

A composite image featuring a Brazilian flag on a tall pole in the upper left, a high-voltage power transmission tower in the middle left, and a long row of server racks in a data center on the right. The scene is set against a sunset sky with warm orange and blue tones. The floor is a dark, tiled walkway.

# ENERGIA E DATA CENTERS

A NOVA FRONTEIRA DA  
INFRAESTRUTURA BRASILEIRA



# Resumo

Vivemos a ascensão de uma nova infraestrutura estratégica: a digital. Sua espinha dorsal são os data centers – sistemas que processam, armazenam e distribuem os fluxos vitais da sociedade contemporânea: dados de governos, mercados, saúde, justiça e cultura. Por trás de cada clique, há uma exigência inegociável: energia firme, contínua, previsível. A “nuvem” não flutua – ela consome energia. E muita.

Este white paper parte de uma constatação inequívoca: não há soberania digital sem soberania energética. A infraestrutura crítica do século XXI exige uma base material robusta. Não é ideologia – é física. E, nesse novo cenário, o Brasil possui atributos singulares, ainda dispersos e desorganizados.

O fluxo de bits hoje importa tanto quanto o de barris ou containers. Países como EUA, Irlanda, Índia e Japão já tratam data centers como ativos de segurança nacional – com energia firme garantida e regulação preferencial. No Indo-Pacífico, emerge uma lógica de dupla infraestrutura: digital e energética, contínua e redundante, ancorada em fontes despacháveis como o gás natural. Nesses arranjos, a proximidade entre computação e confiabilidade energética tornou-se vetor de soberania e vantagem competitiva.

O Brasil pode – e precisa – aprender com essa lógica. Energia firme não é só requisito técnico: é ativo geoestratégico. Temos uma matriz limpa, território vasto, excedente renovável e potencial de expansão em gás e biometano. Mas enfrentamos barreiras institucionais: regulação fragmentada, falta de planejamento integrado, distorções tarifárias e negligência ao valor sistêmico da firmeza. O resultado é claro: perdemos tração em um setor decisivo.





**Este documento propõe uma reorganização pragmática em cinco frentes:**

- 1.** Reconhecer os data centers como infraestrutura crítica, com prioridade regulatória, energética e institucional. Não são galpões – são UTI de dados que sustentam a vida em rede.
- 2.** Criar uma Política Nacional de Energia para Cargas Críticas, integrando digitalização, conectividade e energia firme num mesmo eixo. A demanda computacional cresce a dois dígitos e já desafia sistemas elétricos mundo afora.
- 3.** Valorizar a energia firme como ativo estratégico, com mercado de capacidade funcional, isonomia tributária e estímulo à autogeração híbrida (gás, hidráulica modulável, SMRs). Sem sinal, não há investimento.
- 4.** Promover soluções energéticas realistas e sustentáveis, unindo fontes limpas à potência firme. Sustentabilidade exige continuidade — não só origem.
- 5.** Descentralizar com inteligência, ativando o potencial do Nordeste, onde renováveis, gás, logística internacional e articulação política já convergem.



**Energia é poder.  
Dados são poder.  
Mas é a convergência  
entre ambos – com  
coesão institucional  
e inteligência  
estratégica – que  
define a soberania do  
século XXI.**

O white paper traz diagnósticos técnicos, referências globais e propostas institucionais claras para posicionar o Brasil como hub energético-digital – competitivo, resiliente, soberano.

A mensagem é direta: não há digitalização crítica sem energia firme. E o Brasil, se agir com visão, pode transformar uma exigência física em trunfo geopolítico. O tempo da hesitação passou. Agora é escolha estrutural: liderar ou seguir reagindo.



# I. Introdução – O século dos dados e a nova infraestrutura estratégica

## A nova infraestrutura do poder

Em um mundo cada vez mais tensionado por disputas tecnológicas e comerciais, fluxos de dados e segurança energética, a capacidade de hospedar digitalmente torna-se parte do exercício soberano dos Estados

Vivemos o início de uma transformação silenciosa e monumental. Em poucas décadas, o fluxo de dados superou o de mercadorias como eixo da economia global. Inteligência artificial, nuvem, internet das coisas, redes 5G e automação industrial formam uma engrenagem em tempo real, que exige mais do que inovação: demanda uma nova arquitetura material. No centro dessa transição estão os data centers – infraestruturas críticas do século XXI, responsáveis por processar, armazenar e distribuir os dados que sustentam governos, bancos, empresas e a própria sociedade em rede.

Essa mudança de paradigma não é apenas tecnológica. É energética. Cada camada de digitalização exige uma base física robusta. A imagem da “nuvem” é sedutora, mas os dados não flutuam: eles

consomem energia – e muita. Em 2024, os data centers consumiram cerca de 415 TWh, ou 1,5% da eletricidade global. Até 2030, esse volume pode mais que dobrar, atingindo 945 TWh, o equivalente ao consumo anual do Japão.

Mais do que volume, importa a qualidade. Infraestruturas digitais exigem energia firme<sup>1</sup>: contínua, estável, de baixa latência. Fontes intermitentes não suprem essa exigência. Por isso, a operação segura dos data centers depende de fontes despacháveis, capazes de responder com precisão à demanda. Sem essa base, não há segurança da informação, competitividade, nem soberania digital.

Essa realidade já mobiliza uma disputa global. Estados Unidos, União Europeia, Índia, Emirados, China e Japão adotaram políticas explícitas para atrair data centers, oferecendo energia firme, marcos regulatórios adaptados e incentivos estruturados. Em muitos casos, a comprovação de fornecimento firme é condição prévia para novos investimentos.

1. **Energia firme** é a eletricidade que um sistema de geração consegue fornecer de forma contínua, previsível e confiável, mesmo nos momentos de maior demanda ou em condições adversas, como ausência de sol ou vento. Diferentemente das fontes intermitentes, como eólica e solar, que só produzem quando há recurso natural disponível, a energia firme está sempre acessível para garantir o equilíbrio do sistema elétrico. Trata-se de energia despachável, controlável e contratualmente garantida, essencial para cargas críticas como data centers, hospitais e centros de comando. Hidrelétricas com reservatório, termelétricas (a gás, biomassa, nuclear), cogeração industrial e sistemas de armazenamento bem integrados são exemplos típicos de fontes firmes.



O Brasil possui atributos naturais, energéticos e geográficos para disputar esse protagonismo. Mas enfrenta gargalos estruturais: marcos regulatórios fragmentados, ausência de política energética voltada ao digital, incentivos distorcidos e um modelo tarifário que desvaloriza a confiabilidade – mesmo quando ela é tecnicamente imprescindível.

Este white paper parte de uma premissa clara: a expansão digital só será segura se ancorada em uma base energética confiável. Não se trata de ideologia, mas de reconhecer que, por trás de cada clique, há uma estrutura física que precisa operar sem falhas.

A seguir, propomos:

1. Um diagnóstico do mercado global de data centers;
2. Um retrato da realidade brasileira, com seus potenciais e limitações;
3. As exigências energéticas estruturais da nova economia digital;
4. As condições que o Brasil precisa desenvolver para competir globalmente;
5. E uma agenda estratégica para consolidar o país como hub energético-digital, soberano, competitivo e confiável.





## 2. Macrotendências globais: O que está movendo o mundo dos data centers

A ascensão dos data centers não é fruto de uma moda tecnológica passageira, mas a manifestação visível de uma reorganização estrutural mais profunda – que entrelaça forças tecnológicas, energéticas, econômicas e geopolíticas. Não se trata de um fenômeno de nicho, e sim da emergência de uma nova arquitetura de poder, onde dados, energia e soberania se articulam como eixos centrais.

Estamos diante de uma reconfiguração das infraestruturas críticas da modernidade. Dados não transitam no vácuo: precisam de lastro físico, de território, de estabilidade. A “nuvem” tem localização, consome energia, exige confiabilidade. Compreender esse novo mapa não é apenas uma tarefa técnica – é um imperativo de Estado.

Este documento oferece um instrumento de orientação nesse novo território: os data centers são as catedrais técnicas do século XXI – erguidas sobre algoritmos, redundância, vigilância e calor. É neles que o digital ganha corpo. Cada clique, cada transação, cada decisão em tempo real depende de uma infraestrutura física contínua, resiliente e alimentada por energia firme.

Antecipar o futuro requer leitura estratégica do presente. Este capítulo identifica cinco movimentos estruturantes que moldam o futuro da infraestrutura digital crítica. São as macrotendências que orientam o posicionamento das nações, o fluxo de capitais e a reorganização das cadeias de valor globais.





## 2.1. Crescimento exponencial da demanda por capacidade computacional

Vivemos um salto sem precedentes na demanda global por processamento de dados, impulsionado por vetores estruturais como a inteligência artificial generativa, a digitalização da indústria, o avanço das moedas digitais, a expansão dos serviços em nuvem e a chegada das redes 5G e 6G.

Segundo o UBS, o volume total de dados poderá crescer mais de dez vezes entre 2020 e 2030, ultrapassando 660 zettabytes (ZB). Outras projeções apontam para a marca de 1 yottabyte (1.000 ZB) ainda nesta década. Esse ritmo exponencial impõe pressões inéditas sobre a infraestrutura digital global – do armazenamento e processamento à

segurança da informação – ao mesmo tempo que levanta alertas sobre sustentabilidade energética e resiliência sistêmica.

Estimativas da McKinsey, do Uptime Institute e de outras fontes convergem: o número de data centers hyperscale deve crescer entre 10% e 15% ao ano até 2030, com forte concentração em clusters de alta densidade energética. Mas esse avanço não é neutro. À medida que o poder computacional se expande, aumentam também a densidade energética por rack e a exigência de fornecimento elétrico firme, contínuo e de altíssima confiabilidade. Uma nova fronteira técnica se abre – e com ela, novos desafios para os sistemas elétricos nacionais.





## 2.2. Reorganização geopolítica e soberania digital

A infraestrutura digital crítica deixou de ser apenas um ativo econômico – tornou-se instrumento de poder. Governos passaram a tratá-la como tratam bases militares, usinas nucleares ou dutos de energia: como ativos geoestratégicos que definem soberania. A geopolítica dos dados entrou no centro do tabuleiro.

Controlar os fluxos de informação e os nós computacionais é, hoje, uma forma de projetar influência. Por isso, países como Índia, Estados Unidos, Singapura, Irlanda, Emirados Árabes e Indonésia adotaram políticas explícitas de atração de data centers, com pacotes de incentivos fiscais, garantias de acesso à energia firme e reconhecimento legal como infraestrutura crítica.

A presença nacional de data centers tornou-se sinônimo de soberania digital. Entre os principais ganhos estratégicos estão:

1. Redução da dependência externa no armazenamento e tráfego de dados sensíveis;
2. Reforço à cibersegurança pública, industrial e institucional;
3. Estímulo à reindustrialização digital e à atração de cadeias produtivas da nova economia.

Mais que abrigar servidores, esses centros de dados operam como âncoras territoriais de uma nova ordem informacional. Sem eles, não há controle efetivo do presente – e tampouco protagonismo no futuro.





## 2.3. Concentração geográfica e risco sistêmico

Embora a digitalização seja um fenômeno global, a infraestrutura que a sustenta permanece geograficamente concentrada. Mais de 70% da capacidade hyperscale do mundo está localizada em apenas dez regiões metropolitanas – como norte da Virgínia, Frankfurt, Cingapura, Londres, Dallas e Estocolmo. Essas áreas reúnem vantagens críticas: oferta estável de energia firme, clima naturalmente frio, alta conectividade internacional e ambiente regulatório seguro.

Essa concentração, no entanto, está criando vulnerabilidades sistêmicas. As redes elétricas locais enfrentam saturação, a escassez de energia firme

se intensifica, surgem disputas por recursos com outros setores e os custos de infraestrutura escalam. A resiliência global da economia digital começa a depender de poucos nós físicos, sujeitos a gargalos, choques e disfunções regionais.

Esse cenário abre uma janela estratégica para o Brasil. Com planejamento antecipado, política energética adaptada e segurança jurídica, o país pode se posicionar como alternativa viável nos próximos ciclos de realocação e expansão de investimentos globais em infraestrutura digital crítica. O momento de agir é agora – antes que as escolhas estejam feitas.





## 2.4. Emergência da energia como principal limitador do crescimento

O maior gargalo para a expansão global de data centers não é falta de fibra óptica ou terrenos – é energia. Mais precisamente, energia firme: disponível, contínua, estável e previsível. Em média, o custo da eletricidade representa entre 30% e 45% das despesas operacionais de um data center moderno, podendo variar conforme o modelo de negócio, eficiência e localização.

Casos recentes em países como Estados Unidos, Alemanha, Irlanda, Holanda e Cingapura evidenciam a nova equação: sem garantia de fornecimento firme, não há expansão – mesmo com ambiente regulatório e conectividade favoráveis. A barreira energética passou à frente da tecnológica.

As exigências são rigorosas: baixa variação de frequência e tensão, estabilidade em microsegundos, backup garantido, latência mínima para aplicações críticas e automação em tempo real. Fontes intermitentes, como solar e eólica, são parte da solução – mas não bastam sozinhas. A operação contínua dessas infraestruturas depende de fontes firmes, como térmicas, nucleares, hidráulicas com reservatório ou sistemas híbridos robustos com armazenamento em escala.

A energia, que sempre esteve nos bastidores da economia digital, agora ocupa o centro da cena. E quem souber combiná-la com inteligência computacional, passa a definir o próximo ciclo de poder global.

## 2.5. Pressão crescente por eficiência e sustentabilidade

Mesmo com a necessidade de energia firme, cresce a pressão por soluções sustentáveis. Gigantes como Microsoft, Amazon, Google, Meta e Equinix já assumiram metas de emissão líquida zero até 2030. Para cumpri-las, firmam contratos de longo prazo com fontes renováveis, investem em microgrids, tecnologias de refrigeração avançada, armazenamento e geração distribuída.

Mas o imperativo climático não elimina a exigência técnica. A busca hoje é por arranjos realistas que conciliem sustentabilidade com confiabilidade – unindo energia solar e eólica a fontes firmes de apoio, como gás natural eficiente, pequenas centrais hidrelétricas com reservatório e reatores nucleares modulares (SMRs).

A transição não se faz com slogans, mas com engenharia: equilibrar ambição ambiental com os requisitos físicos da computação crítica é o novo desafio da infraestrutura digital global.





## 2.6. Da vantagem estrutural à proposta de valor

As cinco macrotendências – explosão da demanda digital, disputa por soberania, concentração regional, escassez de energia firme e exigência de sustentabilidade – estão redesenhando o mapa global dos data centers.

Para ser destino competitivo nesse novo cenário, o Brasil precisa se localizar estrategicamente. Não se trata de revolução tecnológica, mas de organização institucional e coordenação sistêmica. Os entraves são menos técnicos e mais institucionais.

O país tem atributos para ir além da competição por preço. Pode oferecer uma proposta de valor ancorada em confiabilidade, escala e sustentabilidade, com potencial para liderar em cinco eixos:

- **Hub energético-digital sustentável, combinando renováveis com base firme;**
- **Infraestrutura de dados soberana sul-americana;**
- **Descentralização de clusters via edge computing e logística ociosa;**

• **Indutor de reindustrialização 4.0, atraindo cadeias como IA e semicondutores;**

• **Polo de inovação aplicada, unindo academia, energia e capital.**

Se não for por preço, o Brasil deve competir por confiabilidade e visão estratégica. Isso exige reconhecer os data centers como infraestrutura crítica – com prioridade equiparável à mobilidade urbana e segurança nacional.

Para tanto, é necessário um novo arranjo institucional: metas claras, papéis definidos e articulação entre energia, indústria, inovação e infraestrutura. Nosso diferencial está menos nos recursos e mais na capacidade de coordená-los.



## 2.7. Conclusão

O atraso brasileiro não decorre de falta de potencial, mas de ausência de estrutura – regulatória, energética e institucional. Enquanto o mundo re-desenha seus fluxos digitais, países com energia firme, políticas coordenadas e visão sistêmica ocupam posições duradouras.

A inserção do Brasil não exige ruptura, mas reorganização. Uma decisão estratégica, capaz de alinhar capacidades dispersas a um propósito comum.

É tempo de o Brasil se reconhecer como plataforma energético-digital estratégica – e construir, com método e prudência, as bases para transformar essa vocação em realidade.

A localização ideal de um data center no Brasil depende da convergência de fatores como infraestrutura elétrica, conectividade, segurança jurídica, incentivos econômicos, disponibilidade de terrenos, climatologia e logística regional.

## Capítulo 3 – Energia renovável e firmeza elétrica: Fundamento da infraestrutura digital nacional

O avanço da infraestrutura digital crítica no mundo está cada vez mais vinculado à busca por soluções energéticas que combinem estabilidade e sustentabilidade. Empresas, governos e operadores globais têm estabelecido metas ambiciosas de descarbonização, procurando alinhar a expansão tecnológica à agenda climática. Nesse cenário, as fontes renováveis assumem papel estratégico – não apenas como expressão simbólica de compromisso ambiental, mas como ativos concretos de atração de investimentos e diferenciação entre países.

A experiência internacional mostra que a expansão de data centers – elementos centrais da nova arquitetura produtiva e informacional – não depende de modismos tecnológicos, mas de fundamentos institucionais sólidos. Entre eles, destaca-se a articulação entre energia renovável e firmeza elétrica como condição estruturante. No caso do Brasil, essa convergência abre uma oportunidade singular para o Nordeste, região com alta disponibilidade de renováveis e crescente capacidade de expansão de energia firme, posicionando-se como polo competitivo na nova geoeconomia digital.





### 3.1. O valor geoestratégico das fontes renováveis

Fontes limpas como solar, eólica e biomassa vêm se consolidando como vetores de inserção internacional e sinalizadores efetivos de compromisso climático. No caso brasileiro, essa vantagem natural representa um ativo diplomático, econômico e competitivo de primeira ordem.

Além de alinharem-se às metas ESG (ambientais, sociais e de governança), essas fontes oferecem os seguintes benefícios diretos à indústria de data centers:

Países com matriz energética majoritariamente renovável passam a ocupar posição de destaque em rankings globais de sustentabilidade, inovação e segurança ambiental – fatores cada vez mais influentes em decisões empresariais, políticas públicas e fluxos de investimento estratégico.



### 3.2. Reservatórios hidrelétricos: pilares invisíveis da segurança energética

As hidrelétricas com reservatório não são apenas obras da engenharia – são amortecedores institucionais de risco. Símbolos da inteligência hidráulica nacional, precisam ser revalorizadas diante das novas demandas da era digital.

Sua atual subutilização não resulta de obsolescência, mas de uma teia descoordenada de entraves ambientais, jurídicos e regulatórios. Essa fragmentação compromete a capacidade do país de mobilizar ativos estratégicos com inteligência sistêmica.

É preciso reverter esse quadro com uma mudança de racionalidade: recolocar a reservação no centro da política energética, com coordenação entre instituições, realismo técnico e visão integrada de longo



prazo. Sem isso, o país seguirá exposto a uma intermitência estrutural crescente – insustentável diante das exigências de uma infraestrutura digital contínua.



### 3.3. Brasil: potência verde em busca de tração institucional

Com 88% de sua matriz elétrica composta por fontes renováveis, o Brasil ocupa uma posição singular no cenário energético global. Mas atributos naturais, por si sós, não garantem protagonismo. Sem organização institucional, planejamento integrado e incentivos adequados, potencial vira promessa não cumprida.

Para que essa vantagem se converta em tração estratégica, é preciso articulá-la de forma coordenada com o planejamento energético e digital do país. Data centers sustentáveis não se sustentam apenas com energia limpa – eles dependem de energia que seja firme, disponível e economicamente previsível.

Essa configuração oferece ao Brasil uma proposta de valor concreta para atrair operações digitais de grande porte, com diferenciais competitivos difíceis de replicar:

1. Instalação de data centers com baixíssima emissão de carbono por megawatt-hora consumido;
2. Reputação ambiental legítima e rastreável – sem greenwashing;
3. Cumprimento de metas globais de neutralidade climática com menor custo de mitigação;
4. Integração com zonas de vocação agrícola e florestal sustentável, favorecendo modelos circulares de uso energético e reaproveitamento térmico.

A combinação entre matriz limpa, escala territorial e potencial produtivo faz do Brasil um candidato natural a hub verde da economia digital – desde que sua base firme de energia seja igualmente assegurada e sua governança esteja à altura da ambição.





### 3.4. A interdependência técnica: por que renovável precisa de firmeza

Fontes renováveis são essenciais à descarbonização – mas, por natureza, são intermitentes. A radiação solar varia com o clima e o horário; o vento, com padrões locais e sazonais. Assim, mesmo com ampla capacidade instalada, a geração pode ser abundante num momento e insuficiente no seguinte – sem relação com a demanda crítica dos data centers.

Nenhum país relevante sustenta sua infraestrutura digital apenas com sol e vento. A experiência internacional – da Europa aos Estados Unidos, da Ásia ao Oriente Médio – aponta para um modelo de complementaridade: renováveis aliadas a fontes firmes.

Essa combinação inclui térmicas eficientes, hidrelétricas moduláveis, nucleares e, pontualmente, sistemas de armazenamento. O princípio é claro: confiabilidade contínua sem abrir mão da ambição climática.

A verdadeira sustentabilidade não está só na fonte, mas na capacidade de manter o sistema estável, previsível e seguro, mesmo diante de oscilações climáticas e picos de consumo. Para os data centers, essa continuidade é inegociável – e, para o Brasil, uma chance de liderar com técnica, responsabilidade e visão de futuro.

### 3.5. O mito das baterias: promessas, limites e realismo

Baterias são frequentemente apresentadas como solução para os desafios energéticos da era digital. Promissoras, de fato, mas ainda distantes de oferecer o suporte estrutural exigido por infraestruturas críticas como data centers. Seu papel atual é de apoio – não de substituição. O avanço deve ser guiado por realismo: maturidade tecnológica, viabilidade econômica e adaptação climática.

#### Entre as limitações mais relevantes:

- **Autonomia curta:** fornecem energia por minutos ou poucas horas.
- **Custo elevado**, sobretudo em climas quentes, que exigem controle térmico adicional.
- **Risco operacional** em falhas de carregamento e degradação da performance.
- **Baixa viabilidade** para cargas críticas e contínuas, como os data centers hyperscale.

Aspectos físico-químicos como degradação cíclica, recarga lenta e exigência de ambientes controlados impõem barreiras importantes – especialmente em regiões tropicais.

Isso não desqualifica as baterias. Elas têm função estratégica em arquiteturas híbridas: garantem resposta rápida, ajudam na transição entre fontes e reduzem picos de carga. Com inovações futuras – baterias de estado sólido, novos materiais, hidrogênio – seu papel pode se expandir.

Mas, para aplicações de alta densidade e operação ininterrupta, ainda não substituem a energia firme. Em síntese: baterias são aliadas da transição energética – mas o coração da confiabilidade permanece na previsibilidade estrutural.



### 3.6. A Hidrogênio verde: promessas, limites e horizonte de uso

O hidrogênio verde começa a emergir como alternativa de energia firme para aplicações críticas como data centers, graças à combinação entre alta densidade energética, operação contínua e emissão zero no ponto de uso. Mas seu uso ainda é incipiente – limitado a projetos-piloto e testes de backup.

Em 2024, a Microsoft operou um sistema de 250 kW com célula a combustível por oito semanas em Dublin, sem emissões locais. A Bloom Energy fornece células para a Equinix, com 100 MW contratados – hoje movidas a gás, mas com capacidade de até 50% de hidrogênio. O maior experimento, nos EUA, sustentou 1,5 MW por 48 horas em modo de backup, validando a viabilidade técnica, ainda que com custos elevados.

A maturidade tecnológica atual situa-se entre os níveis 7 e 8: há provas de conceito reais, mas ainda falta escala, padronização e logística para uso como fonte principal (“prime power”).

O custo segue como principal obstáculo. O hidrogênio verde entregue ao consumidor final varia entre US\$ 4 e US\$ 6/kg – o que significa energia a US\$ 320-480/MWh. Programas como o DOE Hydrogen Shot e iniciativas da União Europeia buscam

reduzir esse valor para US\$ 1/kg até 2030. Segundo a IEA, essa virada pode ocorrer entre 2028 e 2032, sobretudo em regiões com base renovável abundante e políticas públicas coordenadas.

Até lá, o hidrogênio deverá se restringir ao uso como backup em sistemas de pequeno porte. Com custos abaixo de US\$ 3/kg, podem surgir aplicações comerciais médias, especialmente em microgrids híbridos. A partir de 2030, viabiliza-se o uso contínuo – desde que haja infraestrutura adequada e preço na faixa de US\$ 1 a US\$ 2/kg.

O Brasil pode ocupar posição estratégica nesse movimento. O Nordeste, com eólica abundante e projetos como o hub de Pecém (CE), já se projeta como corredor de exportação e pode acelerar o uso doméstico em data centers com excedente renovável e regulação adaptada.

Em síntese, o hidrogênio verde é tecnicamente promissor, mas ainda distante da competitividade econômica para operação contínua de grandes data centers. Seu papel deve crescer a partir da próxima década – como tecnologia complementar à firmeza estrutural assegurada hoje por gás natural, hidrelétricas com reservatório e SMRs.



### 3.7. A Hidrogênio verde: qual o estágio real e quando pode virar rotina?

#### Onde estamos (2025)

Escopo ainda piloto – as maiores demonstrações chegaram a 1,5 MW (Microsoft + Caterpillar + Ballard, Wyoming) e sustentaram 48 h de carga crítica sem emissão local.

Potência em expansão modular – a Bloom Energy já fornece células de combustível para 19 data centers Equinix, com 100 MW contratados; hoje operam principalmente a gás, mas aceitam até 50 % de hidrogênio, preparando a conversão futura.

Provas de conceito < 1 MW – em 2024 a Microsoft testou um sistema de 250 kW em Dublin por oito semanas, substituindo geradores a diesel.

TRL 7-8 (backup power) – a tecnologia já foi demonstrada em ambiente real, mas ainda carece de séries comerciais de larga escala e padronização para operação contínua (prime power).

#### Custos e barreiras atuais

Hidrogênio verde entregue a site de consumo ainda custa US \$ 4 – 6/kg (≈ US \$ 320 – 480/MWh na saída da célula a combustível).

Infraestrutura de produção e logística é incipiente; mesmo na Europa e nos EUA os hubs ainda são regionais.

O DOE Hydrogen Shot busca US \$ 1/kg em 2030 (meta “1 1 1”) – redução de 80 % no custo. A IEA projeta que, com eólicas e solares de baixo custo, parcelas de produção já competitivas podem surgir entre 2028 e 2032.

Estudos recentes indicam que, sem cair abaixo de US \$ 2/kg, o hidrogênio permanecerá restrito a nichos até o fim da década.





### 3.8. Gás natural, sustentabilidade e segurança energética

O gás natural é um hidrocarboneto versátil, extraído de campos onshore, offshore ou via fraturamento hidráulico, com aplicações que vão da indústria à mobilidade, e papel estratégico na geração elétrica.

Como insumo energético, reúne três atributos-chave: sustentabilidade, segurança e eficiência. Sua queima emite cerca de 50% menos CO<sub>2</sub> do que o carvão e 25–30% menos que o petróleo, além de liberar menos poluentes atmosféricos. Usinas a gás ocupam menos espaço, têm implantação mais ágil e podem ser instaladas em locais estratégicos – vantagem frente a hidrelétricas e nucleares.

Reconhecendo esse papel, a União Europeia incluiu o gás em sua taxonomia verde (Regulamento 2022/1214), e o Brasil seguiu na mesma direção com o PATEN (Lei 15.103/2025), que o integra ao rol de fontes prioritárias.

Operacionalmente, destaca-se pela flexibilidade e previsibilidade de suprimento, sustentadas por uma cadeia madura de produção, escoamento e transporte. Essa confiabilidade o torna ideal para complementar fontes intermitentes como solar e eólica.

Turbinas a gás – em ciclo simples ou combinado – permitem resposta rápida: vão da partida à carga plena em minutos ou poucas horas. Suportam múltiplos ciclos de operação com baixa degradação e oferecem serviços auxiliares à rede, como controle de frequência e tensão.

As usinas de ciclo combinado aumentam a eficiência ao reaproveitar o calor da turbina a gás em uma turbina a vapor, alcançando rendimentos superiores a 60%. Essa performance, aliada à liquidez do mercado internacional, consolidou o gás como vetor confiável da transição energética.

No Brasil, embora haja avanços, ainda é necessário ampliar produção, consumo e infraestrutura. A chegada dos data centers oferece uma oportunidade estratégica para consolidar o gás natural como base firme de uma transição energética pragmática, eficiente e digitalmente robusta.





### 3.9. Gás natural como ponte da sustentabilidade: integração com o biometano

Além de sua versatilidade e eficiência frente a outras fontes fósseis, o gás natural apresenta uma característica decisiva: sua integração plena com o biometano, fonte renovável derivada do refino do biogás – produzido a partir da biodigestão de resíduos agropecuários, industriais, urbanos e de esgoto.

O biometano reduz emissões, valoriza resíduos e fortalece a economia circular, sendo vetor direto de descarbonização conforme estabelece a Lei 14.993/2024. Após purificação, alcança qualidade equivalente ao gás natural fóssil, podendo ser injetado na rede canalizada ou usado como combustível veicular.

Essa intercambialidade técnica e regulatória permite o desenho de políticas integradas para ambos os insumos, como propõe o Decreto 12.153/2024, que

institui o Plano Nacional Integrado das Infraestruturas de Gás Natural e Biometano (PNIIGB), articulando oferta, demanda e logística.

Segundo a EPE, setores como geração termelétrica e indústria energo-intensiva – com perfil semelhante ao dos data centers – são candidatos naturais à integração gás-biometano. Essa complementaridade, aliada a contratos firmes e instrumentos de liquidez, posiciona o biometano como insumo estratégico e confiável.

Contudo, sua expansão deve respeitar os fundamentos de mercado: liberdade contratual, sistema de preços eficiente, concorrência e flexibilidade. A política de estímulo à demanda firme deve fomentar a comercialização de ambos os produtos, sem onerar o sistema nem gerar ineficiências.

### 3.10. Conclusão: sem firmeza, a sustentabilidade se torna instável

Uma infraestrutura digital soberana exige mais do que conectividade: exige previsibilidade energética. A sustentabilidade brasileira é um ativo valioso – mas será frágil sem uma base firme que a sustente.

Renováveis e energia firme não são opostas – são complementares. E cabe ao Estado, como garantidor da continuidade, assegurar que ambas avancem com planejamento, integração e realismo. A trajetória do Brasil nas renováveis é exemplar. Mas

aplicações críticas, como data centers, exigem energia firme, disponível e integrada à expansão limpa.

O país pode, sim, ser referência em sustentabilidade e confiabilidade digital – desde que alinhe sua ambição climática a uma política energética pragmática. A lição internacional é clara: a confiabilidade não limita a sustentabilidade – ela a torna possível.





## 4. Energia firme como ativo estratégico – Fundamentos técnicos e desafios institucionais

A expansão da infraestrutura digital crítica depende, essencialmente, de energia elétrica confiável, contínua e tecnicamente qualificada. Essa não é uma preferência – é uma imposição física reconhecida por especialistas do setor: sem energia firme, não há operação segura de data centers.

### 4.1. O que é energia firme?

Energia firme é aquela que pode ser despachada sob demanda, com previsibilidade, estabilidade de tensão e frequência, e resiliência climática. Diferente das fontes intermitentes, não depende do sol ou do vento – está disponível quando necessário.

#### Fontes típicas incluem:

- Geração térmica a gás natural ou biomassa;
- Hidrelétricas com reservatórios moduláveis;
- Energia nuclear;
- Sistemas híbridos com baterias em escala (ainda incipientes no Brasil).

O ponto-chave: energia firme não se opõe às renováveis – ela as torna viáveis. É o alicerce que sustenta a integração segura das fontes limpas, permitindo continuidade mesmo diante de oscilações naturais.





## 4.2. Requisitos energéticos dos data centers

Data centers de missão crítica (Tier III e IV) operam com parâmetros rigorosos de fornecimento elétrico. Seus sistemas exigem:

1. **Disponibilidade entre 99,982% e 99,995% ao ano** – menos de 5 minutos de interrupção;
2. **Latência energética nula**, para evitar falhas instantâneas;
3. **Redundância total (N+1, 2N, 2N+1)**, com backups sincronizados;
4. **Estabilidade térmica e elétrica** contínua;
5. **Expansão modular da infraestrutura**, sem comprometer a operação.

A violação de qualquer um desses critérios compromete a integridade de dados, serviços financeiros, operações públicas e sistemas sensíveis. Tais exigências não podem ser atendidas apenas com fontes intermitentes. Elas requerem potência firme, estável e com resposta imediata, ancorada em soluções técnicas maduras.

O que diferencia a energia de um data center ao de uma casa ou de um escritório? Para entender a complexidade dos requisitos energéticos de um data center, vale compará-los com o que estamos acostumados no dia a dia. Se a energia residencial ou de escritórios funciona como uma linha de abastecimento confiável, mas tolerante a falhas eventuais, a dos data centers opera como um sistema de suporte vital – onde qualquer falha pode ser catastrófica.

Critérios	Residências / Escritórios	Data Centers (Tier III e IV)
<b>Tolerância à queda de energia</b>	Pode suportar quedas de minutos ou horas	Máximo de 5 minutos por ano (99,995% de disponibilidade)
<b>Latência energética</b>	Quedas instantâneas causam incômodo, mas raramente danos graves	Qualquer microqueda pode corromper dados ou desligar sistemas
<b>Backup de energia</b>	Eventual uso de nobreaks ou geradores	Redundância total (N+1, 2N, 2N+1), sempre ativos e sincronizados
<b>Estabilidade de tensão e frequência</b>	Oscilações são toleradas pelo uso de estabilizadores simples	Necessidade de precisão contínua para evitar falhas de hardware
<b>Expansão da carga elétrica</b>	Feita pontualmente, sem riscos estruturais	Deve ser modular e contínua, sem interromper sistemas críticos
<b>Temperatura e controle térmico</b>	Ar-condicionado comum é suficiente	Exige climatização controlada 24/7 com alta precisão

Em uma analogia simples, se uma casa precisa de uma geladeira sempre ligada e um escritório precisa de luz e internet para funcionar, um data center precisa funcionar como um hospital de UTI para dados:

energia contínua, limpa, precisa, sem interrupções – porque qualquer instabilidade pode colocar em risco não apenas documentos, mas sistemas financeiros, governos, redes logísticas e comunicações globais.



## Fundamentos de Projetos e Operação de Data Centers.

Data centers críticos são instalações projetadas para operar sem interrupção, sustentando sistemas essenciais à economia, ao governo e à vida digital moderna. Mas essa confiabilidade não é acidental – é engenharia de precisão, baseada em parâmetros técnicos rigorosos. Abaixo, os principais conceitos para entender como se projeta e opera uma infraestrutura de missão crítica:

## Classificação Tier: o que é e por que importa

A classificação Tier define o nível de disponibilidade e redundância de um data center. Foi criada pelo Uptime Institute, entidade independente internacionalmente reconhecida. A norma TIA-942, também aceita mundialmente, oferece uma abordagem complementar, com ênfase em infraestrutura e conectividade.

Tier	Disponibilidade Esperada	Características
Tier I	~99,671%	Infraestrutura básica, sem redundância; tolera paradas.
Tier II	~99,741%	Componentes redundantes (N+1), mas manutenção exige parada.
Tier III	~99,982%	Redundância total (N+1), manutenção sem interrupção.
Tier IV	~99,995%	Tolerância a falhas. Redundância 2N ou mais.

Por que isso importa para energia? Quanto maior o Tier, maior a exigência por energia contínua, previsível e redundante. Um data center Tier III ou IV não pode depender de energia intermitente – ele exige fontes despacháveis, com baixa latência elétrica e sistemas de backup instantâneo.

## PUE (Power Usage Effectiveness)

O PUE mede a eficiência energética do data center. É a razão entre o total de energia consumida pela instalação e a energia entregue aos equipamentos de TI.

Fórmula:  $PUE = \text{Energia Total} / \text{Energia dos Equipamentos de TI}$

PUE ideal: próximo de 1,0

Padrão razoável: entre 1,3 e 1,8

PUE elevado: >2,0 (indicativo de ineficiência)

Importância: Um PUE menor significa maior eficiência, menor custo energético e menor pegada ambiental – fundamentais para projetos sustentáveis e escaláveis.



## Redundância Elétrica (N, N+1, 2N)

Redundância é o coração da resiliência. Os sistemas são dimensionados para continuar operando mesmo em caso de falha parcial ou total de componentes.

- N: Capacidade exata para atender a carga.
- N+1: Uma unidade adicional disponível como reserva.
- 2N: Sistema duplicado inteiro (espelhado).
- 2(N+1): Redundância dupla com sobressalente – padrão Tier IV.

## Uptime SLA (Service Level Agreement)

O SLA de uptime é o compromisso de disponibilidade do serviço.

SLA (%)	Tempo de inatividade por ano
99,90%	até 8h 45min
99,99%	até 52 minutos
99,999%	até 5 minutos

Data centers Tier III e IV operam com SLAs de 99,982% a 99,999% – exigindo infraestrutura energética sem variações de frequência ou tensão.

## Hot Aisle / Cold Aisle (Gestão Térmica)

Organização física dos racks de servidores para maximizar a eficiência de resfriamento:

- Cold aisle: corredores por onde o ar frio entra nos equipamentos.
- Hot aisle: corredores que concentram o ar quente expelido.

## Backbone de Fibra

É a espinha dorsal da conectividade de um data center – a infraestrutura de fibra óptica de alta capacidade que conecta o data center a:

- Cabos submarinos internacionais;
- Pontos de troca de tráfego (IX);
- Provedores de nuvem e internet.

## DR – Disaster Recovery

Plano estruturado para manter ou restaurar operações em caso de eventos catastróficos.

Envolve:

- Replicação em tempo real dos dados;
- Sites redundantes geograficamente isolados;
- Procedimentos automáticos de failover.

Projetar e operar um data center crítico é muito mais do que instalar servidores. É construir uma infraestrutura de missão crítica, onde cada segundo de energia, cada grau de temperatura e cada milissegundo de latência contam.

Por isso, políticas públicas para energia digital precisam compreender e respeitar esses parâmetros. Sem energia firme, estável e redundante, não há Tier III. Sem Tier III, não há soberania digital.



### 4.3. O paradoxo da matriz elétrica brasileira

O Brasil ostenta uma das matrizes mais limpas do mundo – quase 90% da energia elétrica vem de fontes renováveis. Mas essa virtude esconde um paradoxo: temos energia limpa, mas nem sempre quando é preciso.

O problema central não é técnico, mas institucional: desvalorizamos as fontes despacháveis – aquelas capazes de responder instantaneamente às variações de demanda, sem depender do sol, do vento ou da sorte.

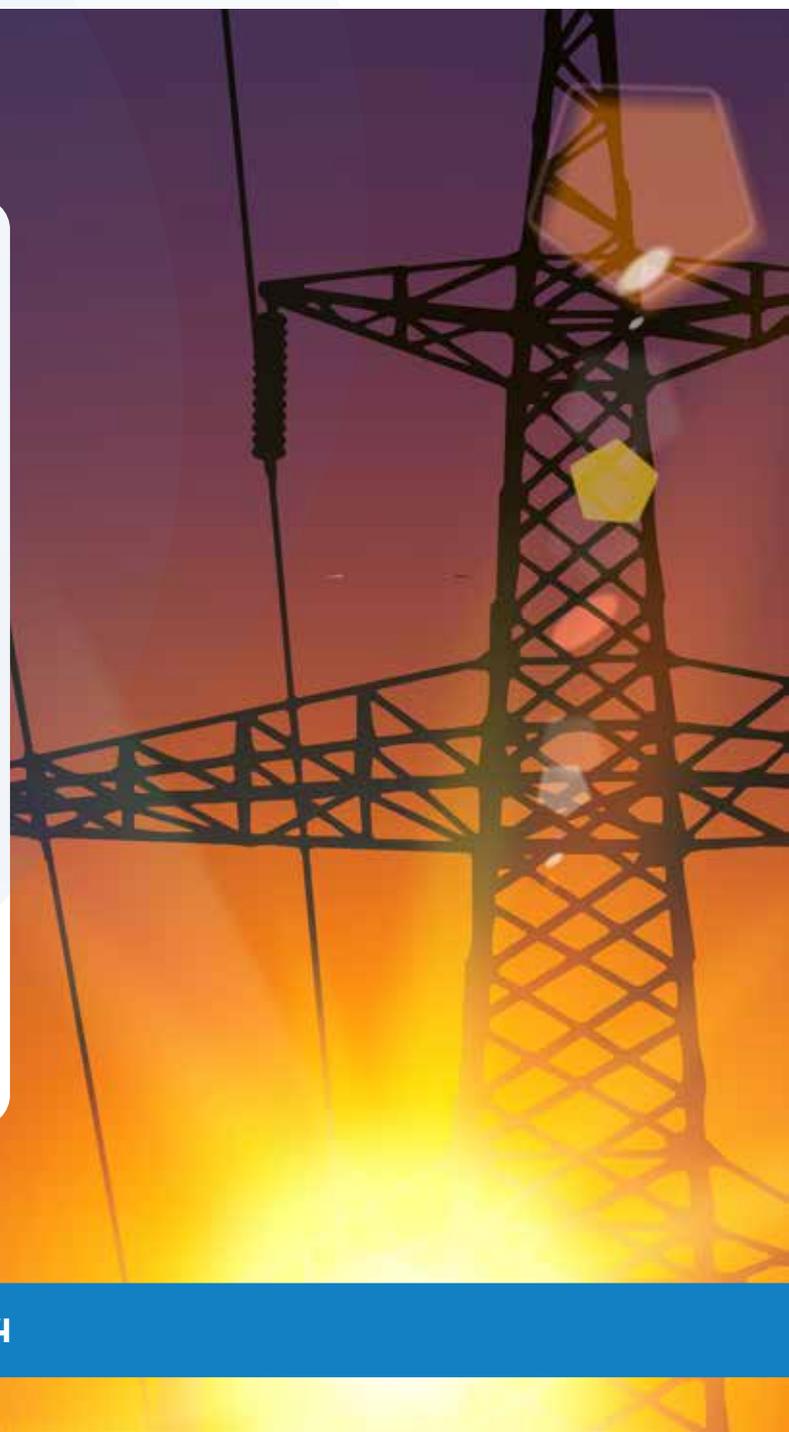
Pense no sistema elétrico como um hospital. As renováveis são o fornecimento principal. A potência firme é o gerador de emergência – que precisa entrar em ação, sem falhas, no exato instante de uma crise. Se ele não estiver pronto, o risco se instala.

No setor elétrico, essa prontidão é vital. A demanda oscila a cada segundo. Sem fontes confiáveis para cobrir essas flutuações, aumentam os riscos de interrupção. E os prejuízos, embora nem sempre visíveis, podem ser profundos.

#### Entre os fatores que agravam esse paradoxo:

- Retirada de térmicas eficientes sem política clara de backup;
- Paralisação de novos projetos hidrelétricos com reservatório, por entraves judiciais e ambientais;
- Regulação que trata energia firme e intermitente como equivalentes;
- Ausência de sinal econômico para manter infraestrutura de resposta rápida;
- Planejamento dissociado das exigências da economia digital.

O resultado: uma matriz que impressiona nos indicadores, mas falha na operação. Um país com energia renovável – mas intermitente. Sustentável – mas instável. E cada vez menos preparado para sustentar as cargas críticas da nova era digital.





## 4.4. A importância do gás natural na matriz energética brasileira.

Em 2024, o gás natural representou 9,4% da matriz energética brasileira, que alcançou o marco histórico de 50% de fontes renováveis. Na matriz elétrica, a participação das renováveis chegou a 88,2% – um patamar expressivo até mesmo em padrões internacionais.

Apesar do protagonismo das fontes limpas, o gás natural tem mantido papel estável e estratégico. Desde 2013, oscilou entre 10% e 13% na matriz energética, e variou na matriz elétrica conforme o regime hídrico e as exigências de despacho térmico.

Nos anos de estiagem, seu protagonismo aumentou: em 2014 e 2015, respondeu por 13,7% e 15,5% da geração elétrica. Em 2021, durante a pior crise hídrica em décadas, atingiu 17,5% – confirmando sua função de fonte firme. Mesmo em anos mais favoráveis, como 2019, manteve cerca de 9,5%, assegurando estabilidade ao sistema.

Esse histórico revela o gás natural como mais que um recurso emergencial: é parte estrutural da resiliência elétrica nacional – um seguro técnico acionado quando o clima impõe seus limites. Seu valor está não apenas na menor emissão de carbono frente a outros fósseis, mas na capacidade de garantir previsibilidade, flexibilidade e segurança em um sistema cada vez mais intermitente.

### **O gás natural como instrumento de coesão, equilíbrio e soberania energética**

A estabilidade da participação do gás natural na matriz elétrica brasileira ao longo da última década revela mais do que uma estatística – expressa a resiliência estrutural do sistema. Em momentos críticos, como nas recentes crises hídricas, o gás tem operado como elo silencioso entre a escassez e a continuidade, assegurando o suprimento sem imprevistos dispendiosos.

Diante de um cenário climático cada vez mais instável, a segurança energética assume contornos civilizacionais. Não pode repousar sobre arranjos frágeis. Exige uma reorganização sistêmica que integre o gás natural como base previsível, flexível e despachável.

A Lei nº 14.182/2021, ao determinar a contratação de 6 GW em termelétricas a gás em regiões sem infraestrutura, buscou interiorizar o desenvolvimento energético e diversificar a matriz. Porém, sua formulação não se articulou plenamente com os instrumentos técnicos da EPE, gerando debates persistentes sobre eficiência, viabilidade e alinhamento estratégico.

É fundamental, agora, fortalecer a governança e o diálogo entre política e planejamento, para que metas como a interiorização do gás, a substituição de fontes poluentes e o reforço da potência firme se concretizem de forma coordenada e sustentável.

O gás natural pode ancorar um novo ciclo de desenvolvimento: ao garantir confiabilidade, atrai indústria, estimula concorrência, reduz custos, amplia a arrecadação regional e se integra ao biometano – consolidando uma transição energética pragmática e socialmente enraizada.

Assumir o gás como combustível de transição não é exercer maturidade estratégica. Uma matriz segura, limpa e funcional se constrói com coerência, acúmulo institucional e um Estado capaz de coordenar o futuro com responsabilidade e visão de longo prazo.





## 4.5. A infraestrutura de transmissão como gargalo invisível

A consolidação de polos digitais regionais – como os projetados no Nordeste ou no Sul de Minas – exige mais que oferta local de energia firme. Depende, sobretudo, da capacidade real de transmiti-la com segurança e estabilidade.

Não basta haver gás natural, reatores modulares ou hidrelétricas com reservatório. É indispensável que existam linhas de transmissão autorizadas, construídas e aptas a operar com a carga necessária – algo que hoje constitui um dos principais gargalos do sistema elétrico nacional.

A coordenação entre ANEEL, ONS e EPE deve incorporar, de forma clara, a presença de cargas críticas digitais e industriais nos critérios de planejamento territorial da transmissão. Sem isso, o país corre o risco de gerar energia onde não é possível consumi-la – um descompasso que compromete investimentos descentralizados e ameaça a soberania computacional e energética do Brasil.

## 4.6. Barreiras institucionais à valorização da energia firme

A baixa valorização da energia firme no Brasil decorre menos de limitações técnicas e mais de distorções regulatórias. Entre os principais entraves:

1. Inexistência de um mercado de capacidade que precifique a potência como atributo distinto da energia entregue;
2. Modelo de remuneração que privilegia o custo horário, desconsiderando o valor da confiabilidade;
3. Falta de sinal regulatório para contratos bilaterais com lastro firme;
4. Carga excessiva de encargos e tributos que penaliza fontes firmes frente às intermitentes;
5. Desconexão entre o planejamento energético e o avanço da infraestrutura digital crítica.



Essas falhas impedem soluções sob medida para consumidores estratégicos – como operadores de data centers – mesmo quando há disponibilidade técnica. O resultado é um sistema que desincentiva a firmeza justamente quando ela se torna indispensável à economia digital e à segurança nacional.



## 4.7. Experiências internacionais de valorização da firmeza

Países que competem pela instalação de data centers adotam estratégias claras para garantir energia firme dedicada:

- **Irlanda:** exige comprovação de fornecimento firme para licenciar novos data centers;
- **Cingapura:** estabelece zonas com fornecimento híbrido, integrando renováveis e térmicas por meio de contratos públicos de garantia de potência;
- **Estados Unidos (Virginia, Texas):** operam com linhas dedicadas, microgrids híbridos e incentivo à autogeração térmica com backup a gás natural;
- **Suécia e Noruega:** estimulam o uso de hidrelétricas com reservatórios como base da confiabilidade digital.

Esses países tratam a energia firme como infraestrutura estratégica, indispensável à soberania digital – não como um subproduto residual do sistema.





## Quadro Comparativo Internacional – Requisitos Energéticos para Data Centers

País	Requisitos Técnicos Energéticos	Políticas Públicas Associadas
<b>Irlanda</b>	Obrigatoriedade de 'firm capacity letter' da operadora elétrica comprovando fornecimento firme antes da licença	Política de digitalização alinhada ao plano elétrico; integração com o grid nacional via coordenação central
<b>Singapura</b>	Congelamento de novas licenças até demonstração de plano de sustentabilidade energética e eficiência PUE	Plano Nacional de Sustentabilidade Digital; exigência de PUE inferior a 1,3 para novas instalações
<b>Estados Unidos (Texas e Virgínia)</b>	Incentivos à autogeração via microgrids com gás natural, com créditos estaduais e fundos federais	Plano de resiliência energética; apoio da FERC e incentivos estaduais como no ERCOT (Texas)
<b>Suécia</b>	Uso planejado de hidrelétricas como âncoras de confiabilidade para zonas de missão crítica	Modelo nórdico de energia hídrica + data centers; política de atração baseada em confiabilidade ambiental
<b>Alemanha</b>	Limites à instalação em regiões com congestionamento elétrico; prioridade a fontes híbridas com redundância local	Alocação prévia de capacidade no grid antes da aprovação de construção; priorização de eficiência térmica
<b>Japão</b>	Subsídios a SMRs e cogeração em campus industriais; exigência de prova de resiliência energética local	Programa Green by Design para data centers; apoio da TEPCO para fontes firmes com controle local
<b>Emirados Árabes Unidos</b>	Data centers classificados como infraestrutura crítica nacional; contratos públicos com exigência de fornecimento redundante	Plano Nacional de Infraestrutura Digital e Energética; conexão preferencial com fontes firmes e redundantes

Fonte: Análise elaborada com base em documentos oficiais e relatórios técnicos de entidades reguladoras e órgãos governamentais de energia e tecnologia da informação, incluindo o Uptime Institute, Infocomm Media Development Authority de Singapura (IDA Singapore), Federal Energy Regulatory Commission dos Estados Unidos (FERC), EirGrid da Irlanda, Tokyo Electric Power Company (TEPCO) do Japão, Bundesnetzagentur da Alemanha, Etihad Water & Electricity dos Emirados Árabes, além de publicações governamentais da Suécia e dos próprios Emirados Árabes.

Embora outros países tenham institucionalizado políticas de confiabilidade energética, o Brasil já conta com operadores que seguem padrões globais. Os exemplos abaixo reforçam que, com regulação apropriada, o país pode ampliar sua presença com soberania e excelência técnica:



## Exemplos Nacionais de Data Centers Críticos no Brasil

O Brasil já conta com exemplos relevantes de data centers que operam com alto padrão técnico e atenção às exigências de missão crítica. Abaixo, destacam--se cinco casos representativos, com foco em localização, fonte energética, redundância e conectividade internacional:

Operadora / Entidade	Localização	Fonte Energética Usada	Redundância Adotada	Conectividade Internacional
<b>Equinix SP3</b>	Santana de Parnaíba (SP)	Energia da Enel com linhas dedicadas + backup a diesel	2N - Tier III certificado	Conectado ao IX.br SP e a cabos internacionais via SP e RJ
<b>Ascenty Hortolândia</b>	Hortolândia (SP)	Energia elétrica de rede + autogeração + UPSs	N+1 com failover automático	Conexão redundante com backbones e ISPs internacionais
<b>Scala Data Centers</b>	Tamboré (SP)	Energia elétrica da rede + sistemas de backup diesel e gás	2N+1 modular	Ligação com principais cabos submarinos do Atlântico via SP
<b>Odata DC RJ01</b>	Rio de Janeiro (RJ)	Rede elétrica urbana + UPS + geradores	Tier III - redundância N+1	Proximidade com pontos de aterramento de cabos submarinos
<b>Serpro Brasília</b>	Brasília (DF)	Hidrelétrica (grid regional) + redundância UPS	N+1 com failover interno	Conectividade via redes federais e RNP - não internacional

Fonte: Análise elaborada a partir de dados públicos das operadoras (Equinix, Ascenty, Scala Data Centers, Odata), relatórios técnicos da Anatel, publicações da Brasscom, Plano Nacional de Conectividade da RNP, documentos institucionais do Serpro e informações disponíveis nos sites corporativos e certificações de Tier da Uptime Institute.

Esses exemplos demonstram que o Brasil já possui expertise, fornecedores e operação em larga escala em ambientes críticos. Com estímulos regulatórios e energéticos adequados, é possível expandir esse ecossistema com soberania tecnológica e resiliência institucional.

## 4.8. Conclusão

A confiabilidade energética garantida por fontes firmes não é diferencial – é requisito técnico básico para qualquer infraestrutura digital crítica. No caso dos data centers, ela define a própria viabilidade do investimento.

Ignorar a interdependência entre energia e digitalização compromete a capacidade do Brasil de atrair projetos estratégicos em tecnologia, nuvem e inteligência

artificial. Perde-se, assim, a oportunidade de alinhar nossa matriz energética à ambição de ocupar um lugar relevante na economia digital global.

No capítulo seguinte, propomos o reconhecimento institucional dos data centers como infraestrutura essencial, além de diretrizes para uma política energética que assegure sua sustentação.



## 5. Como transformar energia firme em vantagem competitiva

A consolidação de uma economia digital intensiva em dados exige muito mais do que conectividade e capacidade computacional. Exige previsibilidade regulatória, segurança jurídica, governança energética e infraestrutura estável. No caso dos data centers, a variável energética assume papel central – e o Brasil tem a oportunidade de converter sua vocação natural em vantagem estratégica real.

Este capítulo propõe os eixos institucionais e normativos para que o país possa transformar energia firme e controlável em um instrumento competitivo para inserção no novo tabuleiro global de infraestrutura digital crítica.

### 5.1. Reconhecimento normativo dos data centers como infraestrutura estratégica

O primeiro passo é normativo. Sem o devido enquadramento legal, os data centers continuam sendo tratados como simples instalações de TI, quando, na realidade, são a espinha dorsal da economia digital e dos serviços essenciais.

É preciso reconhecê-los como infraestrutura funcional e estrategicamente essencial – centrais para a segurança cibernética, a operação de serviços públicos críticos e a competitividade econômica.

Esse reconhecimento não os transforma em monopólios naturais, mas fundamenta um tratamento prioritário por parte do Estado em áreas como licenciamento, planejamento energético e políticas de incentivo.

A consolidação de marcos legais modernos – como a Nova Lei de Licitações (Lei nº 14.133/2021) – contribui para ampliar a previsibilidade institucional, garantir racionalidade técnica nas decisões e permitir maior integração entre as políticas públicas de infraestrutura, meio ambiente, digitalização e segurança energética.

#### Proposta jurídica:

1. Alterar a Lei nº 13.116/2015 (Lei das Antenas) ou marco correlato, incluindo os data centers no rol de infraestruturas críticas, com prioridade regulatória e acesso preferencial à energia firme;
2. Reconhecer formalmente os data centers como serviços de interesse público relevante, integrando-os às políticas de planejamento energético, industrial e fiscal.



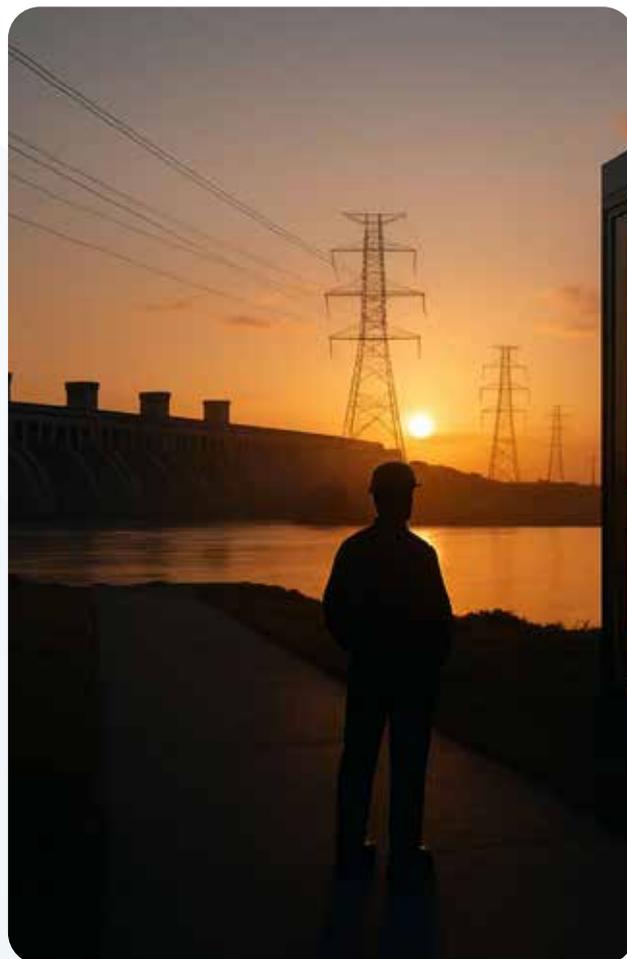
## 5.2. Política Nacional de Energia para Cargas Críticas

O Brasil ainda carece de um programa integrado que articule órgãos públicos frente à crescente demanda energética da infraestrutura digital crítica.

Proposta: Instituir uma **Política Nacional de Energia para Infraestrutura Digital Crítica**, com foco em:

1. Inserção da demanda nos Planos Decenais de Expansão Energética (PDE/PEN);
2. Zoneamento de corredores energéticos digitais, com suprimento firme garantido;
3. Mapeamento de localizações prioritárias com base em resiliência elétrica, conectividade e segurança.

A coordenação deve envolver MME, ANEEL, ANATEL, MDIC, Casa Civil e BNDES, sob instância central de governança.



## 5.3. Incentivos ao Gás Natural como fonte firme para cargas críticas

O gás natural é insumo estratégico para viabilizar data centers. Por demandarem alto investimento e longo prazo, projetos de infraestrutura de gás exigem estabilidade regulatória e segurança tributária.

Com a Reforma Tributária (EC 132/2023), os incentivos devem se ajustar ao novo sistema: tributos extintos como ICMS, IPI e PIS/COFINS não devem mais ser considerados. Os novos tributos – CBS (federal) e IBS (subnacional) – seguem as diretrizes de neutralidade, com exceções previstas.

Importante observar que:

- O gás natural está sujeito à incidência monofásica (no ponto de processamento);
- Regimes como REIDI e REPETRO seguem com previsões de isenção/suspensão para bens de capital e infraestrutura;
- O consumo de gás natural foi incluído na política de cashback para famílias de baixa renda, consolidando seu papel essencial;
- A sustentabilidade, agora princípio do Sistema Tributário, é critério para benefícios fiscais.



Apesar das novas regras, projetos intensivos em bens de capital – como os de gás natural e data centers – podem se beneficiar de regimes específicos. A Constituição prevê (art. 156-A, §5º, V) tratamento favorecido para esses investimentos, como:

- Crédito imediato e integral de impostos;
- Diferimento ou redução de alíquotas de IBS e CBS;
- Isenções no Imposto de Importação, IRPJ, CSLL e contribuições federais.

Programas como o PRESIQ e o ProFert já apontam precedentes: ambos incluem o gás natural entre os insumos incentivados e adotam instrumentos fiscais para estimular expansão industrial.

O Projeto de Lei 2338/2023, que institui o “Marco Regulatório da Inteligência Artificial” - aprovado no Senado Federal e em tramitação em Comissão Especial da Câmara dos Deputados, prevê que “A administração pública no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios poderá fomentar a inovação e o desenvolvimento produtivo e tecnológico em IA”.

A política de fomento poderá ser direcionada para: “incentivo à ampliação da disponibilidade de data centers sustentáveis de alta capacidade de processamento de dados para sistemas de IA, com o adensamento dessa cadeia produtiva e dos serviços digitais relacionados no Brasil, com o objetivo de apoiar o setor produtivo e a pesquisa e o desenvolvimento técnico-científicos”.

Trata-se, portanto, de importante oportunidade para fins de defender a instituição de medidas para incentivar e inviabilizar a instalação de data centers no âmbito da política nacional de inteligência artificial, o que envolve, indiscutivelmente, a extensão desses incentivos a sua cadeia de energética de suprimento.

Por fim, a política estadual de ICMS, o licenciamento ambiental e a gestão fundiária devem ser mobilizados como instrumentos adicionais para viabilizar projetos integrados de gás e infraestrutura digital. A previsibilidade e a integração institucional serão determinantes para atrair investimentos e garantir resiliência sistêmica.



## O que é um Mercado de Capacidade?

O mercado de capacidade é um mecanismo complementar ao mercado de energia. Em vez de remunerar apenas a energia efetivamente gerada, ele valoriza a disponibilidade garantida de potência firme – essencial para

**A lógica é simples: pagar não só por megawatts produzidos, mas por confiabilidade entregue.**

manter o sistema estável, sobretudo em momentos críticos e em sistemas com alta presença de fontes intermitentes, como solar e eólica.

Nos Estados Unidos, Reino Unido, Itália e Colômbia, esse modelo sustenta a permanência de térmicas, hidrelétricas e sistemas de armazenamento no sistema, mesmo com baixo despacho. O objetivo é assegurar que a infraestrutura esteja pronta quando for realmente necessária. No Brasil, a discussão avança, mas o modelo ainda é incipiente. O leilão de 2021 foi emergencial, e o de 2026 segue em consulta pública. Falta institucionalizar um mercado contínuo, com previsibilidade, regras claras de precificação e integração ao planejamento energético.

Sem isso, seguimos com um sistema que não valoriza, de forma estruturada, a firmeza como atributo estratégico – essencial para a segurança energética e a confiabilidade digital do país.

### 5.4. Inserção de cargas críticas no planejamento energético oficial

Os Planos Decenais de Expansão de Energia (PDE) e o Plano Nacional de Energia (PNE) precisam incorporar, de forma explícita, as projeções de demanda associadas à infraestrutura digital crítica – como data centers, edge computing, logística automatizada e redes cibernéticas.

Essa nova geografia energética, mais distribuída, intensiva em tecnologia e dependente de confiabilidade contínua, exige planejamento público

antecipado, com diretrizes claras para geração e transmissão baseadas em segurança, localização estratégica e racionalidade sistêmica.

Ao reconhecer essas cargas no planejamento oficial, cria-se o respaldo técnico e jurídico necessário para uma ação coordenada entre MME, EPE, ONS e ANEEL – além de orientar agentes privados e estados na consolidação de polos digitais sustentáveis e resilientes.



## Quem faz o quê? Governança para a energia da nova era digital

Para transformar diretrizes em resultados concretos, é fundamental definir com precisão as responsabilidades institucionais dos principais entes do setor público federal. Abaixo, apresentamos uma matriz de governança simplificada, com papéis estratégicos claros para o Ministério de Minas e Energia (MME), a ANEEL e a Casa Civil da Presidência da República.

- **MME – Ministério de Minas e Energia**  
*Função Estratégica: Formulação de política pública e coordenação setorial*
  - Reconhecer, por portaria ou resolução do CNPE, a infraestrutura digital crítica como prioridade do planejamento energético nacional;
  - Integrar as cargas digitais aos Planos Decenal (PDE) e Nacional (PNE) de Energia;
  - Liderar, com outros ministérios (MDIC, MCTI, Justiça, Defesa e Planejamento), a construção de uma política transversal de segurança energética e digital.
- **ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica**  
*Função Estratégica: Regulação técnica, tarifária e de capacidade*
  - Regulamentar o mercado de capacidade com base em critérios de confiabilidade exigidos por data centers e demais cargas críticas;
  - Criar modalidades tarifárias específicas para consumidores digitais de missão crítica, com requisitos técnicos diferenciados;
  - Atualizar normas de suprimento, resposta à demanda e contratos bilaterais para atender à realidade das infraestruturas digitais.
- **Casa Civil da Presidência da República**  
*Função Estratégica: Integração transversal e articulação nacional*
  - Incluir a infraestrutura digital crítica na Estratégia Nacional de Desenvolvimento Econômico e Infraestrutura;
  - Criar instância interministerial permanente para articular políticas dos setores de energia, digital, segurança, inovação, indústria e meio ambiente;
  - Liderar, em conjunto com o Congresso Nacional, a tramitação legislativa de marcos regulatórios e projetos prioritários ligados ao tema.





## 5.5. Valorização regulatória e tarifária da energia firme

### Reconhecer o valor sistêmico da energia firme

O atual marco regulatório brasileiro trata de forma indiferenciada a energia firme e a intermitente, desconsiderando o valor estratégico da disponibilidade contínua em sistemas críticos. Esse apagamento institucional compromete a expansão de soluções energéticas compatíveis com os padrões exigidos por data centers e outras cargas críticas.

Proposta:

- 1. Regularizar um mercado de capacidade funcional**, que valorize não apenas a energia entregue, mas a potência disponível nos momentos de maior exigência, garantindo estabilidade ao sistema;
- 2. Permitir contratos com remuneração específica pela confiabilidade energética**, viabilizando modelos customizados de fornecimento para centros de dados e infraestruturas digitais;
- 3. Revisar os encargos setoriais aplicados à autogeração com fontes firmes** – como térmicas a gás natural de alta eficiência, hidrelétricas com reservatórios e SMRs –, eliminando distorções que penalizam a previsibilidade.

Nesse contexto, o Projeto de Lei 2080/2025, que se propõe a instituir a Política Nacional de Eficiência Energética e Sustentabilidade Socioambiental para Data Centers, caminha na direção oposta às boas práticas internacionais. Embora preveja incentivos para data centers que adotem padrões sustentáveis, o projeto introduz um novo encargo regulatório com base no volume de consumo elétrico – punindo justamente os empreendimentos mais intensivos em confiabilidade, sem diferenciar os critérios de segurança energética.

## 5.6. Criação de incentivos à autossuficiência energética com firmeza

### Autogeração firme como vetor de soberania digital

Data centers de alta performance podem operar sob modelos híbridos de autogeração firme – combinando previsibilidade energética e resiliência – desde que haja segurança jurídica, apoio regulatório e racionalidade econômica.

### Propostas:

- 1. Criar regimes especiais para autogeração firmada**, com requisitos técnicos de controle, redundância e confiabilidade;
- 2. Estimular microgrids híbridos**, que integrem fontes térmicas e sistemas de armazenamento, em ambientes regulatórios simplificados;
- 3. Estabelecer um marco específico para pequenos reatores modulares (SMRs)**, voltado a cargas críticas digitais e industriais, com licenciamento ágil e integração segura à rede elétrica;
- 4. Impulsionar a cadeia do gás natural**, com incentivos a projetos de suprimento e infraestrutura de distribuição, ampliando o acesso à firmeza energética.

Essas medidas ampliam a autonomia dos polos digitais, reduzem a vulnerabilidade do sistema e consolidam a energia firme como alicerce da soberania computacional do país.



## 5.7. Financiamento e atração de investimentos

### Energia firme como ativo estratégico da nova economia digital

A consolidação da energia firme como base da infraestrutura digital crítica requer mais que regulação — exige instrumentos de crédito, garantias e atração de capital de longo prazo.

Propostas:

- Instituir linhas prioritárias de financiamento no BNDES e na Finep** para projetos de infraestrutura digital com elevado consumo energético e requisitos de disponibilidade contínua;

- Fomentar fundos de investimento em infraestrutura híbrida (energia + dados)**, com critérios ESG, contratos estáveis e ancoragem institucional;

- Lançar campanhas internacionais e missões diplomáticas** que posicionem o Brasil como plataforma energética segura e confiável para data centers, inteligência artificial e serviços digitais de missão crítica.

Trata-se de transformar a firmeza energética em vantagem competitiva nacional – alicerçando um novo ciclo de desenvolvimento baseado em tecnologia, segurança e soberania.

## 5.8. Conexão com a Estratégia de Governo Digital (EGD) e a Política Nacional de Cibersegurança (PNC)

A ambição de posicionar o Brasil como hub energético-digital exige aderência explícita aos dois marcos federais que orientam a transformação estatal e a defesa do espaço informacional:

Marco	Escopo	Relevância direta para data centers e energia firme
<b>Estratégia de Governo Digital – EGD 2020-2022 (revisão 2024-2027)</b> (Portaria MGI nº 5.546/2024)	Universalizar serviços públicos digitais, migrar infraestrutura crítica para ambientes de alta disponibilidade, adotar nuvem híbrida soberana e ampliar adoção de open data.	<ul style="list-style-type: none"> <li>A meta de <b>100% dos serviços digitais até 2027</b> torna os data centers peças estruturantes da oferta estatal. Exige <b>energia firme e conectividade redundante</b> para viabilizar SLAs de 99,9% ou superiores.</li> <li>Vincula o MGI à governança de contratos de nuvem e colocation – ponto de diálogo com MME e ANEEL sobre garantia de suprimento.</li> </ul>
<b>Política Nacional de Cibersegurança – PNC</b> (Decreto nº 12.198/2024)	Define princípios de resiliência, proteção de infraestruturas críticas e resposta a incidentes; institui o <b>Sistema Nacional de Cibersegurança (SNCiber)</b> sob coordenação do GSI.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Classifica data centers governamentais e privados estratégicos como <b>infraestruturas críticas digitais</b>. Impõe requisitos de <b>energia de contingência</b>, redundância 2N e planos de continuidade operacional. Prevê <b>Planos Setoriais de Ciber-Resiliência</b>, nos quais o MME deve mapear riscos elétricos que afetem serviços digitais essenciais.</li> </ul>
<b>Estratégia de Governo Digital – EGD 2020-2022 (revisão 2024-2027)</b> (Portaria MGI nº 5.546/2024)	Universalizar serviços públicos digitais, migrar infraestrutura crítica para ambientes de alta disponibilidade, adotar nuvem híbrida soberana e ampliar adoção de open data.	<ul style="list-style-type: none"> <li>A meta de <b>100% dos serviços digitais até 2027</b> torna os data centers peças estruturantes da oferta estatal.</li> <li>Exige <b>energia firme e conectividade redundante</b> para viabilizar SLAs de 99,9% ou superiores.</li> <li>Vincula o MGI à governança de contratos de nuvem e colocation – ponto de diálogo com MME e ANEEL sobre garantia de suprimento.</li> </ul>
<b>Política Nacional de Cibersegurança – PNC</b> (Decreto nº 12.198/2024)	Define princípios de resiliência, proteção de infraestruturas críticas e resposta a incidentes; institui o <b>Sistema Nacional de Cibersegurança (SNCiber)</b> sob coordenação do GSI.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Classifica data centers governamentais e privados estratégicos como <b>infraestruturas críticas digitais</b>.</li> <li>Impõe requisitos de <b>energia de contingência</b>, redundância 2N e planos de continuidade operacional.</li> <li>Prevê <b>Planos Setoriais de Ciber-Resiliência</b>, nos quais o MME deve mapear riscos elétricos que afetem serviços digitais essenciais.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria





## 5.9. Pontes institucionais sugeridas

- 1. Comitê Interministerial Energia-Digital-Cibersegurança**

MGI (gestão digital), GSI (segurança cibernética) e MME/ANEEL (confiabilidade elétrica) definem padrões mínimos de disponibilidade energética para data centers que hospedem serviços públicos ou dados de interesse crítico – integrando cronogramas do **PDE 2032** com as metas da EGD.
- 2. Cláusula de Energia Firme nos Contratos de Computação em Nuvem do Governo Federal**

Exigir comprovação de capacidade firme (letter of firm capacity) ou autogeração híbrida como condição de elegibilidade nos pregões de nuvem soberana coordenados pelo MGI.

- 3. Plano Setorial de Ciber-Resiliência Elétrica**

Sob liderança do GSI, incluir no SNCiber um eixo “Energia Digital Crítica”, mapeando riscos de abastecimento, definindo protocolos de resposta conjunta (ONS-CERT.br-GSI) e priorizando leilões de capacidade para cargas governamentais.

Ao articular EGD e PNC, o Brasil transforma a demanda por energia firme e governança digital em **agenda comum** para MGI e GSI, ancorando o tema na convergência entre eficiência estatal, soberania informacional e segurança energética.

## 5.10. Coordenação interinstitucional e agenda regulatória transversal

### Governança integrada para a energia da era digital

Sem articulação institucional, até as melhores propostas se diluem. A integração entre energia e digitalização exige coordenação contínua, metas comuns e alinhamento regulatório.

### Propostas:

- 1. Criar um Comitê Interministerial de Infraestrutura Digital e Energia**, com participação de ministérios estratégicos (MME, MDIC, MCTI, Justiça, Defesa) e das agências reguladoras (ANEEL, ANATEL, EPE, ONS);
- 2. Estabelecer uma agenda regulatória conjunta entre ANEEL, MME e ANATEL**, com metas de curto e médio prazo voltadas à viabilização de projetos críticos – como autogeração firme, microgrids, fornecimento redundante e zonas energéticas digitais.

- 3. Como desdobramento prático**, recomenda-se a realização de uma consulta pública coordenada entre ANEEL, MME e ANPD com o objetivo de construir uma abordagem regulatória integrada e coerente para a infraestrutura crítica digital no Brasil. Esse processo deve buscar alinhar diretrizes de segurança energética, cibersegurança e proteção de dados, promovendo maior previsibilidade institucional e robustez regulatória para o ambiente digital-energético do país, dada a crescente interdependência entre energia, dados e segurança cibernética.

Somente com governança coordenada será possível dar escala e estabilidade às soluções que o novo ciclo tecnológico exige. Nesse sentido, uma possibilidade seria tornar a Câmara de Regras Excepcionais para Gestão Hidroenergética (CREG) um espaço permanente de governança multisetorial para cargas críticas – com foco em segurança elétrica, garantia de energia firme e integração com setores estratégicos como digital, saúde, defesa e indústria. A atuação da CREG em contextos de escassez hídrica revelou seu valor como instância ágil e coordenadora, capaz de antecipar riscos sistêmicos e alinhar decisões energéticas a metas de segurança nacional, resiliência digital e produtividade.



## 5.11. Zonas Preferenciais de Instalação Digital: energia e dados no mesmo território

Mais do que gerar potência despachável ou viabilizar a autossuficiência, o Brasil precisa escolher estrategicamente onde localizar sua infraestrutura digital crítica. A expansão dos data centers deve ser ancorada em territórios com três atributos convergentes:

1. **Confiabilidade energética** – presença de fontes firmes, malha de transmissão disponível e segurança operacional;

2. **Conectividade óptica** – redes robustas, com baixa latência e redundância;

3. **Capacidade institucional** – estados e municípios aptos a licenciar, planejar e acolher projetos de missão crítica.

Com base nesses critérios, propõe-se a criação de **Zonas Preferenciais de Instalação Digital**: territórios que combinem energia e dados com infraestrutura pública preparada e política industrial coerente.

O Brasil não precisa instalar tudo em todo lugar. Precisa instalar certo, onde há base para crescer com segurança, eficiência e soberania.

## 5.12. Conclusão

Transformar suprimento de energia confiável em vantagem competitiva para o Brasil digital não exige um novo país – exige um novo arranjo institucional. Um Estado que reconheça a confiabilidade como ativo estratégico, que integre o planejamento energético à transformação digital e alinhe sua matriz elétrica às exigências do século XXI. A energia firme já está entre nós. Falta apenas reconhecê-la pelo que ela é: o alicerce técnico da nova soberania digital brasileira.



## 6. Roteiro estratégico – 8 medidas para posicionar o Brasil como plataforma energética-digital global

O Brasil tem, diante de si, uma oportunidade concreta de se afirmar como um hub energético-digital de projeção global. Reúne uma matriz majoritariamente limpa, um território vasto, um mercado interno robusto e um setor energético com reconhecida competência técnica. Mas potencial, por si só, não se converte em liderança. Transformá-lo em vantagem competitiva exige decisões institucionais coordenadas, tempestivas e orientadas por uma visão de longo prazo.

A seguir, sintetizamos em oito medidas estratégicas o caminho para construir essa virada:

### 6.1. Reconhecer, em lei, os data centers como infraestrutura crítica

**O primeiro passo é jurídico – e também simbólico:** reconhecer formalmente os data centers como ativos estratégicos para a soberania nacional, para a resiliência do Estado e para a sustentação da economia digital.

#### Ação sugerida:

- Atualizar marcos legais como a Lei das Antenas e o Marco Civil da Internet, inserindo os data centers no rol das infraestruturas essenciais, com prerrogativas compatíveis à sua relevância funcional.

O Projeto de Lei nº 3018/202, atualmente em tramitação no Senado Federal, avança no tratamento das responsabilidades dos operadores de data centers em matéria de segurança e conectividade. No entanto, limita-se ao eixo regulatório, sem prever instrumentos de fomento, incentivos tributários ou mecanismos institucionais que viabilizem, em escala, a instalação e operação dessas infraestruturas estratégicas.



### 6.2. Criar uma política nacional para energia de cargas críticas

**Integrar energia, conectividade e digitalização em uma política única.** O Brasil precisa de um programa coordenado que articule os interesses energéticos, de telecomunicações e da transformação digital sob um mesmo eixo estratégico de desenvolvimento nacional. A ausência dessa integração compromete a previsibilidade de investimentos e enfraquece a resposta do Estado à nova geografia tecnológica do país.

#### Ação sugerida:

- Instituir, por decreto, uma **Política Nacional de Energia para Infraestruturas Digitais Críticas**, com foco em:
  - Previsão de demanda nos planos de expansão energética;
  - Garantias de fornecimento firme;
  - Critérios territoriais para planejamento integrado.



### 6.3. Implementar um mercado de capacidade funcional

Sem precificar a potência firme de forma distinta da energia média entregue, o sistema elétrico continuará a penalizar soluções robustas, desincentivando investimentos em confiabilidade — um atributo essencial à era digital.

#### Ação sugerida:

- **Regulamentar o mercado de capacidade** com prioridade para segmentos de missão crítica e para contratos bilaterais com garantia de despacho, conforme proposto na Emenda 312 à Medida Provisória nº 1.300/2025.

### 6.4. Corrigir distorções tarifárias e garantir isonomia no tratamento da energia firme

O atual modelo tarifário penaliza a energia firme frente à intermitente, desconsiderando o valor sistêmico da confiabilidade – especialmente crítico para data centers e outras cargas digitais contínuas. A ausência de critérios isonômicos compromete a viabilidade econômica de projetos estratégicos.

#### Ação sugerida:

- Rever encargos e taxas sobre autogeração com fontes firmes (como gás natural, hidrelétricas com reservatórios e SMRs);
- Avaliar incentivos específicos para consumos críticos contínuos em zonas prioritárias.

#### Ponto de atenção:

A MP 1.300/2025 instituiu novos encargos sobre autogeradores e grandes consumidores, afetando diretamente a competitividade de data centers. A Emenda 141, do Senador Laércio Oliveira, propõe tratamento estratégico a projetos de gás natural vinculados a esse segmento, com incentivos tributários e regulação diferenciada – proposta que merece ser considerada como diretriz de política pública.



### 6.5. Estimular soluções híbridas com energia firme e baixo carbono

O Brasil tem condições de liderar uma nova geração de arranjos energéticos que conciliam sustentabilidade e confiabilidade – exigência central para cargas digitais críticas.

#### Ação sugerida:

- Estimular a autogeração com gás natural de alta eficiência, SMRs e hidrelétricas moduláveis;
- Lançar editais e fundos para desenvolvimento de microgrids híbridos e clusters digitais resilientes.



## 6.6. Atrair investimento com previsibilidade e instrumentos de risco

Projetos de infraestrutura digital exigem crédito paciente, contratos de longo prazo e proteção contra volatilidades.

### Ação sugerida

- Criar linhas prioritárias no BNDES e Finep para data centers com demanda energética crítica;
- Estabelecer garantias públicas para contratos de fornecimento firme, ampliando a bancabilidade dos projetos.

## 6.7. Estimular polos regionais de computação confiável

A descentralização dos data centers pode impulsionar o desenvolvimento regional, desde que conectada à malha energética disponível e ao planejamento territorial.

### Ação sugerida

- Mapear regiões com excedente de energia firme e clima favorável à dissipação térmica;
- Criar zonas francas digitais com incentivos à instalação de edge computing e clusters tecnológicos.

## 6.8. Criar um comitê interinstitucional de coordenação regulatória

Sem governança integrada, as iniciativas se perdem. A transformação digital-energética exige articulação contínua e visão sistêmica.

### Ação sugerida:

- Instituir um Comitê Interministerial de Infraestrutura Digital e Energia com participação de MME, ANEEL, ANATEL, MDIC, Casa Civil, BNDES e sociedade civil;
- Definir uma agenda regulatória comum com metas coordenadas para 12, 24 e 36 meses.



## 6.9. Propostas Regulatórias Específicas para Operadoras Digitais e Grandes Consumidores de TIC

O Brasil precisa construir uma ponte regulatória robusta e transparente com os principais operadores de nuvem, conectividade e serviços digitais – como Amazon, Huawei, Microsoft, Google, Claro, Vivo e Embratel – que já operam data centers de missão crítica no país, com elevada previsibilidade de carga e exigência técnica contínua.

A seguir, propõem-se medidas específicas para alinhar o marco energético às exigências estruturais da nova economia digital:

### **Regime especial de tarifação para cargas críticas**

Criar categoria tarifária específica para data centers com disponibilidade mínima de 99,98%, contemplando incentivos à contratação de energia firme, redução de encargos sobre autogeração e estímulo à previsibilidade contratual.

### **Contratos bilaterais com sinal de confiabilidade**

Permitir e fomentar contratos diretos entre operadoras digitais e geradores de energia firme, com cláusulas vinculadas à estabilidade elétrica – frequência, tensão e latência energética.

### **Participação em PPAs híbridos com entrega firme**

Regulamentar a participação de operadoras digitais em leilões e PPAs híbridos (ex.: solar + gás, eólica + térmica), priorizando modulação, resposta rápida e continuidade no fornecimento.

### **Incentivos à autogeração firme com sustentabilidade**

Conceder isenções ou reduções de encargos setoriais para empresas que investirem em autogeração com térmicas de alta eficiência, cogeração a gás ou SMRs, reforçando a convergência entre confiabilidade e transição energética.

### **Tratamento prioritário no licenciamento e conexão**

Agilizar processos de licenciamento ambiental e de conexão à rede para projetos digitais críticos, com critérios técnicos objetivos e prazos compatíveis com a urgência da transformação digital.

### **Sinal verde para microgrids digitais**

Estabelecer regulação favorável a microgrids com autogeração, armazenamento e gestão inteligente de carga, priorizando estruturas com backup térmico, redundância e resposta instantânea.

## 6.10. Conclusão

O Brasil não precisa reinventar seu modelo – precisa alinhar, com inteligência e decisão, os instrumentos que já possui aos requisitos de um mundo que se redesenha em torno da confiabilidade, da escala e da sustentabilidade. Ao integrar planejamento energético, infraestrutura digital e ambição estratégica, o país pode se tornar um dos raros territórios capazes de combinar potência econômica e estabilidade técnica.

O tempo da hesitação passou. É hora de escolhas estruturantes – e de reconhecer na energia firme não uma bandeira ideológica, mas o alicerce silencioso e imprescindível da nova soberania digital brasileira.



## Capítulo 7 – Nordeste: Rumo à vanguarda energético-digital

o mapeamento atual de data centers no Brasil ainda privilegia regiões com conectividade consolidada e infraestrutura digital madura – sobretudo o Nordeste e os principais hubs de cabos submarinos. Mas isso diz mais sobre o passado do que sobre o futuro.

A realidade logística e energética do país está em mutação. E o Nordeste começa a emergir como peça-chave da nova geopolítica digital, sustentado por três pilares estruturantes: excedente renovável, oferta crescente de energia firme e articulação política regional.

### 7.1. Excedente renovável: diferencial competitivo subutilizado

O Nordeste lidera a expansão de fontes renováveis no Brasil. Estados como Bahia, Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte apresentam fatores de capacidade superiores à média global. Com o reforço das linhas de corrente contínua, parte desse excedente já é exportada para o Sudeste – mas outra parte permanece subutilizada, gerando restrições operativas e vertimentos.

A instalação de data centers nesses territórios pode transformar essa sobra estrutural em ativo estratégico. Com consumo contínuo e potencial de adaptação a blocos de geração renovável, os data centers podem reduzir custos, emissões e até captar créditos de carbono – desde que ancorados em fontes firmes locais.

### 7.2. O elo que faltava: energia firme no próprio território

Para converter a vantagem renovável em confiabilidade, é essencial a presença de geração firme. E esse diferencial começa a tomar forma no Nordeste.

Dois vetores se destacam:

- **Infraestrutura de GNL:** terminais no Ceará, Bahia e Sergipe viabilizam o uso flexível e seguro do gás natural.

- **Novas fronteiras de produção:** a província de águas profundas de Sergipe desponta como um dos maiores potenciais do país. Estados como Alagoas, por exemplo, com distribuição ativa via Algás e presença de produtores independentes, ampliam essa base.

Essa combinação permite ao Nordeste construir ecossistemas híbridos de energia – limpa e firme – em território próprio, reduzindo dependência de transmissão e criando polos autônomos de infraestrutura digital resiliente.



### 7.3. Logística estratégica e capacidade institucional

O Nordeste não oferece apenas energia – dispõe também de vantagens logísticas e institucionais consistentes:

- Proximidade com cabos submarinos internacionais (Fortaleza, Recife, Salvador);
- Terrenos amplos e de baixo custo;
- Ecossistemas tecnológicos em ascensão (Porto Digital, UFBA, UFRN, UFPE, UFC);
- Incentivos fiscais específicos para TIC e infraestrutura crítica.

No campo institucional, destaca-se o Fórum de Governadores do Nordeste, que se consolidou como espaço de articulação regional com força política nacional. Com suporte técnico qualificado, esse fórum pode se tornar um núcleo de atração de investimentos digitais, atuando em:

- Harmonização regulatória estadual;
- Oferta coordenada de energia limpa e firme;
- Criação de zonas francas ou distritos energéticos-digitais;
- Integração entre incentivos, fundos e critérios ESG.

### 7.4. Projeção internacional e equilíbrio nacional

O Nordeste tem a chance de deixar de ser consumidor periférico e se tornar hospedeiro estratégico da nova economia digital. Mas essa virada exige escolha política e coordenação técnica.

Reconhecer seus ativos – abundância renovável e fontes firmes em crescimento – é o primeiro passo. Estruturá-los em um discurso coerente, legislação atrativa e política industrial integrada é o desafio.

Se bem conduzido, esse movimento pode:

- Fortalecer a segurança energética do país;
- Descentralizar a infraestrutura digital nacional;
- Projetar o Brasil como líder em sustentabilidade digital.

### 7.5. Conclusão: o futuro pode começar no Nordeste

O Nordeste reúne hoje os elementos essenciais para se tornar um polo global de hospedagem digital limpa e confiável. A combinação entre excedente renovável, gás natural disponível, logística costeira e articulação política regional transforma a região em candidata natural à liderança energético-digital.

Mas esse protagonismo não virá por inércia. Exige alinhar vocação técnica, coordenação institucional e visão estratégica. O futuro da infraestrutura digital confiável está sendo moldado – e pode começar aqui. Com clareza técnica e cooperação política, o Nordeste tem tudo para não apenas gerar e conectar – mas liderar.



## 7.6. Descentralização Digital e Edge Data Centers: Requisitos para a Soberania Computacional

A descentralização da infraestrutura digital é uma tendência estratégica. O modelo centralizado dos grandes hyperscale data centers começa a ser complementado por unidades menores e distribuídas: os *edge data centers*. Esses centros processam dados mais próximos do usuário, reduzindo latência, aliviando redes e ampliando a resiliência do sistema digital.

### Requisitos Técnicos para Edge Data Centers

#### Baixa Latência (<20ms)

A proximidade física ao usuário reduz o tempo de resposta – essencial para IoT, redes 5G, carros autônomos, telemedicina e logística em tempo real.

#### Energia Local e Firme

Fontes próximas de geração contínua, como microgeração térmica, gás natural, cogeração e SMRs, são cruciais para garantir operação ininterrupta.

#### Redundância Modular

Modelos escaláveis como N+1 ou 2N garantem continuidade e expansão gradual, com manutenção sem interrupções.

#### Conectividade Óptica de Alta Qualidade

Fibras ópticas regionais de baixa latência são fundamentais para viabilizar o desempenho da computação descentralizada.

#### Refrigeração Eficiente

Soluções silenciosas, compactas e de baixo consumo tornam os edge data centers viáveis em ambientes diversos e menos estruturados.

#### Automação e Monitoramento Remoto

Com inteligência embarcada e manutenção à distância, essas unidades operam com eficiência mesmo em locais remotos.

A descentralização digital via *edge computing* não é apenas tendência tecnológica – é um vetor de inclusão territorial, resiliência cibernética e soberania nacional. Com planejamento energético adequado e conectividade estratégica, o Brasil pode liderar esse movimento com confiabilidade e escala.



## 8. Considerações finais – Energia, soberania e futuro digital

A transformação digital não é apenas avanço tecnológico – é a redefinição das infraestruturas que sustentam a vida econômica, social e institucional. Nesse novo ciclo, os *data centers* tornam-se centrais. Armazenam e distribuem fluxos vitais: dados financeiros, logísticos, de saúde, defesa, justiça e cultura. São os portos e ferrovias do século XXI – a base invisível do poder na era da informação.

Mas como toda infraestrutura crítica, dependem de uma fundação física robusta. E seu insumo mais decisivo não é o silício, nem a fibra óptica – é energia elétrica: firme, estável e previsível.

Este white paper mostrou que energia firme não é preferência ideológica – é requisito técnico. Sem ela, não há continuidade de serviços, nem proteção de dados, nem soberania digital. E sem soberania digital, o país perde relevância na nova economia global.

O Brasil se encontra diante de uma escolha estratégica: manter uma política energética alheia às exigências da infraestrutura digital – ou fazer um movimento coordenado para transformar sua matriz energética em ativo competitivo.

Esse movimento exige:

1. Reconhecer legalmente os data centers como infraestrutura de interesse nacional;
2. Valorizar a energia firme como ativo sistêmico;
3. Equiparar segurança energética à segurança informacional;
4. Integrar planejamento energético, digitalização e reindustrialização.

Se bem conduzida, essa agenda pode posicionar o Brasil como um dos poucos países capazes de combinar:

- Conectividade global, território amplo e matriz limpa;
- Potência firme, estabilidade regulatória e resiliência institucional.

Essa convergência é mais do que oportunidade econômica – é visão de país. Um projeto de soberania ancorado em energia confiável e infraestrutura digital robusta.



## Palavras finais

Este white paper busca contribuir para um debate técnico, qualificado e não ideológico. A mensagem é simples: o futuro digital do Brasil dependerá da inteligência com que estruturarmos sua base energética.

Sem digitalização segura, não há soberania. E sem soberania, não há protagonismo possível.

Energia é poder. Dados são poder. Mas é a convergência entre ambos – sustentada por visão estratégica – que define a verdadeira soberania.

## Autor



Marcos da Costa Cintra, 53 anos, é executivo do setor de petróleo, gás e energia, com atuação em temas como segurança energética, regulação, políticas públicas e planejamento de longo prazo. Jornalista pela Universidade Católica de Pernambuco (Unicap), é mestre em Políticas Públicas pelo Instituto de Economia da UFRJ e doutor em Energia pelo Instituto de Energia e Ambiente da USP. Preside o Instituto Pensar Energia, entidade dedicada à formulação de propostas para o fortalecimento institucional e a governança do setor energético brasileiro.

## Revisor Técnico



Felipe Fernandes Reis, 31 anos, é advogado com atuação destacada no setor de energia, com ênfase em regulação, políticas públicas e modernização institucional. Mestrando em Economia pelo IDP e Gestão de Políticas Públicas pela Universidade de Lisboa, reúne experiência em consultoria estratégica, advocacia regulatória e articulação com órgãos públicos e agentes privados em temas centrais para o desenvolvimento energético do país. Atualmente, é secretário-geral do Instituto Pensar Energia, onde coordena iniciativas voltadas à governança, à segurança jurídica e à construção de uma transição energética justa, eficiente e tecnicamente ancorada.

O Instituto Pensar Energia agradece a Luiz Carlos Ciochi, ex-diretor-geral do ONS, pela inteligência da leitura crítica que enriqueceu o documento.

O Instituto Pensar Energia (IPE) é um think tank criado para promover o diálogo entre os diversos segmentos da sociedade e do setor energético brasileiro, com foco na segurança energética, na integração energética e na transição energética justa.

Nosso objetivo é estruturar esforços de empresas, governos, entidades e profissionais em temas transversais que impactam todo o setor de energia. Acreditamos que a integração dos segmentos, a soma de redes de apoio e a cooperação ampliam as possibilidades de sucesso em questões de interesse comum, promovendo um mercado equitativo, transparente, competitivo e dinâmico.

Com este White Paper, o IPE pretende contribuir de forma propositiva para o debate público sobre os rumos do setor elétrico, estimulando a reflexão crítica e aprofundada sobre o tema da modernização institucional, regulatória, técnica e estratégica da matriz brasileira. Ao reunir análises, comparações internacionais e recomendações estruturantes, o documento busca oferecer subsídios relevantes a formuladores de política, lideranças do setor e representantes da sociedade civil, reforçando o compromisso do IPE com uma agenda energética orientada por diálogo, método e visão de longo prazo.

[www.pensarenergia.org.br](http://www.pensarenergia.org.br)  
SHA, Chacara 77, Lote 02, Bloco A, Loja 11,  
Brasília-DF.  
CEP: 71.994-435  
Autor: Marcos da Costa Cintra  
Revisor: Felipe Fernandes Reis

Design & Layout: Mariola Comunicação  
Fotos: Memória da Eletricidade

O conteúdo contou com o apoio revisional de ferramentas de inteligência artificial, combinadas a curadoria humana rigorosa para garantir clareza, coerência e consistência institucional.

