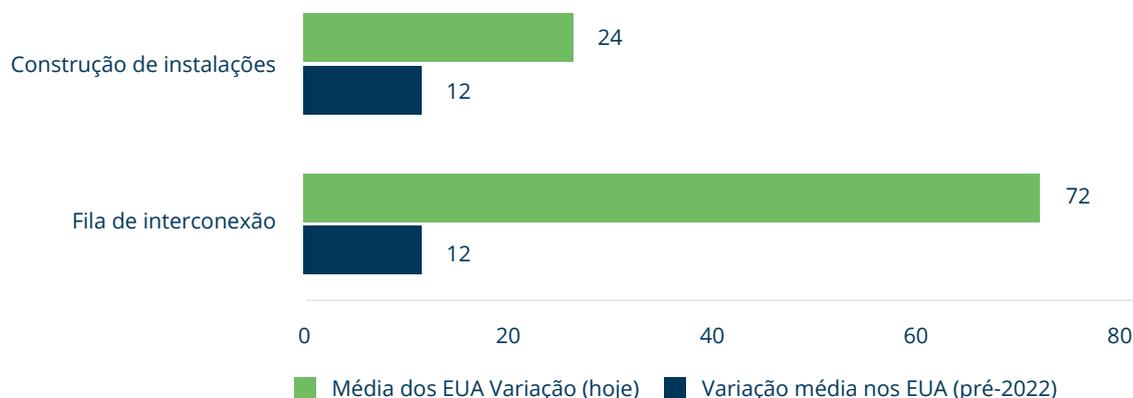
Leis de escalonamento

Laboratórios de IA de ponta observam que modelos e conjuntos de dados maiores produzem melhores resultados — um fenômeno conhecido na IA como "lei de escalonamento". O aproveitamento desses ganhos requer uma enorme capacidade computacional.

O treinamento de modelos de base de última geração demanda dezenas de milhares (rapidamente expandindo para centenas de milhares) de GPUs interligadas com latência ultrabaixa, pois até mesmo atrasos de microssegundos podem causar gargalos no aprendizado. Quanto à aplicação, consultas de IA mais complexas (mais "tokens de pensamento" por resposta) também aumentam a necessidade de conjuntos de

Imagem 9: Por que a energia é um gargalo para o desenvolvimento de data centers de hiperescala

Tempo máximo para garantir energia e construir instalação em hiperescala



Fonte: pesquisa interna da Brookfield.

GPU maiores, localizados próximos aos usuários finais, para manter tempos de resposta inferiores a um segundo.

A lei de escalonamento transfere a restrição dos algoritmos para a infraestrutura. A capacidade de construir *clusters* de computação densos e colocalizados agora é um requisito fundamental para o avanço — a capacidade física, não a inovação algorítmica, passou a ser a restrição limitante.

Treinamento x Inferência

Enquanto o treinamento dos novos modelos de IA consumiu a maioria dos recursos de computação até o momento, a inferência (ou seja, a execução dos modelos em produção) deve se tornar a carga de trabalho dominante (ver Imagem 10). Uma vez que sejam implantados globalmente, os modelos atenderão a milhões de consultas e aplicações, exigindo um enorme poder computacional.

Nossas projeções indicam que cerca de 75% da demanda de poder computacional da IA virá de inferência até 2030.²¹ O surgimento de agentes de IA complexos, que encadeiam dezenas de chamadas de modelos para atingir um único objetivo, aumentará ainda mais a necessidade de inferência. Essa mudança significa que os projetos de data centers serão cada vez mais otimizados para o tráfego de inferência de alto volume, e não apenas para grandes tarefas de treinamento concentradas.

Computação quântica

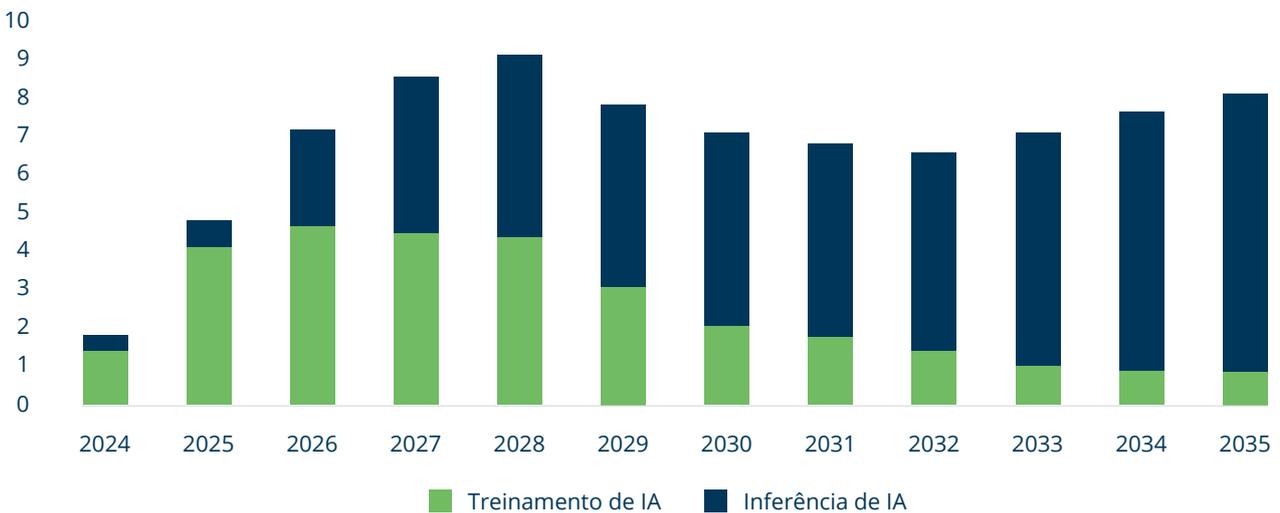
A computação quântica tem o potencial de resolver problemas complexos muito mais rapidamente do que os computadores clássicos e promete aprimorar a IA a longo prazo. No entanto, ela ainda está a, pelo menos, cinco anos de causar impacto nas cargas de trabalho de IA convencionais. Os primeiros protótipos (por exemplo, o chip Willow da Google) mostraram progressos na redução de erros, e alguns provedores (Equinix, Telefónica) até começaram a hospedar computadores quânticos junto com servidores clássicos.

Futuramente, as máquinas quânticas precisarão de suporte de infraestrutura semelhante ao da IA: energia confiável, resfriamento especializado (normalmente criogênico) e isolamento contra vibração e ruído eletromagnético. Isso significa que os futuros data centers poderão precisar de adaptações, como circuitos de resfriamento criogênico e blindagem magnética, para acomodar o hardware quântico. Por enquanto, o planejamento da infraestrutura de IA permanece centrado em GPU e TPU (unidade de processamento tensorial).

A estratégia da Brookfield é monitorar de perto os avanços na computação quântica e se preparar para integrar nós quânticos em nossas instalações assim que a tecnologia amadurecer e a demanda dos clientes aumentar.

Imagem 10: Até 2030, aproximadamente 75% da demanda por computação de IA virá da inferência

Absorção global total (GW)



Fonte: pesquisa interna da Brookfield.

Robótica

Estamos entrando em uma nova era em que os modelos de IA e a robótica estão se mesclando com os sistemas de infraestrutura física, exigindo ambientes e infraestruturas escaláveis e reais para funcionar.

Existem dois tipos de robótica: o de finalidade específica e o de uso geral. Nas palavras de Jensen Huang, CEO da Nvidia, a robótica de uso geral em formato humano (humanoides) representa a oportunidade mais importante, pois o mundo já está construído para os humanos.

Nos últimos dois anos, avanços incríveis em IA multimodal, geração de dados sintéticos e destreza levaram a um rápido progresso em humanoides. Estimamos que a produção desses robôs humanoides alcance milhões dentro da década, levando a uma transformação na força de trabalho e a um impacto no PIB.

Embora ainda esteja nas fases iniciais, esperamos ver uma “curva S” de adoção em 10 a 15 anos, gerando um grande ciclo de formação de capital.²²

Obsolescência tecnológica

O ritmo acelerado da inovação em hardware de IA apresenta um risco de atualização de infraestrutura. Os hyperscalers de nuvem estão introduzindo aceleradores proprietários (por exemplo, Google TPUv7 e AWS Trainium), e as principais gerações de GPU/circuitos integrados específicos para aplicações (ASIC) agora são atualizadas a cada 12–18 meses. Da mesma forma, os padrões de resfriamento e eletricidade estão em constante evolução, sendo que as densidades de energia dos racks devem ultrapassar 100 kW.²³ Em média, observamos que uma nova construção com resfriamento líquido pode adicionar cerca de US\$ 1 milhão por MW de capex em relação aos data centers tradicionais de menor densidade de energia.²⁴

Para evitar obsolescência, os centros de IA precisam de designs modulares para que os sistemas de energia e resfriamento possam ser atualizados rapidamente à medida que novos chips e formatos são lançados. Flexibilidade é fundamental: por exemplo, as instalações podem ser projetadas com espaço e tubulação para resfriamento por imersão no futuro.

A Brookfield reduz o risco de obsolescência ao incorporar adaptabilidade nos projetos e manter sólidas parcerias com fornecedores de equipamentos para garantir que as instalações sejam atualizadas para acompanhar as evoluções tecnológicas. Quanto à implantação das GPUs, buscamos acordos de longo prazo com garantia mínima de consumo com contrapartes de alta qualidade para obter retornos sólidos durante o pico de vida útil do ativo.



Mitigando riscos corporativos na adoção da IA

As empresas se deparam com decisões cruciais ao adotar a IA. Elas têm que escolher entre modelos de IA de código fechado ou aberto, além de decidir se compram ou constroem a infraestrutura principal, desenvolvem internamente talentos em inteligência artificial ou contratam parceiros externos para implementar o modelo. Também precisam considerar possíveis consequências em termos de privacidade e de experiência de cliente dos produtos impulsionados por IA.

Vemos muitas grandes empresas adotando uma estratégia de infraestrutura híbrida. Na prática, isso significa o aluguel de capacidade de GPU de curto prazo de provedores de nuvem para experimentação e necessidades pontuais, enquanto se constroem ou colocam *clusters* de IA privados para cargas de trabalho confidenciais. As empresas podem reduzir os riscos de suas expansões estabelecendo parcerias com operadores experientes e aproveitando seus conhecimentos em seleção de locais, aquisição de energia, projeto de refrigeração e operações.

Prevemos que empresas dos setores financeiro, de saúde, manufatura e outros setores sensíveis investirão cada vez mais em infraestrutura dedicada para desenvolver modelos proprietários, proteger dados/propriedade intelectual e atender aos requisitos regulatórios.

À medida que os investimentos em infraestrutura de IA crescem, é importante que *stakeholders* superem vários desafios importantes:

- **Fluxo de tecnologia:** a infraestrutura deve preservar sua capacidade de adaptação à medida que novos modelos e hardwares seguem evoluindo. Os participantes do mercado devem estar preparados para atualizar ou reconfigurar os data centers à medida que as gerações de chips avançam e as arquiteturas de IA do tipo “Sistema 2” evoluem.



A Triton, uma empresa do portfólio da Brookfield, é a maior locadora mundial de contêineres intermodais para transporte de carga.

- **Concorrência:** a alta demanda por recursos de IA pode impulsionar as *valuations*, o que exigirá estratégias disciplinadas de entrada e uma experiência aprofundada na redução estrutural de risco.
- **Gargalos na cadeia de suprimentos:** os prazos de entregas de GPUs, componentes de resfriamento especializados e memória avançada continuam limitados. Relacionamentos duradouros na cadeia de suprimentos, desenvolvidos ao longo de décadas de experiência, são fundamentais para operar com eficiência.
- **Ambiente regulatório:** os governos podem impor determinações regulatórias que alterem as bases econômicas do projeto. Por exemplo, o Regulamento sobre Inteligência Artificial da UE estabelecerá novos requisitos a sistemas de IA de “alto risco”, que podem incluir a localização dos dados ou normas de transparência que favoreçam investimentos locais em data centers. Manter relações estreitas com as nações líderes proporciona uma diferenciação genuína.

A característica de plataforma global da Brookfield e sua longa experiência na propriedade de ativos digitais e de energia renovável oferecem uma vantagem estratégica no fornecimento de soluções integradas (como a construção de data centers voltados para a IA alimentados por energia limpa local, por exemplo). Nossa escala, consciência de risco e experiência operacional apoiam parcerias de longo prazo com *hyperscalers*, governos e desenvolvedores de IA, transformando a cadeia de valor da inteligência artificial em retornos consistentes ajustados ao risco.

Da ambição em IA ao crescimento em escala

A evolução da IA, desde os *chatbots* até a inteligência geral artificial e, potencialmente, a superinteligência, depende de uma infraestrutura física intensiva em capital e complexa em termos de tecnologia. Quem for pioneiro nessa área assumirá o controle na próxima era da tecnologia.

Refletindo sobre nossa extensa pesquisa nessa área, nossas principais convicções são:

- **A IA é uma tecnologia transformadora de uso geral** com um amplo impacto. A médio prazo, a IA tem o potencial de agregar mais de US\$ 10 trilhões à economia mundial por meio da automação. A longo prazo, essa tecnologia pode levar a uma Era da Abundância, liderada pela inteligência super-humana e pela automação robótica massiva.
- **O mercado continuará crescendo**, impulsionado por leis de escala, redução de custos unitários devido às eficiências do modelo e pela demanda soberana por capacidade computacional nacionalizada.
- **A demanda total por IA superará os 100 GW de energia nos próximos 10 anos**, com base nas nossas previsões de adoção. Na nossa visão, serão necessários mais de US\$ 7 trilhões de capital nos principais mercados.

Assim como a máquina a vapor, a eletricidade e o telefone, a inteligência artificial transformará a economia global, mas somente se a infraestrutura necessária for construída para apoiá-la em grande escala. Em cada revolução passada, não foi apenas a inovação, mas os sistemas que permitiram sua adoção em massa que mudaram o curso da história. A trajetória da IA pode não ser linear, mas é inegavelmente ascendente: mais dados, mais computação e mais poder.

“Os avanços em produtividade resultantes dos modelos de IA em robótica avançada e serviços nos próximos 20 anos serão sem precedentes. Estamos no meio de uma era de grandes investimentos”.

– Bruce Flatt, CEO da Brookfield

À medida que a IA vai das manchetes para aplicações profundamente integradas no mundo real, a tarefa de construir e operar a infraestrutura necessária em escala representa tanto um enorme desafio quanto a oportunidade de investimento mais importante da nossa época. O longo histórico da Brookfield em infraestrutura digital e de energia nos coloca em uma posição excepcionalmente vantajosa para liderar o desenvolvimento da infraestrutura física da IA. Assim como fizemos durante décadas na construção das ferrovias, redes elétricas e redes de comunicação que possibilitaram as revoluções industriais do passado, estamos construindo os sistemas que impulsionarão a era da inteligência artificial.



A Neoen, uma das principais desenvolvedoras globais de energia renovável e empresa do portfólio da Brookfield, fornece energia de base crucial para suas instalações de geração de energia por meio do armazenamento em baterias.

Apêndice: o que é IA?

A inteligência artificial é uma tecnologia de uso geral projetada para imitar as habilidades cognitivas e de tomada de decisão dos seres humanos.

No centro de tudo isso está um código de software que aprende ao ler grandes volumes de dados e identificar padrões. O modelo então processa esses padrões a fim de fazer previsões baseadas no que aprendeu. Esses dois passos são conhecidos como treinamento e inferência. Embora o termo IA tenha sido desenvolvido há mais de 50 anos, os rápidos avanços tanto na ciência quanto no acesso a grandes clusters de computação aceleraram a inovação dessa tecnologia, culminando na ascensão viral do ChatGPT em 2022.

De um modo geral, as capacidades práticas da IA são frequentemente definidas em três categorias de sofisticação crescente: inteligência artificial limitada, inteligência artificial geral e superinteligência artificial (ver Imagem 11).

Inteligência artificial limitada (IAL)

A IAL consiste em algoritmos que se destacam em tarefas específicas (por exemplo, anúncios direcionados e reconhecimento de voz), mas carecem de uma adaptabilidade ampla. Os modelos atuais de IA de produção se enquadram nessa categoria, pois são avançados em um único domínio, mas são incapazes de transferir habilidades de forma confiável para outras áreas. Mesmo modelos de linguagem (LLMs) de ponta, como o GPT-4 da OpenAI, o Gemini 2.5 do Google, o Grok 3 da xAI, o Claude da Anthropic, o Llama da Meta ou o R1 da DeepSeek, permanecem especializados: preveem texto, resumem documentos ou geram código. No entanto, são incapazes de lidar de forma autônoma com problemas desconhecidos sem passar por um novo treinamento ou receber orientação humana. Na prática, a IAL é o motor por trás de *chatbots* de atendimento ao cliente,

motores de recomendação de conteúdo e sistemas avançados de assistência ao motorista em veículos (assistência de permanência em faixa).

Inteligência artificial geral (IAG)

A inteligência artificial geral trata-se de um sistema futuro, contando com versatilidade, raciocínio, planejamento e aprendizado de nível humano em tarefas com as quais nunca lidou antes. Muitos pesquisadores argumentam que alcançar uma verdadeira IAG exigirá a mesma escala de crescimento de computação eficaz que vimos nos últimos cinco anos. Dado que a computação usada para treinar modelos recentes cresceu quatro a cinco vezes a cada ano na última década, temos motivos para acreditar que a IAG é alcançável dentro desta década se as leis atuais de escala se mantiverem²⁵.

Técnicas preliminares, como o raciocínio do tipo *scratchpad*, já revelam indícios de uma capacidade de resolução geral de problemas nas IAs atuais, sugerindo que a defasagem entre o desempenho atual do GPT-4 e a competência humana possa ser superada antes do esperado. Por exemplo, a IAG futura poderia possibilitar assistentes de pesquisa autônomos ou trabalhadores digitais multiqualificados capazes de se adaptar a novos problemas instantaneamente, sem a necessidade de ser explicitamente reprogramados. Apesar desses avanços na IA, a inteligência de nível humano não parece ser o objetivo final, mas apenas um trampolim para algo mais extremo: a superinteligência.

Superinteligência artificial (SIA)

Além da IAG está a superinteligência artificial, uma fase hipotética em que os sistemas de IA superam em muito a cognição humana em todos os campos, desde a ciência e a estratégia até a criatividade e a inteligência emocional. Quando a IA for capaz de projetar uma inteligência artificial ainda melhor, um ciclo de *feedback* de explosão de inteligência poderá condensar décadas de pesquisa e desenvolvimento para poucos meses. O resultado seria um choque de produtividade: centenas de milhões de “pesquisadores” virtuais incansáveis iterando continuamente, potencialmente remodelando todos os setores. No cenário de SIA, inteligências artificiais capazes de se aperfeiçoar poderiam empregar milhões de agentes cooperativos para lidar simultaneamente com as mudanças climáticas, pesquisas médicas e planejamento estratégico global em tempo real, a uma velocidade que nenhuma organização humana poderia igualar.

Imagem 11: Capacidades de IA por categoria

NÍVEL DE INTELIGÊNCIA	CAPACIDADE ESSENCIAL	EXEMPLOS	CASOS DE USO
Inteligência artificial limitada (IAL)	Proficiência em um único domínio	LLMs de classe ChatGPT/GPT-4	Bots de suporte ao cliente, geração de conteúdo, recomendações de produtos, veículos com assistência de permanência em faixa
Inteligência artificial geral (IAG)	Raciocínio de nível humano e multidomínio	Futuros sistemas LLM com capacidade para resolver problemas de forma autônoma	Assistentes de pesquisa autônomos, trabalhadores digitais com múltiplas habilidades, robótica adaptativa
Superinteligência artificial (ASI)	Cognição super-humana; autoaperfeiçoamento recursivo	LLM hipotético com autoaperfeiçoamento executando milhões de agentes virtuais	Descobertas científicas rápidas, otimização macroeconômica global, estratégia em tempo real em escala mundial

Glossário

Fábricas de IA: grandes centrais digitais que abrigam poder de computação de alto desempenho, hardware especializado, como GPUs, enorme capacidade de armazenamento e sistemas de resfriamento que atuam em conjunto para treinar e implantar modelos de IA.

Era da Abundância: visão de futuro impulsionada por avanços tecnológicos como a IA, que oferece baixo custo e acesso imediato a bens, serviços e oportunidades, facilitando para que as pessoas alcancem seus objetivos e vivam vidas plenas.

IA agêntica: sistemas de IA capazes de planejar, traçar estratégias e executar tarefas de forma independente, muitas vezes se adaptando a condições em constante mudança.

Behind the Meter: soluções energéticas instaladas no lado do consumidor, permitindo que ele gere, armazene ou gerencie sua eletricidade de forma independente da rede.

Economia circular: modelo de produção e consumo que envolve compartilhar, arrendar, reutilizar, reparar, recondicionar e reciclar os materiais e produtos existentes pelo maior tempo possível. Ela prolonga o ciclo de vida dos produtos e reduz o desperdício ao mínimo.

Poder Computacional: trata-se da capacidade de processamento dos sistemas de computador, especialmente na execução de cálculos complexos e aplicativos de software.

Frontier AI Labs: organizações que atuam na vanguarda da inteligência artificial, especialmente no desenvolvimento de modelos de uso geral ou de alta capacidade que expandem os limites do que a IA pode realizar.

Gigawatts (GW): unidade de potência equivalente a 1 bilhão de watts, o suficiente para abastecer uma cidade de porte médio como São Francisco (Califórnia).

Paradoxo de Jevons: teoria em homenagem ao economista William Stanley Jevons, que sugere que o uso crescente de um recurso (por exemplo, eletricidade) pode, paradoxalmente, levar a um consumo ainda maior, pois os ganhos de eficiência geralmente reduzem o custo do recurso e aumentam sua atratividade.

Lei de Moore: conclusão do cofundador da Intel, Gordon Moore, que afirma que o número de transistores em um chip dobrará aproximadamente a cada dois anos, com um aumento mínimo de custo.

Computação quântica: tecnologia que usa os princípios da mecânica quântica, onde partículas subatômicas podem existir em múltiplos estados simultaneamente, para realizar cálculos com muito mais rapidez do que os computadores tradicionais.

Curva em S: todas as revoluções tecnológicas das últimas décadas tendem a seguir um comportamento semelhante, conhecido como curva em S. A tecnologia começa cara, volumosa e pouco adotada. As melhorias são lentas, à medida que os conceitos fundamentais são descobertos. Segue-se um período de rápida inovação e adoção em massa até ocorrer uma desaceleração nas melhorias significativas e uma redução no número de novos clientes.²⁶

Leis de escalonamento: conceitos que descrevem como o desempenho de um modelo de IA melhora à medida que os dados de treinamento, os parâmetros do modelo e o poder computacional aumentam.

Raciocínio do tipo *scratchpad*: técnica que instrui os modelos de IA a apresentarem seu trabalho e seu processo de tomada de decisão antes de fornecerem uma resposta final.

Arquitetura do tipo Sistema 2: tecnologia de IA que adota uma abordagem lenta e deliberada, necessária para tarefas de planejamento e dedução, ao contrário da arquitetura do tipo Sistema 1, que depende de decisões rápidas em tarefas mais simples, como o reconhecimento de padrões.

Tokens de pensamento: são as unidades fundamentais de texto que os modelos de IA usam para processar e compreender linguagem.

Notas finais

- ¹ Necessidade estimada de capital nos próximos 15 anos com base em pesquisa interna da Brookfield.
- ² IDC, "The Business Opportunity of AI", novembro de 2023.
- ³ Pesquisa interna da Brookfield.
- ⁴ Administração de Informações sobre Energia, Departamento de Estatísticas do Trabalho dos EUA.
- ⁵ Artificial Analysis, "[OpenAI: Models Intelligence, Performance & Price](#)", abril de 2025.
- ⁶ Pesquisa interna da Brookfield.
- ⁷ Pesquisa interna da Brookfield.
- ⁸ Financial Times, "[Microsoft acquires twice as many Nvidia AI chips as tech rivals](#)", 17 de dezembro de 2024.
- ⁹ Pesquisa interna da Brookfield.
- ¹⁰ Pesquisa interna da Brookfield.
- ¹¹ Pesquisa interna da Brookfield.
- ¹² Pesquisa interna da Brookfield.
- ¹³ Pesquisa interna da Brookfield.
- ¹⁴ Google, "[New nuclear clean energy agreement with Kairos Power](#)", 14 de outubro de 2024.
- ¹⁵ Estimativas da Brookfield.
- ¹⁶ Pesquisa interna da Brookfield.
- ¹⁷ ENVERUS, "[Unveiling ISO Dynamics and Market Trends for 2025](#)".
- ¹⁸ Estimativas da Brookfield.
- ¹⁹ Meta, "[The Llama 4 herd: The beginning of a new era of natively multimodal AI innovation](#)", 5 de abril de 2025.
- ²⁰ Artificial Analysis, "[DeepSeek: Models Intelligence, Performance & Price](#)", maio de 2025.
- ²¹ Pesquisa interna da Brookfield.
- ²² Pesquisa interna da Brookfield.
- ²³ Data Center Dynamics, "[The path to power](#)", 14 de março de 2025.
- ²⁴ Pesquisa interna da Brookfield.
- ²⁵ Epoch AI, "[Training Compute of Frontier AI Models Grows by 4-5x per Year](#)", 28 de maio de 2024.
- ²⁶ Medium, "[Technology's Favorite Curve: The S-Curve \(and Why It Matters\)](#)", 2 de novembro de 2022.

Divulgações

Este conteúdo e as informações contidas aqui destinam-se exclusivamente a fins educacionais e informativos e não constituem e não devem ser interpretados como oferta de venda, solicitação de oferta de compra nem anúncio de quaisquer títulos, instrumentos financeiros relacionados ou serviços de consultoria de investimento. Este artigo fala sobre as tendências gerais do mercado, da indústria ou do setor, ou outras condições econômicas ou de mercado em geral. Ele não tem como objetivo fornecer uma visão geral dos termos aplicáveis a quaisquer produtos promovidos pela Brookfield Asset Management Ltd. e suas afiliadas (juntas: "Brookfield").

Este texto contém informações e comentários com base na data indicada e tais informações e comentários estão sujeitas a alterações sem aviso prévio. Algumas das informações fornecidas neste documento foram preparadas com base em pesquisas internas da Brookfield, e certas informações são baseadas em várias suposições feitas pela Brookfield, e qualquer uma das quais pode se provar incorreta. A Brookfield pode não ter verificado (e se isenta de qualquer obrigação de verificar) a exatidão e integridade de qualquer informação incluída aqui, inclusive informações que tenham sido fornecidas por terceiros, e você não pode se assegurar de que a Brookfield tenha conferido tais informações. As informações fornecidas aqui refletem as perspectivas e crenças da Brookfield.

Os investidores devem falar com seus consultores antes de fazer um investimento em qualquer fundo ou programa, incluindo um fundo ou programa promovido pela Brookfield.

Sobre a Brookfield

A Brookfield Asset Management é uma gestora líder global em ativos alternativos, sediada em Nova York, com mais de US\$ 1 trilhão em ativos sob gestão. A Brookfield investe o capital dos clientes no longo prazo, com foco em ativos reais e empresas de serviços essenciais que formam a espinha dorsal da economia global. A Brookfield oferece uma variedade de produtos alternativos de investimento para investidores em todo o mundo, incluindo planos de pensão públicos e privados, fundos de dotação e fundações, fundos soberanos, instituições financeiras, companhias de seguro e investidores privados.

Com mais de US\$ 200 bilhões em ativos, a Brookfield é uma das maiores investidoras, proprietárias e operadoras de ativos de infraestrutura crítica do mundo. Nosso portfólio, fundamentado em mais de 120 anos de experiência em investimentos, oferece uma exposição diversificada a negócios de alta qualidade e escassos, com barreiras significativas de entrada. Com uma equipe global de aproximadamente 61 mil funcionários operacionais e 220 profissionais de investimentos, possuímos e operamos ativos nos setores de dados, transporte, *utilities* e *midstream*, com foco na estabilidade e resiliência do fluxo de caixa.

Saiba mais sobre <https://www.brookfield.com/about-us/capabilities/infrastructure>

© 2025 Brookfield Asset Management