



Latin American Journal of Energy Research – Lajer (2025) v. 12, n. 2, p. 116–132
<https://doi.org/10.21712/lajer.2025.v12.n2.p116-132>

Análise de viabilidade econômica de projetos de energia renovável no cenário brasileiro e piauiense, com perspectiva global e o papel da China

Analysis of economic viability of renewable energy projects in the brazilian and Piauí scenario, with a global perspective and the role of China

Tarcísio Dias da Rocha

Aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, Piauí, Brasil
E-mail: tarcisio.rocha@ufpi.edu.br

Received: 09 July 2025 | Accepted: 30 July 2025 | Published online: 03 August 2025

Resumo: Este trabalho analisa a viabilidade econômica de projetos de energia renovável no Brasil, com foco nas particularidades do Estado do Piauí, considerando o arcabouço regulatório da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o impacto dos leilões de energia. Adicionalmente, discute-se o cenário global, com especial atenção ao papel da China como catalisador de inovação e redução de custos, e a influência das iniciativas da Organização das Nações Unidas (ONU) na promoção da transição energética. Nessa análise, são abordados tanto os fatores que impulsionam a atratividade desses investimentos, quanto os desafios estruturais e operacionais, como a intermitência inerente às fontes renováveis, a infraestrutura de transmissão e os processos burocráticos. Abordam-se os principais indicadores financeiros e os incentivos governamentais que moldam a atratividade desses investimentos, ressaltando o papel das políticas públicas na promoção da transição energética.

Palavras-chave: energia renovável; viabilidade econômica; Piauí; China; transição energética.

Abstract: This work analyzes the economic viability of renewable energy projects in Brazil, focusing on the specificities of the State of Piauí, considering the regulatory framework of the National Electric Energy Agency (ANEEL) and the impact of energy auctions. Additionally, the global scenario is discussed, with particular attention to China's role as a catalyst for innovation and cost reduction, and the influence of United Nations (UN) initiatives in promoting the energy transition. In this analysis, both the factors driving the attractiveness of these investments and the structural and operational challenges, such as the intermittency inherent to renewable sources, transmission infrastructure, and bureaucratic processes, are addressed. The main financial indicators and government incentives that shape the attractiveness of these investments are also covered, highlighting the role of public policies in fostering the energy transition.

Keywords: renewable energy; economic viability; Piauí; China; energy transition.

1 Introdução

A crescente demanda por energia, aliada à urgência global por fontes limpas e sustentáveis, posiciona os projetos de energia renovável como pilares fundamentais para a matriz energética mundial (IRENA, 2025). O cenário internacional, impulsionado por nações como a China, tem demonstrado a viabilidade e a escalabilidade dessas tecnologias, com impactos significativos na redução de custos e na inovação (RFF, 2025; Ember, 2025). A Organização das Nações Unidas (ONU) tem desempenhado um papel crucial na agenda global de energia, promovendo metas ambiciosas de desenvolvimento sustentável e incentivando a cooperação internacional para a transição energética, incluindo a elevação substancial da participação de energias renováveis na matriz global, com um ritmo de crescimento que ainda precisa ser acelerado para atender aos objetivos internacionais (ONU, s.d.). No Brasil, um país com vasto potencial em fontes como solar, eólica e biomassa, a transição energética tem sido impulsionada por um robusto sistema de políticas públicas e mecanismos regulatórios. O Estado do Piauí, em particular, destaca-se como um polo de

desenvolvimento nesse setor, especialmente devido ao seu alto índice de irradiação solar e excelentes condições para parques eólicos (INPE/LABREN, 2017; Cresesb, 2001).

A análise de viabilidade econômica é um passo crítico para a materialização desses projetos, envolvendo a avaliação de indicadores financeiros, riscos e o impacto do ambiente regulatório (Assaf Neto, 1992). Este artigo discute os fatores-chave que influenciam a atratividade econômica de investimentos em energias renováveis no contexto brasileiro e piauiense, com base nas diretrizes da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e nos resultados dos leilões de energia, explorando tanto as oportunidades e forças motrizes quanto os desafios inerentes à sua implementação, como a intermitência da geração e a infraestrutura de transmissão. Além disso, estabelece um paralelo com a dinâmica do mercado global, evidenciando o papel preponderante da China e as diretrizes estabelecidas por organismos internacionais.

2 Metodologia

O presente estudo consiste em uma revisão narrativa e analítica da literatura. A metodologia adotou uma abordagem qualitativa, baseada na análise de fontes secundárias. Foi realizado um levantamento bibliográfico e documental abrangendo publicações científicas, relatórios de agências governamentais e organismos internacionais (ANEEL, INPE, Cresesb, IRENA, IEA, ONU), e análises de mercado (BloombergNEF). A seleção das fontes priorizou documentos mais recentes que fossem possíveis para garantir a atualidade dos dados, com foco em palavras-chave como "viabilidade econômica", "energia renovável", "leilões de energia", "regulação ANEEL", "matriz energética Piauí" e "transição energética China". As informações foram compiladas, categorizadas e sintetizadas para construir uma análise integrada dos fatores regulatórios, regionais e globais que impactam a atratividade de projetos de energia renovável no Brasil, com especial atenção ao caso do Piauí. Esta abordagem permitiu identificar tendências, desafios e oportunidades, fornecendo uma base sólida para as discussões sobre o tema.

3 Fundamentação analítica: indicadores de viabilidade econômica

A viabilidade econômica de projetos de energia renovável é tipicamente avaliada por meio de indicadores financeiros que consideram o fluxo de caixa do projeto ao longo de sua vida útil. Os principais indicadores incluem:

- **Valor presente líquido (VPL):** O VPL calcula o valor presente de todos os fluxos de caixa futuros (receitas e despesas) descontados a uma taxa de juros específica, subtraindo o investimento inicial. Um VPL positivo indica um projeto economicamente viável (Assaf Neto, 1992), sendo calculado conforme a Eq. (1).

$$VPL = \sum_{t=u}^n \frac{FCt}{(1+i)^t}, \quad (1)$$

sendo FCt é o fluxo de caixa no período t ; i é a taxa de desconto (ou Taxa Mínima de Atratividade - TMA); n é o número total de períodos (vida útil do projeto).

- **Taxa interna de retorno (TIR):** A TIR é a taxa de desconto que iguala o VPL a zero. Um projeto é considerado viável se sua TIR for superior à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) dos investidores (Assaf Neto, 1992), podendo ser determinada pela Eq. (2).

$$0 = \sum_{t=u}^n \frac{FCt}{(1+TIR)^t}, \quad (2)$$

sendo FCt é o fluxo de caixa no período t ; TIR é a Taxa Interna de Retorno; n é o número total de períodos (vida útil do projeto).

- **Período de payback (PP):** O Período de *payback* (PP) indica o tempo necessário para que o investimento inicial (CAPEX) de um projeto seja recuperado pelo fluxo de caixa gerado. Embora seja um método que não considera o valor do dinheiro no tempo após o período de recuperação, ele serve como um indicador de liquidez fundamental para a avaliação preliminar de projetos (Assaf Neto, 1992). O Payback é determinado pelo menor tempo t para o qual a condição da Eq. (3) é satisfeita:

$$\sum_{k=0}^t FC_k \geq | \text{Investimento inicial} |, \quad (3)$$

sendo FC_k é o fluxo de caixa no período k ; $|\text{Investimento inicial}|$ é o valor absoluto do investimento inicial do projeto.

O investimento inicial (CAPEX), que é um componente crucial para o cálculo do Payback, é detalhado na Figura 1, apresentando os custos por fonte de geração ou tecnologia de armazenamento (Empresa de pesquisa energética - EPE, 2024, p. 89).

A Figura 1, da EPE, fornece os valores do CAPEX em R\$/kW para diversas tecnologias. Ao analisar esses custos iniciais em conjunto com o potencial de geração de fluxo de caixa (que, por sua vez, é influenciado pelo LCOE e pelos preços de energia dos leilões), os investidores podem estimar o Período de Payback. Tecnologias com CAPEX menor e LCOE competitivo tendem a oferecer períodos de Payback mais curtos, aumentando a atratividade do investimento por indicarem uma recuperação mais rápida do capital alocado. Essa visualização do CAPEX é, portanto, essencial para uma primeira avaliação de liquidez e para a comparação estratégica entre diferentes opções de investimento em energia.

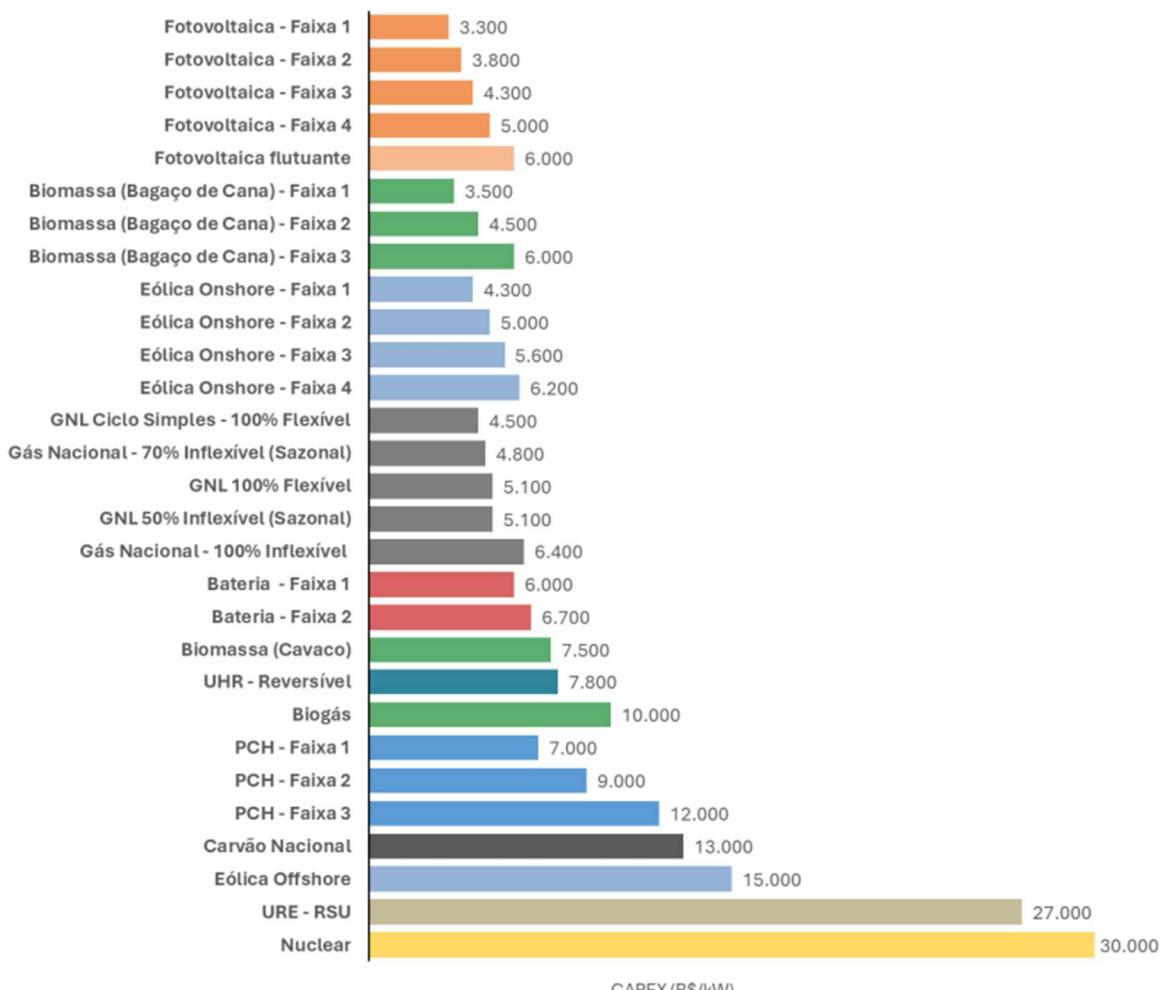


Figura 1. Valores de Investimento (CAPEX), em R\$/kW, por fonte de geração ou tecnologia de armazenamento. Fonte: Empresa de pesquisa energética - EPE (2024, p. 89).

O Custo nivelado de energia (LCOE - *Levelized Cost of Energy*) representa o custo médio por unidade de eletricidade gerada ao longo da vida útil do projeto, considerando todos os custos (investimento, operação, manutenção e combustível, se aplicável) e a produção de energia (IEA, 2024). Um LCOE baixo aumenta a competitividade do projeto, sendo calculado pela Eq. (4).

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{It + OMt + Comb}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Et}{(1+r)^t}}, \quad (4)$$

sendo I são os custos de investimento no ano t ; OM_t são os custos de Operação e Manutenção no ano t ; $Comb_t$ são os custos de combustível no ano t (se aplicável); E_t é a energia elétrica produzida no ano t ; r é a taxa de desconto; n é a vida útil do projeto.

Para uma compreensão aprofundada dos componentes que influenciam o LCOE, é fundamental analisar os valores de custos de O&M e encargos para as diversas tecnologias de geração e armazenamento.

Os custos fixos de operação e manutenção (O&M), representados por OM_t na Eq. (4), são uma parcela significativa das despesas contínuas de um projeto. A Figura 2 (Empresa de pesquisa energética - EPE, 2024, p. 90) apresenta esses valores para as tecnologias no Brasil, fornecendo uma base para entender essa componente anual do LCOE.

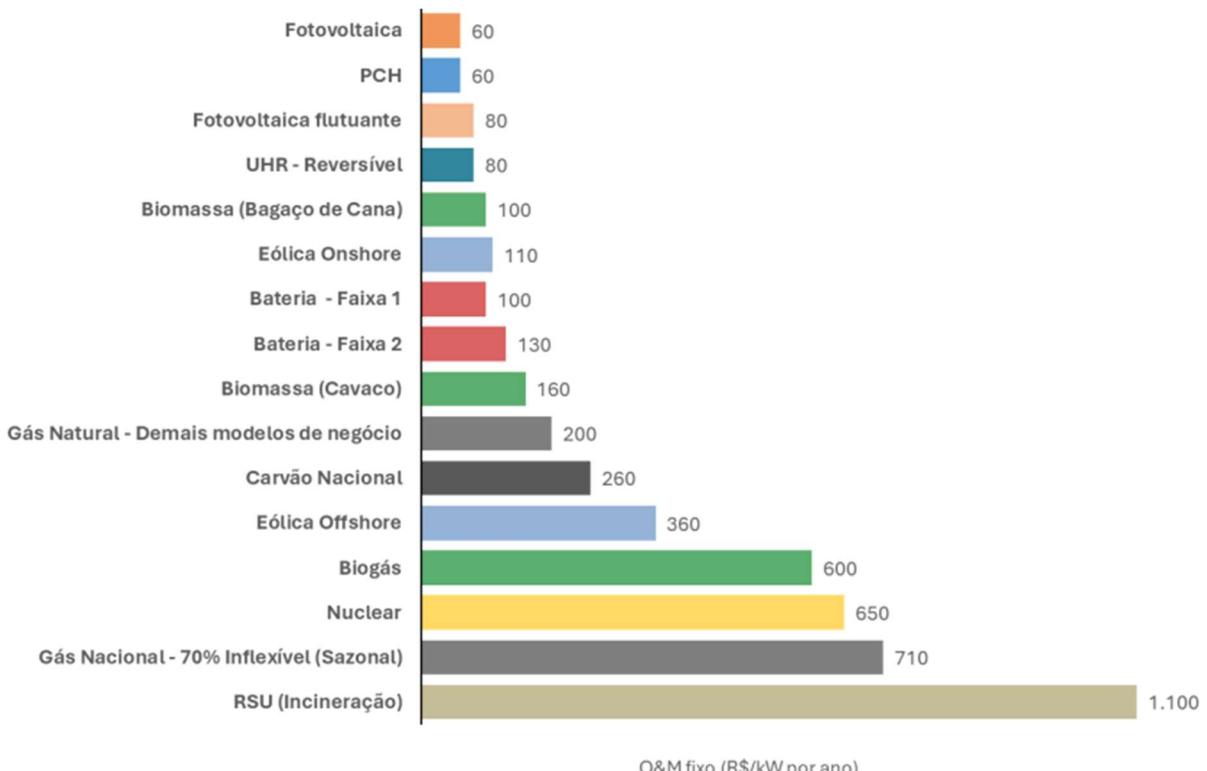


Figura 2. Valores de custos fixos de operação e manutenção (O&M), em R\$/kW por ano, por fonte de geração ou tecnologia de armazenamento. Fonte: Empresa de pesquisa energética - EPE (2024, p. 90).

Adicionalmente, os valores totais de taxas, encargos e impostos, embora não representados diretamente como um termo separado nesta equação simplificada de LCOE (Eq. 4), são custos anuais operacionais relevantes que contribuem para o custo total da energia ao longo da vida útil do projeto. Eles são ilustrados na Figura 3 (Empresa de pesquisa energética - EPE, 2024, p. 91).

A sensibilidade a variáveis como preço da energia, custo de capital, fatores de capacidade e incentivos fiscais também é crucial para uma análise robusta (Assaf Neto, 1992).

Para complementar a compreensão do Custo Nivelado de Energia (LCOE) e a competitividade dos projetos renováveis, a Figura 4, da BloombergNEF, ilustra as tendências globais do LCOE para tecnologias-chave até 2035 (BloombergNEF, 2024).

A Figura 4 revela a trajetória decrescente dos custos nivelados de eletricidade (LCOE) para as principais fontes renováveis e armazenamento, projetando valores em dólares reais de 2024. Traduzindo esses valores para o Real brasileiro, usando uma cotação de R\$ 5,48 por dólar, observamos:

- **Eólica onshore:** O LCOE passa de aproximadamente R\$ 208,24/MWh em 2024 para cerca de R\$ 153,44/MWh em 2035, mostrando uma queda de ~26%.
- **Eólica offshore:** Embora mais cara, projeta uma redução significativa, de cerca de R\$ 476,76/MWh em 2024 para aproximadamente R\$ 367,16/MWh em 2035, uma queda de ~22%.
- **Fotovoltaica de eixo fixo:** Já competitiva, o LCOE é projetado para cair de cerca de R\$ 197,28/MWh em 2024 para aproximadamente R\$ 137,00/MWh em 2035, a mais acentuada entre as renováveis de geração (~31%).
- **Armazenamento em bateria (sistemas de 4 horas):** O destaque é a queda dramática, de cerca de R\$ 569,92/MWh em 2024 para aproximadamente R\$ 290,44/MWh em 2035, uma redução de quase 50%.

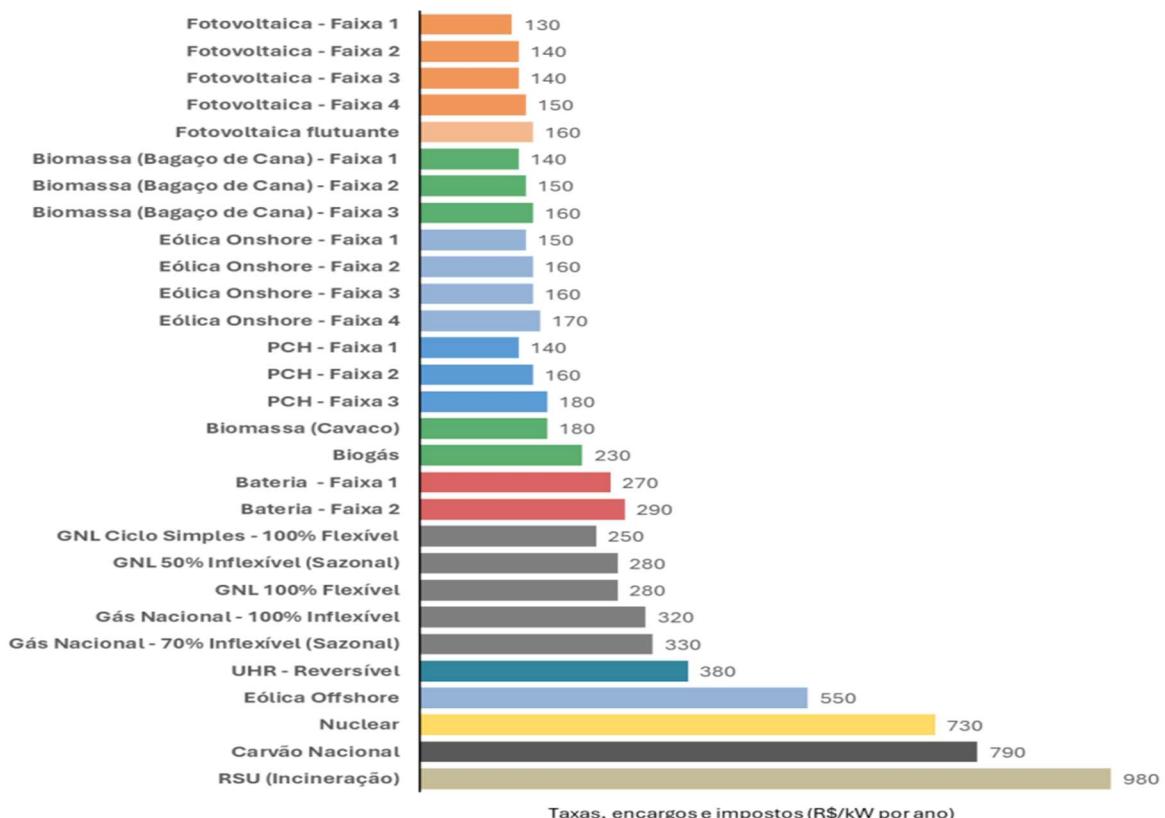


Figura 3. Valores totais de taxas, encargos e impostos, em R\$/kW por ano, por fonte de geração ou tecnologia de armazenamento. Fonte: Empresa de pesquisa energética - EPE (2024, p. 91).

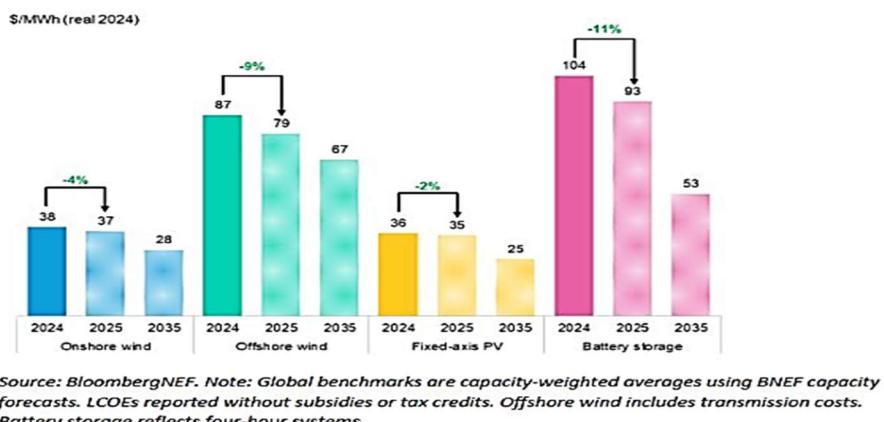


Figura 4. Custo nivelado de eletricidade de referência global, 2024, 2025 e 2035. Fonte: BloombergNEF (2024).

Essa projeção de queda contínua nos LCOEs, especialmente para solar e armazenamento, reforça a tendência de que a energia renovável se tornará ainda mais competitiva e, em muitos casos, mais barata que as fontes fósseis. Um LCOE mais baixo significa projetos com maior atratividade econômica, o que é crucial para impulsionar a transição energética e atrair investimentos, alinhando-se à afirmação de que "Um LCOE baixo aumenta a competitividade do projeto".

4 Políticas públicas e regulação no Brasil (ANEEL e leilões)

O arcabouço regulatório brasileiro, com a ANEEL à frente, tem sido fundamental para o desenvolvimento do setor de energias renováveis.

4.1 Agência nacional de energia elétrica (ANEEL)

A ANEEL é a autarquia federal responsável por regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica no Brasil (ANEEL, s.d.). Suas diretrizes influenciam diretamente a viabilidade econômica dos projetos ao estabelecer:

- **Tarifas e remuneração:** A ANEEL define as metodologias para o cálculo das tarifas de energia, garantindo a sustentabilidade dos investimentos e a modicidade tarifária para o consumidor.
- **Regulamentação da geração distribuída:** Normas como a Resolução Normativa (REN) nº 1.000/2021 (ANEEL, 2021) e suas alterações, que regulam a geração distribuída (como a solar fotovoltaica em telhados), oferecem mecanismos de compensação de energia que incentivam a micro e minigeração. Embora as regras tenham evoluído, ainda representam um incentivo relevante.

A Lei 14.300/2022, também conhecida como Marco Legal da Geração Distribuída ou "taxação do sol", alterou a forma como a energia fotovoltaica excedente injetada na rede é compensada para sistemas conectados após 7 de janeiro de 2023 (ABSOLAR, 2022; Portal Solar, 2024).

Essa lei introduziu uma cobrança gradual sobre o uso da rede de distribuição ("Fio B" da TUSD), que aumentará de 15% em 2023 até 100% em 2029 (Portal Solar, 2024; Neoenergia, 2022). Embora essa taxação resulte em um ligeiro aumento no tempo de payback — geralmente alguns meses ou a extensão de 2-3 para 2-4 anos —, a energia solar continua sendo um investimento economicamente vantajoso. A economia gerada pelo autoconsumo direto não é afetada, e a viabilidade geral do investimento permanece forte (Neoenergia, 2022; Portal Solar, 2024). Vale ressaltar que sistemas protocolados antes da data limite de janeiro de 2023 possuem isenção dessa nova taxação até 2045 (Absolar, 2022).

- **Licenciamento e autorizações:** A ANEEL estabelece os procedimentos para outorga de autorizações e concessões, impactando o time-to-market e os custos regulatórios dos projetos.

4.2 Leilões de energia

Os leilões de energia, organizados pelo governo federal via ANEEL e Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), são o principal mecanismo para a contratação de nova capacidade de geração no Sistema Interligado Nacional (SIN) (CCEE, s.d.; EPE, 2024). Eles garantem contratos de longo prazo (tipicamente 15 a 30 anos) com preços fixos e reajustados, provendo a previsibilidade de receita essencial para a atratividade dos projetos de energia renovável.

- **Competitividade e redução de custos:** São fatores cruciais no planejamento energético brasileiro. A dinâmica dos leilões de energia elétrica tem impulsionado significativamente a inovação tecnológica e a consequente redução dos custos de implantação e do Custo Nivelado de Energia (LCOE) das fontes renováveis, tornando-as progressivamente mais competitivas em relação às fontes convencionais. Essa competitividade é solidamente fundamentada em uma estrutura de custos mais vantajosa, que engloba: A forte concorrência nesses certames tem levado a grandes deságios, com valores médios acima de 40% desde 2017 e chegando a cerca de 60% em leilões. No entanto, embora esses deságios demonstrem alta competitividade, eles podem, em alguns casos, inviabilizar financeiramente os investimentos contratados, ao reduzir a rentabilidade esperada (Vaz, 2023). Essa tendência de deságios e a relação com a competitividade nos leilões podem ser melhor visualizadas na Figura 5.

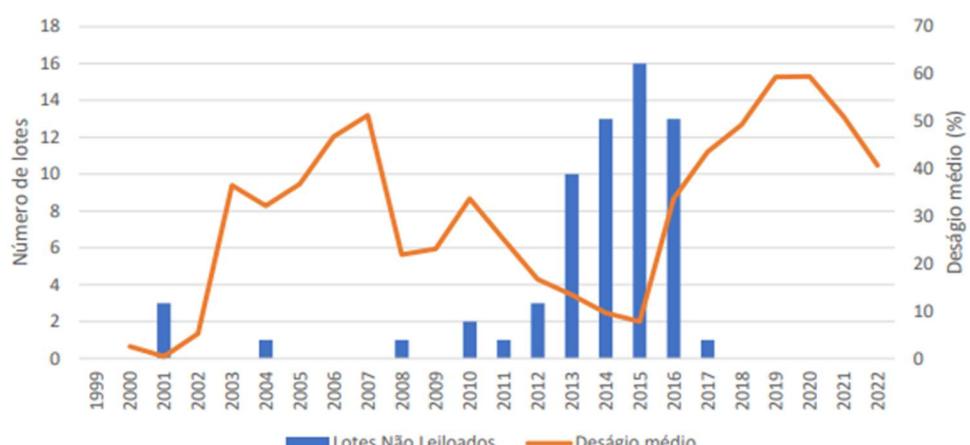


Figura 5. Relação do número de lotes não leiloados e os deságios médios nos leilões de transmissão. Fonte: Vaz (2023, p. 46).

- **Garantia de mercado:** A aquisição de contratos nos leilões minimiza o risco de mercado para os geradores, um fator crucial para atrair financiamento e garantir a viabilidade dos investimentos. A complexidade e os volumosos recursos exigidos pela infraestrutura de transmissão no longo prazo

tornam a mitigação de riscos um aspecto central para os investidores. Nesse sentido, a formação de consórcios entre as empresas participantes dos leilões é uma estratégia comum. Conforme aponta Vaz (2023, p. 76), "Os participantes se associaram a fim de mitigar os riscos de construção, especialmente nas das linhas mais extensas, bem como para não comprometer muitas garantias nas contrapartidas exigidas pelos bancos para o financiamento dessas obras". Isso demonstra como os leilões, ao promoverem mecanismos de mitigação de riscos e garantias de longo prazo, são essenciais para assegurar a atratividade e a realização dos investimentos necessários.

Em uma análise específica dos leilões de transmissão de 2022 e 2023, verificou-se que a infraestrutura contratada ficou aquém e atrasada em relação às necessidades de escoamento de energia renovável indicadas pela EPE, especialmente no que tange aos "corredores de transmissão" essenciais para as regiões Norte e Nordeste (Vaz, 2023). Apenas o leilão 01/2023 apresentou características técnicas adequadas para esse escoamento, mas os prazos estabelecidos em seu contrato estavam em desacordo com a urgência identificada pela empresa de pesquisa energética (EPE) para o período de 2026.

Dessa forma, o arcabouço regulatório nacional e os leilões criam o alicerce de segurança para os investimentos. É sobre essa base que os potenciais específicos de cada região, como o Piauí, podem ser efetivamente explorados e transformados em empreendimentos competitivos, como será discutido a seguir.

5 Análise regional: o Piauí como fronteira de oportunidades e a visão Brasil

O Piauí se destaca no cenário nacional como um estado com um dos maiores potenciais para energias renováveis, particularmente solar e eólica.

5.1 Potencial solar e eólico

O Piauí ostenta consistentemente um dos maiores índices de irradiação solar do Brasil, um pilar fundamental para a viabilidade de projetos fotovoltaicos de grande escala. Conforme o Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE/LABREN, 2017), os dados do estado do Piauí são particularmente robustos.

A Tabela 1 do Atlas (INPE/LABREN, 2017, p.52) revela que o Piauí apresenta valores de Irradiação Global Horizontal (IGH) média diária que variam de 5,09 kWh/m².dia a impressionantes 6,04 kWh/m².dia, com uma média anual de 5,56 kWh/m².dia.

Esses números posicionam o Piauí como um dos territórios mais privilegiados para a geração solar fotovoltaica, assegurando uma alta produtividade para as usinas e otimizando o retorno sobre o investimento. A abrangência e a excelência desse recurso em todo o território piauiense são vividamente ilustradas no mapa de irradiação solar global horizontal média anual Figura 6.

Tabela 1. Métricas de validação das médias mensais dos totais diários de irradiação global horizontal para cada região brasileira. Fonte: Adaptado de INPE/LABREN (2017).

Região	r	Viés (wh/m ²)	Viés (%)	REQM (wh/m ²)	REQM (%)	Irradiação global horizontal média observada (wh/m ²)
Norte	0,81	30	0,6%	467	9,7%	4825
Nordeste	0,87	12	0,2%	456	8,3%	5483
Centro-Oeste	0,86	23	0,5%	421	8,3%	5082
Sudeste	0,91	4	0,1%	416	8,4%	4951
Sul	0,98	-4	-0,1%	395	8,9%	4444
Médio	0,89	12	0,2%	421	8,2%	5153

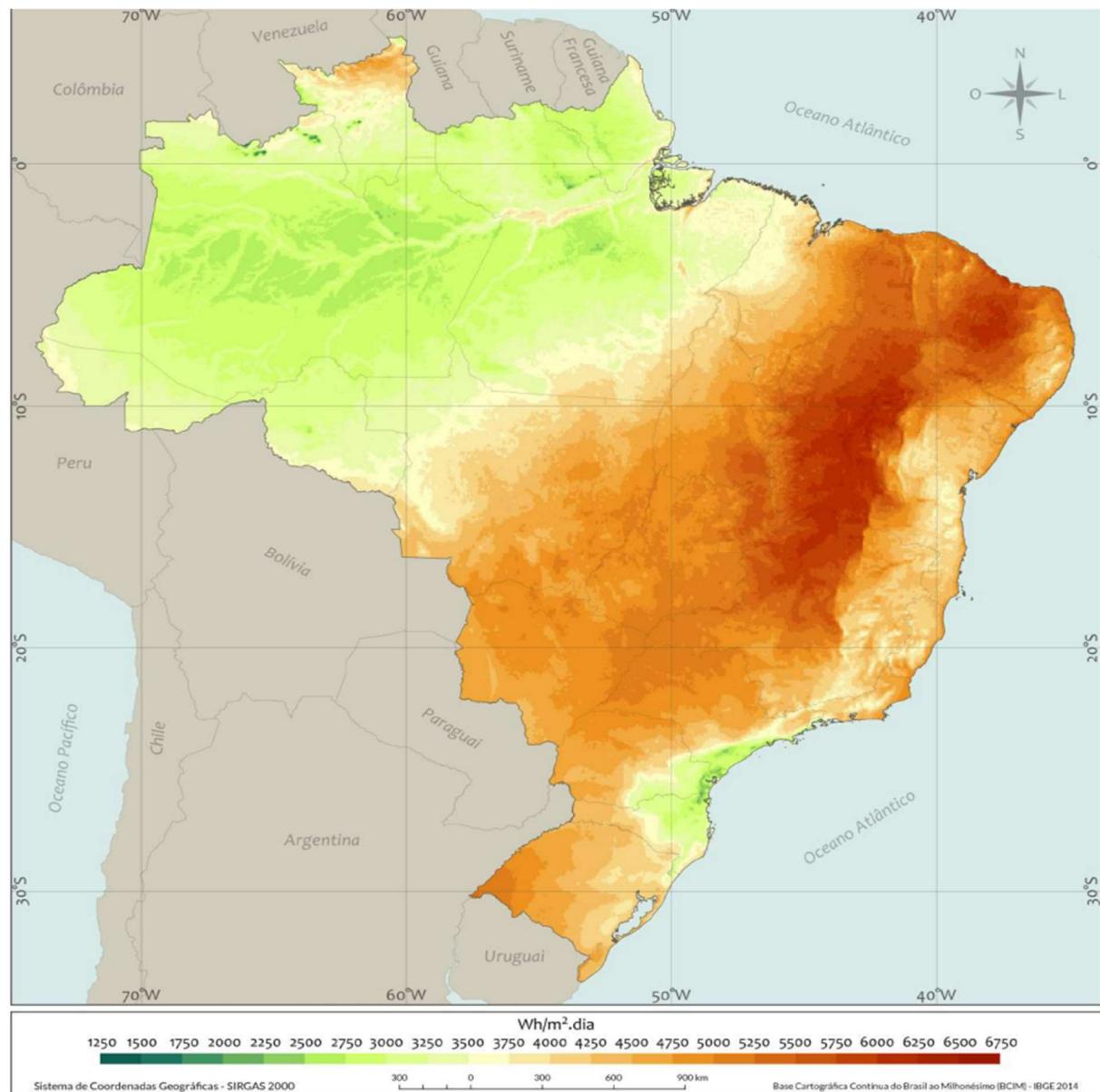


Figura 6. Mapa de irradiação solar direta normal média anual no Brasil. Fonte: Adaptado de INPE/LABREN (2017).

Regime de ventos: As condições dos ventos no Piauí são boas, conferindo ao estado um diferencial competitivo inquestionável para a geração eólica, com altos fatores de capacidade. O mapa de potencial eólico do Brasil Figura 7, proveniente do seminal Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica/CEPEL, 2001), ilustra as regiões com os recursos de vento mais atrativos para investidores. Analisando o Piauí neste mapa, a faixa litorânea se destaca dramaticamente com velocidades médias anuais de vento acima de 8,5 m/s na altura de 50 metros (indicadas pela tonalidade vermelho-escuro), evidenciando um recurso eólico de classe mundial e de alta consistência, ideal para projetos de grande escala. O próprio Atlas aponta que áreas costeiras similares no Nordeste apresentam velocidades médias anuais da ordem de 9 m/s a 50 metros de altura (Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica/CEPEL, 2001, p.10)).

Considerando a elevação das torres de aerogeradores modernos, que operam a 100m e até 150m, o potencial de captação de ventos ainda mais fortes e consistentes nessas altitudes superiores amplifica significativamente a atratividade do Piauí para investimentos de alto rendimento. Isso se deve ao fato de que a potência eólica é proporcional ao cubo da velocidade do vento ($P \propto V^3$). Consequentemente, um pequeno aumento na velocidade resulta em um ganho exponencial na geração de energia. Por exemplo, uma transição de 8,5 m/s para aproximadamente 9,23 m/s (passando de 50m para 100m) representa um incremento de cerca de 23% na potência disponível, impulsionando a viabilidade econômica dos projetos.

Embora o mapa também mostre ventos de velocidades menos relevantes (entre 6 e 7 m/s) em partes mais ao sul e no centro do estado, o foco estratégico para investidores recai sobre as áreas costeiras e trechos específicos do semiárido piauiense, onde as velocidades médias anuais de vento em terra (onshore)

consistentemente superam 8 m/s a 50 metros de altura (Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica/CEPEL, 2001)). Essa robustez do recurso eólico permite que os parques atinjam altos fatores de capacidade

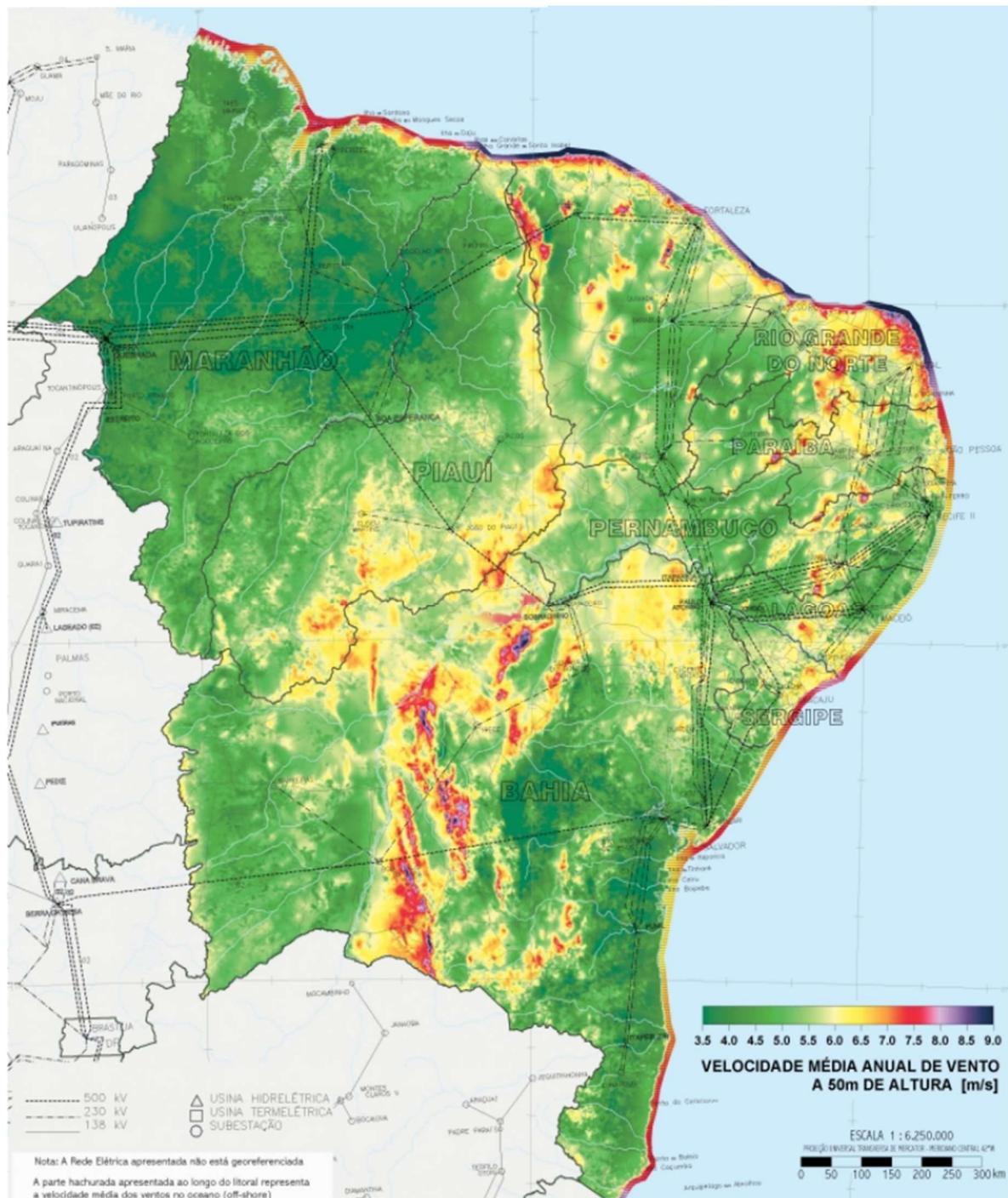


Figura 7. Mapa de Potencial Eólico do Nordeste, velocidade média anual do vento a 50m de altura. Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica/CEPEL, 2001, p. 38).

É importante notar que o atlas de 2001 apresenta tanto as velocidades médias anuais, que indicam a perenidade do recurso, quanto informações sobre o potencial eólico sazonal, confirmando uma análise completa do regime de ventos. Tais condições consolidam o Piauí como um dos estados com bom potencial para a expansão da energia eólica no país, tornando-o atrativo a investidores em busca de projetos com boa produtividade e rentabilidade.

Apesar do notável potencial solar e eólico do Piauí, a natureza intermitente e a variabilidade intrínseca dessas fontes representam um risco significativo aos investimentos. Para além das flutuações sazonais previsíveis, fatores climáticos adversos e eventos meteorológicos inesperados, como períodos prolongados de nebulosidade e chuvas intensas para a energia solar, ou ventos excessivamente fortes que podem levar à

frenagem e paralisação dos aerogeradores para a eólica, introduzem incertezas na geração (Nova Energia, 2023; Monolito Nimbus, 2022). Tais condições podem resultar em perdas de geração não facilmente quantificáveis no planejamento inicial, fazendo com que a produção efetiva de energia se situe abaixo das estimativas otimistas (por exemplo, P50), impactando diretamente a receita e a viabilidade econômica do projeto ao longo do ano (Marsh, 2020). Essa imprevisibilidade exige análises de risco mais robustas e a consideração de estratégias de mitigação, como sistemas de armazenamento ou modelos avançados de previsão.

5.2 Incentivos estaduais e desenvolvimento

Além dos incentivos federais, o Piauí tem buscado atrair investimentos por meio de:

- **Políticas de incentivo:** O governo estadual tem implementado políticas de incentivo fiscal e desburocratização para projetos de energia renovável, criando um ambiente favorável ao investimento. Exemplos notáveis incluem a Lei n.º 7.001 de 2017, que concedeu diferimento e crédito presumido de ICMS para geradores de energia eólica e solar, e criou o fundo de desenvolvimento industrial do estado do Piauí (FUNDIPI) (Piauí, 2017). Mais recentemente, em fevereiro de 2025, o governo do Piauí sancionou uma lei que incentiva a exploração de energia eólica marítima, instituindo a política estadual de incentivo à economia do mar e estabelecendo diretrizes para energias renováveis oceânicas e offshore (Cidadeverde.com, 2025a). Em 2024, a política de incentivos fiscais concedeu benefícios a 22 indústrias e agroindústrias, resultando em quase R\$ 3,4 bilhões em investimentos no estado, incluindo aportes significativos em parques de energia solar (PI Negócios, 2025). A criação da superintendência de mineração e energias renováveis também demonstra um esforço institucional para otimizar a gestão do setor (Piauí, 2024).
- **Infraestrutura:** Investimentos em infraestrutura de transmissão de energia têm sido cruciais para escoar a energia gerada, conectando os novos parques ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Em maio de 2025, o governador anunciou um investimento de R\$ 150 milhões para reforçar o fornecimento de energia elétrica no sul do Piauí, com conclusão prevista para 2027, visando viabilizar novos empreendimentos (Piauí, 2025a). Um marco importante é o investimento chinês no Piauí, que superou R\$ 3 bilhões em energias renováveis, articulado pela Investe Piauí, destacando o papel da infraestrutura de transmissão para o escoamento dessa nova geração (Piauí, 2025b). O próprio governo estadual reconhece o setor de energia, especialmente a transmissão, como um desafio a ser superado para a industrialização do nordeste (Agência de Notícias da Indústria, 2025).

Esses fatores contribuem para um LCOE mais competitivo no estado, aumentando a atratividade do VPL e da TIR para os investidores.

A consolidação do Piauí como um polo de energias renováveis, no entanto, não é um fenômeno isolado. A competitividade de seus projetos está intrinsecamente ligada à dinâmica do mercado global, especialmente aos avanços tecnológicos e à escala de produção impulsionados por atores como a China, cujo impacto reverbera em todo o mundo.

6 Contexto global: O duplo papel da China e da ONU

O desenvolvimento da energia renovável em escala global tem sido fortemente influenciado por economias emergentes e desenvolvidas, com a China assumindo um papel de liderança inquestionável.

6.1 Liderança global da China

A China emergiu como o maior investidor, produtor e implantador de energia renovável do mundo (RFF, 2025; Ember, 2025). Em 2023, sua nova capacidade renovável atingiu 297,6 GW, representando 63% da expansão global (OIT e IRENA, 2023). Esse domínio é resultado de décadas de apoio político sustentado e investimento massivo (Ember, 2025).

A liderança chinesa se estende significativamente ao emprego em energias renováveis, conforme ilustrado na Figura 8. O foco principal das estimativas de emprego recai sobre países que lideram a fabricação e instalação de equipamentos, como China, Brasil, Índia, Estados Unidos e os membros da União Europeia. A maior parte dos empregos em energias renováveis está concentrada em países asiáticos, que responderam por 62% do total de postos de trabalho em 2022 (OIT e IRENA, 2023). Embora a geopolítica e as políticas comerciais restritivas influenciem crescentemente as decisões de produção e implantação de

equipamentos de energia renovável, o cenário de empregos também é afetado por decisões corporativas sobre os centros de produção e a terceirização.

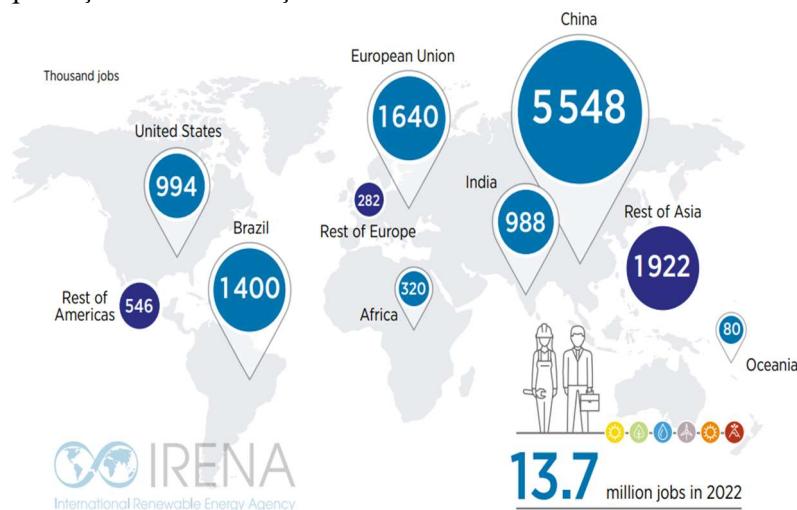
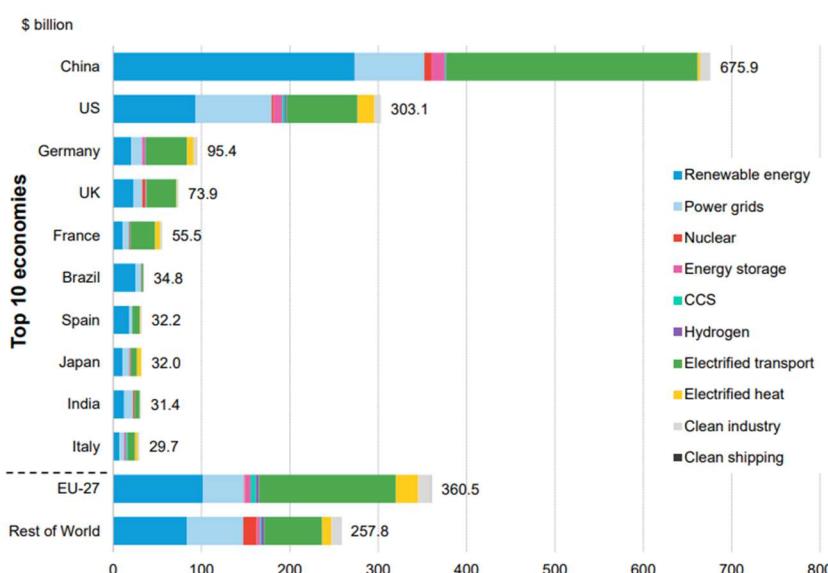


Figura 8. Distribuição de empregos em energia renovável por país/economia, 2022. Fonte: IRENA e OIT (2023, p. 58).

A China também se destaca em sua produção e exportação, possui uma cadeia de suprimentos completa para as indústrias de energia eólica e solar, sendo um exportador chave de produtos de energia limpa, o que contribui para a redução global dos custos de equipamentos (Ember, 2025; Sun e Li, 2025). Essa liderança na manufatura é evidente nos investimentos em cadeias de suprimentos de energia limpa, como pode ser visto na Figura 9.

Investimento: Em 2023, o país foi o maior investidor em transição energética, com US\$ 676 bilhões (Sun e Li, 2025). O papel da China e do Brasil, em particular no setor de bioenergia, é notável e demonstra o vasto potencial e a importância estratégica dessas nações na diversificação e expansão das fontes renováveis.



Source: BloombergNEF. Note: EU-27 bar also includes the EU member states shown. Rest of World is global investment excluding the EU and individual economies in the chart. CCS refers to carbon capture and storage.

Figura 9. Investimento global em fabricação de energia limpa por país, 2023. Fonte: BloombergNEF (2024, p. 8).

6.2 Impacto nas políticas e custos

As políticas da China têm evoluído, com uma transição de tarifas de feed-in para um modelo de precificação mais baseado no mercado, especialmente para projetos eólicos e solares (SUN e LI, 2025; WANG e CHEN,

2022). Essa mudança visa aumentar a competitividade e a eficiência, mas também introduz incerteza para investidores (WANG e CHEN, 2022).

- **Redução do LCOE:** A escala de produção chinesa e a forte concorrência têm sido fundamentais para a queda do Custo Nivelado de Energia (LCOE) das tecnologias renováveis globalmente, tornando-as mais competitivas em relação às fontes fósseis (BloombergNEF, 2024).
- **Lições para outros mercados:** A experiência chinesa em estabilidade política, construção de confiança com comunidades locais e engajamento de múltiplos stakeholders oferece lições valiosas para outros países que buscam acelerar sua expansão de energias renováveis (OIT e IRENA, 2023).

6.3 O Papel da organização das nações unidas (ONU)

A ONU tem sido uma voz proeminente na promoção da energia renovável como um pilar fundamental para o desenvolvimento sustentável e o combate às mudanças climáticas.

- **Agenda 2030 e ODS 7:** A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, através do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 – Energia Limpa e Acessível, estabelece metas cruciais para garantir o acesso universal a serviços de energia modernos, confiáveis e a preços acessíveis, bem como aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global. Dentre as metas específicas, destacam-se a garantia do acesso universal à energia, o aumento significativo da participação de renováveis, a duplicação da taxa de melhoria da eficiência energética até 2030, o reforço da cooperação internacional para tecnologias limpas e a expansão da infraestrutura em países em desenvolvimento. Embora as Nações Unidas estejam implementando atividades para atingir esses objetivos, a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) alerta que, apesar do crescimento recorde da capacidade renovável em 2024 (15,1%), o ritmo atual é insuficiente para alcançar a meta global de triplicar a capacidade instalada até 2030, exigindo uma expansão de 16,6% ao ano, o que sublinha a urgência de esforços coordenados para acelerar a transição energética global.



Figura 10. Logo e metas do objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) 7 - energia limpa e acessível. Fonte: ONU Brasil (s.d.)

- **Conferências climáticas (COPs):** As Conferências Climáticas (COPs), como as da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), são fundamentais nas negociações globais, centralizando a transição para energias renováveis e a redução das emissões, conforme enfatizado pelo Acordo de Paris. Neste contexto, o balanço global (Global Stocktake) representa um processo crucial para a avaliação do progresso coletivo em relação às metas do Acordo de Paris, cujo primeiro ciclo foi concluído na COP28 em dezembro de 2023. Este balanço vital demonstrou que o objetivo de limitar o aquecimento global a 1,5 graus Celsius não está no caminho certo, com a janela para mudanças significativas se fechando rapidamente. Assim, o Global Stocktake delineia ações ousadas e urgentes para governos e stakeholders nesta década crítica, fornecendo parâmetros e orientações para a próxima rodada de planos de ação climática (NDCs) a serem apresentados até 2025, visando fortalecer políticas e acelerar a ação climática global.

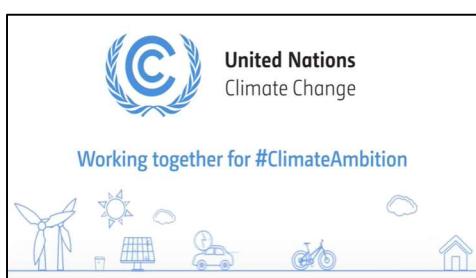


Figura 11. Climate change conference (COP28) in december 2023. Fonte: UNFCCC (s.d.).

- Relatórios e iniciativas:** Organismos da ONU, como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), publicam relatórios e lançam iniciativas que fornecem dados, análises e frameworks para incentivar investimentos em energias renováveis, avaliar sua viabilidade econômica e promover políticas favoráveis (PNUMA e *Frankfurt School*, s.d.; PNUD, s.d.). Esses documentos frequentemente destacam o potencial de geração de empregos e o desenvolvimento socioeconômico associado à transição energética (OIT e IRENA, 2023). Um exemplo do impacto socioeconômico da transição energética global é a geração de empregos, como demonstrado na Figura 8. O próprio Secretário-Geral da ONU, António Guterres, tem enfatizado que, embora o crescimento recorde esteja criando empregos e benefícios, a transição precisa ser "mais rápida e justa" para incluir todos os países na revolução energética (Badra, 2024).

	World	China	Brazil	United States	India	European Union (EU27) ^h
 Solar PV	4 902	2 760	241	264 ^f	282 ⁱ	517
 Liquid biofuels	2 490	55	856 ^g	360 ^g	35	148
 Hydropower ^a	2 485	876	194	66 ^h	466	83
 Wind power	1 400	681	68	126	40	319
 Solid biomass ^{b,c}	779	195		47 ⁱ	58	354
 Solar heating and cooling	712	557	41	n.a.	19	38
 Biogas	309	160		n.a.	85	47
 Geothermal energy ^b	152	87		8.6 ⁱ		7
 Concentrated solar power	80	59.4		n.a.		5
Total	13 720^d	5 548	1 400	994^k	988	1 534^g

Figura 12. Empregos diretos e indiretos estimados em energia renovável mundialmente, por setor, 2021-2022 (em milhares).
Fonte: Adaptado de IRENA (2023)

7 Desafios atuais na expansão das energias renováveis

Apesar do cenário promissor para as energias renováveis no Brasil, Piauí e globalmente, diversos desafios persistem e demandam atenção para a plena materialização do potencial existente. A volatilidade dos preços de equipamentos (muitas vezes influenciada pela cadeia de suprimentos chinesa) e a flutuação cambial são pontos de atenção inerentes ao mercado (Assaf Neto, 1992; SANTANA et al., 2024).

Adicionalmente, um dos principais entraves no contexto brasileiro reside na lentidão dos processos regulatórios e burocráticos para a aprovação de projetos. A morosidade no licenciamento ambiental e nas autorizações pode levar anos, desestimulando investimentos nacionais e externos, e impactando diretamente o cronograma e a atratividade financeira dos empreendimentos (LIMA et al., 2024; SANTANA et al., 2024).

Outro gargalo crítico é a infraestrutura de transmissão de energia. A expansão da capacidade de geração renovável, especialmente em regiões com grande potencial como o Nordeste e o Piauí, tem superado a expansão das linhas de transmissão. Isso cria pontos de restrição de escoamento, onde a energia gerada não pode ser integralmente injetada na rede ou transportada para os centros de consumo. A falta de agilidade e de coordenação na expansão dessa infraestrutura em tempo hábil impacta diretamente a viabilidade dos projetos, desvalorizando o investimento e reduzindo o interesse de investidores estrangeiros (SANTANA et al., 2024; VIANA et al., 2023).

8 Conclusões e perspectivas futuras

O panorama da viabilidade econômica de projetos de energia renovável no Brasil e, em particular, no Piauí, revela-se como um cenário de notável potencial, moldado por uma robusta sinergia entre forças internas e uma conjuntura global propícia. O arcabouço regulatório nacional, com a previsibilidade oferecida pela ANEEL e pelos leilões de energia, constitui uma força fundamental, ao passo que o Piauí se destaca como um polo estratégico devido ao seu excepcional potencial natural em energias solar e eólica e às políticas

estaduais que fomentam um LCOE competitivo. Em nível global, a liderança da China em inovação e produção, juntamente com as diretrizes da ONU para o desenvolvimento sustentável, criam um ambiente de oportunidade sem precedentes, acelerando a transição energética e tornando as tecnologias mais acessíveis. Os indicadores financeiros, como VPL, TIR, Payback e LCOE, confirmam a atratividade subjacente desses investimentos.

Contudo, a plena materialização desse vasto potencial é condicionada por fraquezas e desafios estruturais que exigem atenção. A morosidade dos processos regulatórios e burocráticos no Brasil, assim como a defasagem na infraestrutura de transmissão de energia, representam gargalos significativos que limitam o escoamento da energia gerada e desvalorizam investimentos. Adicionalmente, inerente às características das fontes solar e eólica, a intermitência e a variabilidade climática introduzem um risco intrínseco à previsibilidade da geração e, consequentemente, à receita dos projetos, exigindo estratégias mais robustas de mitigação. A volatilidade de preços de equipamentos e as flutuações cambiais somam-se a essas complexidades, introduzindo riscos de mercado.

Para que o Brasil e o Piauí consolidem sua liderança na transição energética global, a estratégia reside na superação decisiva desses desafios, transformando fraquezas em novas oportunidades. A contínua evolução tecnológica, com destaque para a projeção de redução de custos de armazenamento em baterias (a partir de 2031, conforme EPE), e a escala de produção global, continuarão a fortalecer a viabilidade econômica. A capacidade de aprimorar a governança, agilizar a expansão da rede de transmissão e desenvolver soluções para a gestão da intermitência, como o armazenamento e modelos avançados de previsão, serão cruciais. Somente assim a janela de oportunidade delineada pela dinâmica global e pelos compromissos internacionais se traduzirá em um crescimento sustentável e efetivo do setor, garantindo que as forças internas e as oportunidades externas superem as fraquezas identificadas. A continuidade e o aprimoramento das políticas nacionais e estaduais, portanto, serão fundamentais para assegurar essa trajetória de sucesso e mitigar as ameaças de inviabilidade que persistem.

Referências bibliográficas

- Absolar (2022) *Lei 14.300/22 – marco legal da geração distribuída*. [online] Disponível em: www.absolar.org.br/legislacao/lei-14-300/ (acessado em 29 de junho de 2025).
- Agência de Notícias da Indústria (2025) ‘Governador do Piauí diz que setor de energia é desafio para a industrialização do Nordeste’. [online] Disponível em: <http://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/brasil-industria/governador-do-piaui-diz-que-setor-de-energia-e-desafio-para-a-industrializacao-do-nordeste/> (acessado em 25 de junho de 2025).
- Agência Internacional de Energia (IEA) (2023) *Renewables 2023 – analysis and forecast to 2028: executive summary*. [online] Disponível em: www.iea.org/reports/renewables-2023/executive-summary (acessado em 16 de junho de 2025).
- Agência Internacional de Energia (IEA) (2024) *Renewables 2024 – analysis and forecast to 2030*. [online] Disponível em: www.iea.org/reports/renewables-2024 (acessado em 16 de junho de 2025).
- Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) (2024) *Renewable power generation costs in 2023*. [online] Disponível em: <http://large.stanford.edu/courses/2024/ph240/lutz1/docs/irena-2024.pdf> (acessado em 16 de junho de 2025).
- Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) (2025) *Renewable capacity statistics 2025*. [online] Disponível em: www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Mar/IRENA_DAT_RE_Capacity_Statistics_2025.pdf (acessado em 16 de junho de 2025).
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2021) *Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021*. [online] Disponível em: www.dme-pc.com.br/images/arquivos/Normas/Resolucao_Normativa_ANEEL_1000_DE_7_DE_DEZEMBRO_DE_2021.pdf (acessado em 16 de junho de 2025).
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (s.d.) *Institucional*. [online] Disponível em: www.aneel.gov.br/institucional (acessado em 16 de junho de 2025).
- Assaf Neto, A. (1992) ‘Os métodos quantitativos de análise de investimentos’, *Caderno de Estudos*, 6, pp. 01–16. <https://doi.org/10.1590/S1413-92511992000300001>.

Badra, M (2024) ‘Guterres: transição energética precisa ser mais rápida e justa’, *Canal Solar*, 20 de junho. [online] Disponível em: <https://canalsolar.com.br/guterres-transicao-energetica-precisa-ser-mais-rapida-e-justa/> (acessado em 23 de junho de 2025).

BloombergNEF (2024) ‘Global cost of renewables to continue falling in 2025 as China extends manufacturing lead’. [online] Disponível em: <https://about.bnef.com/insights/clean-energy/global-cost-of-renewables-to-continue-falling-in-2025-as-china-extends-manufacturing-lead-bloombergnef/> (acessado em 29 de junho de 2025).

BloombergNEF (2024) *New energy outlook 2024*. [online] Disponível em: <https://about.bnef.com/insights/clean-energy/new-energy-outlook/> (acessado em 16 de junho de 2025).

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) (s.d.) ‘Leilões de energia’. [online] Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/pt/leiloes/leiloes-de-energia> (acessado em 16 de junho de 2025).

Cidadeverde.com (2025a) ‘Governo sanciona lei que incentiva exploração de energia eólica no mar do Piauí’. [online] Disponível em: <https://cidadeverde.com/noticias/429287/governo-sanciona-lei-que-incentiva-exploracao-de-energia-eolica-no-mar-do-piaui> (acessado em 25 de junho de 2025).

Cresesb (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito) (2001) *Atlas do potencial eólico brasileiro*. Rio de Janeiro: Cepel. [online] Disponível em: https://cresesb.cepel.br/index.php?link=/atlas_eolico_brasil/atlas.htm (acessado em 25 de junho de 2025).

Ember (2025) ‘China | energy trends’. [online] Disponível em: <https://ember-energy.org/countries-and-regions/china/> (acessado em 16 de junho de 2025).

Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2024) *Plano decenal de expansão de energia 2034*. Brasília: EPE. [online] Disponível em: www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-804/topico-758/PDE2034_Aprovado.pdf (acessado em 25 de junho de 2025).

Governo do Estado do Piauí, Secretaria de Mineração, Petróleo e Energias Renováveis (SEMPER) (2023) *Atlas eólico e solar do Piauí*. Teresina: SEMPER.

Inpe/Labren (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia) (2017) *Atlas brasileiro de energia solar*. 2 ed. São José dos Campos: INPE. [online] Disponível em: https://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html (acessado em 25 de junho de 2025).

Leite, JTM, Mendes, CGDD e Almeida, PPF (2023) ‘Desafios e perspectivas para a expansão da geração de energia eólica e solar no Brasil’, *Revista Brasileira de Energia Solar*, v. 14, n. 1, pp. 25–39. [online] Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/cbe/article/view/94065/52778> (acessado em 16 de junho de 2025).

Lima, RB, Costa, SCA e Silva, FSB (2024) ‘A burocracia no licenciamento ambiental de projetos de energias renováveis no Brasil: entraves e propostas’, *Revista de Direito Ambiental*, v. 115, pp. 187–205.

Marsh (2020) *Análise de riscos de projetos de geração eólica pelo investidor*. [online] Disponível em: <https://www.marsh.com/br/industries/energy-and-power/insights/risk-analysis-of-wind-generation.html> (acessado em 29 de junho de 2025).

Monolito Nimbus (2022) ‘Índice de variabilidade do recurso solar’. [online] Disponível em: www.monolitonimbus.com.br/indice-de-variabilidade-do-recurso-solar/ (acessado em 29 de junho de 2025).

Neoenergia (2022) ‘Entenda o impacto da Lei 14.300/22 na geração solar distribuída’. [online] Disponível em: www.neoenergia.com/pt-br/sustentabilidade/geracao-distribuida/Paginas/lei-14300.aspx (acessado em 29 de junho de 2025).

Nova Energia (2023) ‘Enfrentando a intermitência: estratégias para estabilidade na geração de energia eólica e solar’. [online] Disponível em: <https://www.novaenergia.com.br/blog/enfrentando-a-intermitencia/> (acessado em 29 de junho de 2025).

Organização das Nações Unidas (ONU) (2015) *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. [online] Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf> (acessado em 16 de junho de 2025).

Organização das Nações Unidas (ONU) (s.d.) ‘Objetivos de desenvolvimento sustentável: objetivo 7 - energia limpa e acessível’. [online] Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7> (acessado em 16 de junho de 2025).

Organização Internacional do Trabalho (OIT) e Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) (2023) *Renewable energy and jobs – annual review 2023*. [online] Disponível em: www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/publication/wcms_895772.pdf (acessado em 16 de junho de 2025).

PI Negócios (2025) ‘Indústrias com incentivos fiscais em 2024 vão investir quase R\$ 3,4 bilhões no Piauí; saiba quais’. [online] Disponível em: <https://pinegocios.com.br/noticia/2682-industrias-com-incentivos-fiscais-em-2024-vao-investir-quase-r-34-bilhoes-no-piaui--saiba-quais> (acessado em 25 de junho de 2025).

Piauí (2017) *Lei nº 7001 de 13/07/2017 - estadual - Piauí*. [online] Disponível em: www.legisweb.com.br/legislacao/?legislacao=346304 (acessado em 25 de junho de 2025).

Piauí (2024) ‘Governo do Piauí consolida políticas públicas em sustentabilidade e inovação com criação da superintendência de mineração e energias renováveis’. [online] Disponível em: www.pi.gov.br/governo-do-piaui-consolida-politicas-publicas-em-sustentabilidade-e-inovacao-com-criacao-da-superintendencia-de-mineracao-e-energias-renovaveis/ (acessado em 25 de junho de 2025).

Piauí (2025a) ‘Governador anuncia investimento de R\$ 150 milhões para reforçar fornecimento de energia elétrica no sul do Piauí’. [online] Disponível em: www.pi.gov.br/governador-anuncia-investimento-de-r150-milhoes-para-reforcar-fornecimento-de-energia-eletrica-no-sul-do-piaui/ (acessado em 25 de junho de 2025).

Piauí (2025b) ‘Investimento chinês no Piauí supera R\$ 3 bilhões em energias renováveis com articulação estratégica da Investe Piauí’. [online] Disponível em: www.pi.gov.br/investimento-chines-no-piaui-supera-r-3-bilhoes-em-energias-renovaveis-com-articulacao-estrategica-da-investe-piaui/ (acessado em 25 de junho de 2025).

Portal Solar (2024) ‘Lei 14.300: a taxação do sol na energia solar em 2024’. [online] Disponível em: www.portalsolar.com.br/blog/lei-14300-taxacao-do-sol-energia-solar-2024/ (acessado em 29 de junho de 2025).

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) (s.d.) ‘Relatórios e publicações sobre energia sustentável’. [online] Disponível em: www.undp.org/publications?f%5B0%5D=field_thema%3A50 (acessado em 16 de junho de 2025).

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e Frankfurt School (s.d.) *Global trends in renewable energy investment report*. [online] Disponível em: www.frankfurt-school.de/home/international-advisory-services/region/worldwide/renewable-energy-investment-report (acessado em 16 de junho de 2025).

Resources for the Future (RFF) (2025) *Global energy outlook 2025: headwinds and tailwinds in the energy transition*. [online] Disponível em: www.rff.org/publications/reports/global-energy-outlook-2025/ (acessado em 16 de junho de 2025).

Santana, CLP, Guimarães, LBML e Silva, ECCM (2024) ‘Infraestrutura de transmissão e o desenvolvimento de parques eólicos no Brasil: desafios e oportunidades’, *Energia na Agricultura*, v. 38, n. 1, pp. 1–15.

Sun, PKJP e Li, H (2025) ‘Evolution of renewable energy laws and policies in China’, *ResearchGate*. [online] Disponível em: www.researchgate.net/publication/379936977_Evolution_of_Renewable_Energy_Laws_and_Policies_in_China (acessado em 16 de junho de 2025).

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (s.d.) ‘Why the global stocktake is important for climate action this decade’. [online] Disponível em: <https://unfccc.int/topics/global-stocktake/why-the-global-stocktake-is-important-for-climate-action-this-decade> (acessado em 26 de junho de 2025).

Vaz, PMS (2023) *Análise dos leilões de transmissão de 2022 e 2023 no Brasil frente ao crescimento da demanda e da geração eólica e solar*. Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Viana, AB, Souza, MRE e Ferreira, DPB (2023) ‘Análise dos gargalos de transmissão para a integração de fontes renováveis no Nordeste brasileiro’, In: *Anais do Congresso Brasileiro de Planejamento Energético*. Rio de Janeiro, pp. 123–135.

Wang, SFTX e Chen, Q (2022) ‘Challenges of developing a power system with a high renewable energy proportion under China's carbon targets’, *ResearchGate*. [online] Disponível em: www.researchgate.net/publication/360123091_Challenges_of_developing_a_power_system_with_a_high_renewable_energy_proportion_under_China%27s_carbon_targets (acessado em 16 de junho de 2025).