

VENTO E SUSTENTABILIDADE: A CONTRIBUIÇÃO DA ENERGIA EÓLICA PARA OS ODS 7 E 13 NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Markus Dannylo Carneiro Costa - Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Clóvis Bosco Mendonça Oliveira

Darliane Ribeiro Cunha

Resumo

O setor elétrico brasileiro, historicamente ancorado na hidroeletricidade, está em uma fase decisiva de transição. Diante de um cenário global que demanda práticas mais sustentáveis, o Brasil se vê compelido a diversificar suas fontes de energia, com um foco notável na energia eólica e solar. Esta pesquisa, baseada na análise de dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), ANEEL e no site da ONU referente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), busca entender essa evolução. O principal problema investigado é como o Brasil está se adaptando às demandas de sustentabilidade global enquanto enfrenta desafios técnicos e infraestruturais. Os resultados evidenciam que os Planos Decenais de Energia (PDE) da EPE têm sido cruciais para essa transformação, demonstrando um compromisso firme com os padrões internacionais de sustentabilidade, em especial os ODS 7 e 13. No entanto, a rápida incorporação da energia eólica e solar, apesar dos incentivos fiscais e do potencial geográfico do país, trouxe desafios relacionados à intermitência dessas fontes. Conclui-se que o país, enquanto avança em direção ao cumprimento dos ODS, precisa investir significativamente em infraestrutura e soluções inovadoras para garantir uma matriz energética resiliente e sustentável, alinhada com as demandas globais contemporâneas.

Palavras-chave: Energia Eólica, ODS, Transição Energética

Abstract

The Brazilian electric sector, historically anchored in hydropower, is in a pivotal phase of transition. Faced with a global scenario demanding more sustainable practices, Brazil is compelled to diversify its energy sources, with a notable focus on wind and solar power. This research, based on the analysis of data from the Empresa de Pesquisa Energética (EPE), ANEEL, and the UN's website regarding the Sustainable Development Goals (SDGs), seeks to understand this evolution. The primary question investigated is how Brazil is adapting to global sustainability demands while facing technical and infrastructural challenges. The results highlight that the Decennial Energy Plans (PDE) from EPE have been crucial for this transformation, demonstrating a strong commitment to international sustainability standards, especially SDGs 7 and 13. However, the rapid incorporation of wind and solar energy, despite fiscal incentives and the country's geographical potential, brought challenges related to the intermittency of these sources. It is concluded that, as the country progresses towards meeting the SDGs, there's a significant need for investment in infrastructure and innovative solutions to ensure a resilient and sustainable energy matrix, aligned with contemporary global demands.

Keywords: Wind Energy, SDGs, Energy Transition.

VENTO E SUSTENTABILIDADE: A CONTRIBUIÇÃO DA ENERGIA EÓLICA PARA OS ODS 7 E 13 NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

1. INTRODUÇÃO

O setor elétrico do Brasil, essencial para o progresso e o desenvolvimento do país, vem passando por uma evolução contínua e notável. Esta evolução se manifesta tanto na ampliação da capacidade instalada quanto na diversificação das fontes de energia. Historicamente fundamentado na hidroeletricidade, devido à extensa rede fluvial brasileira, o país agora enfrenta um momento estratégico crucial, influenciado por fatores tanto internos quanto externos (EPE, 2023).

Os Planos Decenais de Energia (PDE), elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) ao longo de cinco décadas, oferecem uma visão abrangente dessa transformação. Estes documentos enfatizam não apenas o crescimento da capacidade de geração e transmissão, mas também a integração progressiva de fontes renováveis, como a energia eólica, solar fotovoltaica e biomassa. Estas fontes estão alinhadas com as metas globais de sustentabilidade e redução do impacto ambiental (EPE, 2023).

No contexto global, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, estabelecidos em 2015, definem diretrizes claras para práticas sustentáveis em diversos setores. Especificamente, o ODS 7 – Energia Limpa e Acessível e o ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima, têm implicações significativas para o setor elétrico. O ODS 7 destaca a importância do acesso universal à energia, enfatizando fontes limpas e renováveis. Para o Brasil, isso implica na necessidade de expandir e diversificar a rede elétrica, priorizando fontes com menor impacto ecológico e maior eficiência energética. Estudos sobre o potencial eólico e solar do Brasil mostram uma capacidade técnica instalável notável, comparada a de muitos outros países (ONU, 2015).

Por outro lado, o ODS 13 coloca as questões climáticas no centro das discussões. Com a hidroeletricidade sendo uma parte importante da matriz elétrica brasileira, os desafios das mudanças climáticas, como as variações nos padrões de chuva e seus impactos nos reservatórios, destacam a necessidade de adaptabilidade e flexibilidade na gestão de energia (ONU, 2015).

Portanto, a estratégia do setor elétrico brasileiro, refletida nos Planos Decenais de Energia e analisada sob a perspectiva dos ODS, evidencia um equilíbrio entre crescimento econômico e responsabilidades ambientais e sociais.

2. PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVOS

Com este estudo visamos investigar a relevância da energia eólica no contexto dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 e 13 da ONU no Brasil, que se concentram, respectivamente, em assegurar o acesso a fontes de energia acessíveis, confiáveis, sustentáveis e modernas para todos, e em tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos. A energia eólica, como uma das fontes renováveis mais promissoras e de rápido

crescimento, desempenha um papel crucial na realização destes objetivos, apresentando-se como uma alternativa limpa e sustentável à dependência dos combustíveis fósseis.

O problema do estudo é compreender como a energia eólica pode contribuir para o cumprimento dos ODS 7 e 13, considerando os desafios técnicos, econômicos e políticos associados à sua implementação e operação. A pesquisa explora as potencialidades e limitações da energia eólica, analisando como ela pode auxiliar na redução da pobreza energética e na mitigação dos efeitos adversos das mudanças climáticas.

Essa pesquisa é particularmente relevante no contexto atual, onde a transição energética para fontes renováveis é imperativa para a sustentabilidade global. Ao focar na energia eólica, este estudo busca oferecer insights para formuladores de políticas, investidores e pesquisadores interessados em contribuir para os ODS 7 e 13, e mais amplamente, para a agenda global de desenvolvimento sustentável.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na fundamentação teórica desta pesquisa, enfocamos a trajetória e a relevância da energia eólica na matriz energética brasileira, um aspecto vital para compreender seu papel no alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 e 13. O desenvolvimento da energia eólica no Brasil é um fenômeno que transcende uma simples evolução tecnológica, integrando aspectos técnicos, econômicos, ambientais e político-regulatórios.

A inserção da energia eólica no Brasil iniciou-se na década de 1990 com experimentos e projetos-piloto, mas foi apenas na década seguinte, especialmente após a implementação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) em 2002, que esta fonte começou a ganhar destaque. O PROINFA foi fundamental na promoção da energia eólica, estabelecendo contratos de compra de energia e criando um ambiente favorável ao investimento, o que foi crucial para seu crescimento e visibilidade no setor elétrico (EPE, 2023).

A expansão notável da capacidade instalada de energia eólica no Brasil é atribuída a diversos fatores. Os leilões de energia renovável, promovidos pelo governo, foram decisivos para a contratação de novos projetos eólicos, acelerando o desenvolvimento da fonte no país. A topografia do Brasil, especialmente no Nordeste, apresenta condições excepcionais de vento, favorecendo a geração eólica. Além disso, avanços tecnológicos, como melhorias no design e na eficiência das turbinas eólicas, potencializaram a exploração desses recursos. O cenário internacional também contribuiu, com a diminuição dos custos de tecnologia e a transferência de experiências de outros países para o Brasil (Rodrigues et al., 2020).

Atualmente, a energia eólica se estabelece não apenas como uma das principais fontes de geração renovável, mas também como uma estratégia crucial para a diversificação da matriz elétrica brasileira. Este aspecto é particularmente relevante diante das incertezas climáticas e dos desafios relacionados à geração hidrelétrica. A rápida inserção da energia eólica no mix energético e os contínuos investimentos no setor a posicionam como um elemento chave na transição energética do país em direção a uma matriz mais limpa e sustentável (EPE, 2023).

Essa análise contextualiza a importância da energia eólica no cenário energético brasileiro, fornecendo uma base teórica sólida para compreender sua contribuição para os ODS 7 e 13.

4. METODOLOGIA

A metodologia empregada neste estudo sobre a transição energética no Brasil, com ênfase na energia eólica e sua interação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU - especificamente o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) e o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Climática) - baseou-se principalmente na coleta de dados secundários e na revisão bibliográfica. A pesquisa começou com a consulta de dados e relatórios da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que focam na matriz energética brasileira, com atenção especial às tendências e projeções futuras relacionadas à energia eólica e solar. Paralelamente, informações e estatísticas relevantes sobre a evolução do setor elétrico brasileiro, incluindo capacidades instaladas, investimentos e normativas recentes para fontes de energia renovável, foram obtidas através da plataforma da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Além disso, o portal oficial da ONU dedicado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável foi consultado para entender as metas e diretrizes associadas ao ODS 7 e ODS 13, bem como o progresso do Brasil em relação a esses objetivos. Complementarmente, uma revisão bibliográfica foi realizada, envolvendo uma busca sistemática em bases de dados acadêmicas para identificar artigos científicos relevantes ao tema. Os critérios de seleção incluíram publicações em português ou inglês, abordando aspectos técnicos, regulatórios e estratégicos da transição energética no contexto brasileiro. Após a seleção, os artigos foram analisados criticamente para identificar os principais desafios, soluções propostas e tendências discutidas na literatura científica sobre o assunto.

Posteriormente, foi realizada uma análise qualitativa dos dados coletados, visando identificar padrões e tendências. Para isso, ferramentas analíticas e estatísticas foram utilizadas para consolidar e sintetizar as informações, resultando em gráficos, tabelas e outras representações visuais que auxiliam na interpretação dos resultados. Com base nos dados e análises, desenvolveu-se uma discussão crítica sobre o estado atual da transição energética no Brasil, abordando os desafios enfrentados, as oportunidades identificadas e a relação do país com os compromissos globais, particularmente os ODS da ONU.

5. DADOS HISTÓRICOS E ATUAIS SOBRE A CAPACIDADE INSTALADA E A GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Os dados mais recentes da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), atualizados em 19 de setembro de 2023, refletem mudanças significativas na composição da capacidade instalada do setor elétrico brasileiro ao longo das últimas duas décadas. Uma análise desses dados, conforme indicado na tabela abaixo, revela um aumento de aproximadamente 170% na capacidade instalada total da Matriz Elétrica Brasileira. Este crescimento partiu de 72.005,6 MW no início do milênio para atingir 194.686,8 MW em 2023. Esse expressivo aumento destaca os esforços realizados para renovar e expandir a infraestrutura elétrica do país, em resposta às crescentes demandas energéticas impulsionadas pela evolução econômica e pelo aumento populacional.

Ano	Carga Instalada (em MW)						Total
	Biomassa	Eólica	Solar	Hídrica	Fóssil	Nuclear	
Antes de 2000	3.021,6	7,5	0,0	65.509,9	2.826,5	640,0	72.005,6
2000	3.118,2	7,5	0,0	67.232,2	3.519,5	640,0	74.517,4
2002	4.367,7	8,1	0,1	70.595,9	7.687,1	1.990,0	84.648,9
2004	4.756,1	12,9	0,1	72.295,8	11.956,4	1.990,0	91.011,3
2006	5.568,2	221,2	0,1	75.493,5	12.501,9	1.990,0	95.774,9
2008	6.449,9	327,2	0,1	77.766,1	13.324,0	1.990,0	99.857,4
2010	9.595,3	918,9	0,1	81.055,8	16.226,6	1.990,0	109.786,6
2012	10.895,8	1.883,7	5,4	87.390,2	18.793,0	1.990,0	120.958,0
2014	12.837,3	5.012,5	15,5	92.835,2	21.807,0	1.990,0	134.497,4
2016	13.686,9	10.300,2	59,6	106.559,1	23.232,3	1.990,0	155.828,0
2018	14.155,2	14.449,8	1.842,2	107.697,9	24.008,6	1.990,0	164.143,8
2020	14.576,4	17.147,7	3.315,8	109.212,1	26.345,3	1.990,0	172.587,2
2022	15.996,3	24.116,5	7.435,3	109.676,0	29.287,0	1.990,0	188.501,0
2023	16.139,5	26.876,8	10.342,1	109.808,5	29.529,9	1.990,0	194.686,8

Tabela 1: Carga Instalada Matriz Elétrica (Adaptado de ANEEL, 2023)

Na transformação do setor energético brasileiro, a capacidade de geração eólica se destaca de maneira impressionante. Iniciando com uma capacidade praticamente marginal de 7,5 MW no ano 2000, essa capacidade aumentou exponencialmente, atingindo 26.876,8 MW em 2023, o que representa um aumento superior a 358.000%. Esse desenvolvimento notável deve-se a fatores críticos como avanços significativos em pesquisa e desenvolvimento no setor eólico, a capitalização do potencial eólico inerente ao território brasileiro e a implementação de políticas públicas e incentivos fiscais que favorecem as energias renováveis (EPE, 2023).

Por outro lado, a geração hídrica, historicamente predominante, registrou um aumento de 67,6% nesse período. Contudo, observa-se que as fontes renováveis, especialmente as eólicas e solares, vêm ganhando uma participação cada vez maior na matriz energética nacional. Notavelmente, a geração solar, que começou a ser contabilizada de forma mais sistemática a partir de 2011, subiu para 10.342,1 MW em 2023, indicando uma trajetória de crescimento significativa nos últimos anos.

Em contraste, a energia proveniente de combustíveis fósseis, embora tenha crescido em termos absolutos, apresentou uma taxa de crescimento relativa inferior em comparação às fontes renováveis. Isso sugere uma mudança na orientação dos investimentos energéticos.

Conforme o gráfico a seguir, a geração hídrica, que representava expressivos 90,98% antes de 2000, exibiu uma tendência decrescente, atingindo 56,40% em 2023. Paralelamente, a participação da energia eólica, quase insignificante antes de 2000 com apenas 0,01%, experimentou um crescimento robusto, alcançando 13,81% em 2023. A energia gerada por biomassa também apresentou um aumento, passando de 4,20% para 8,29%. A energia solar, sem representatividade antes de 2013, chegou a 5,31% em 2023, evidenciando uma ascensão rápida. Por outro lado, a participação das fontes fósseis evoluiu de 3,93% para 15,17% no período avaliado, enquanto a geração nuclear manteve-se relativamente estável, com uma ligeira redução percentual.

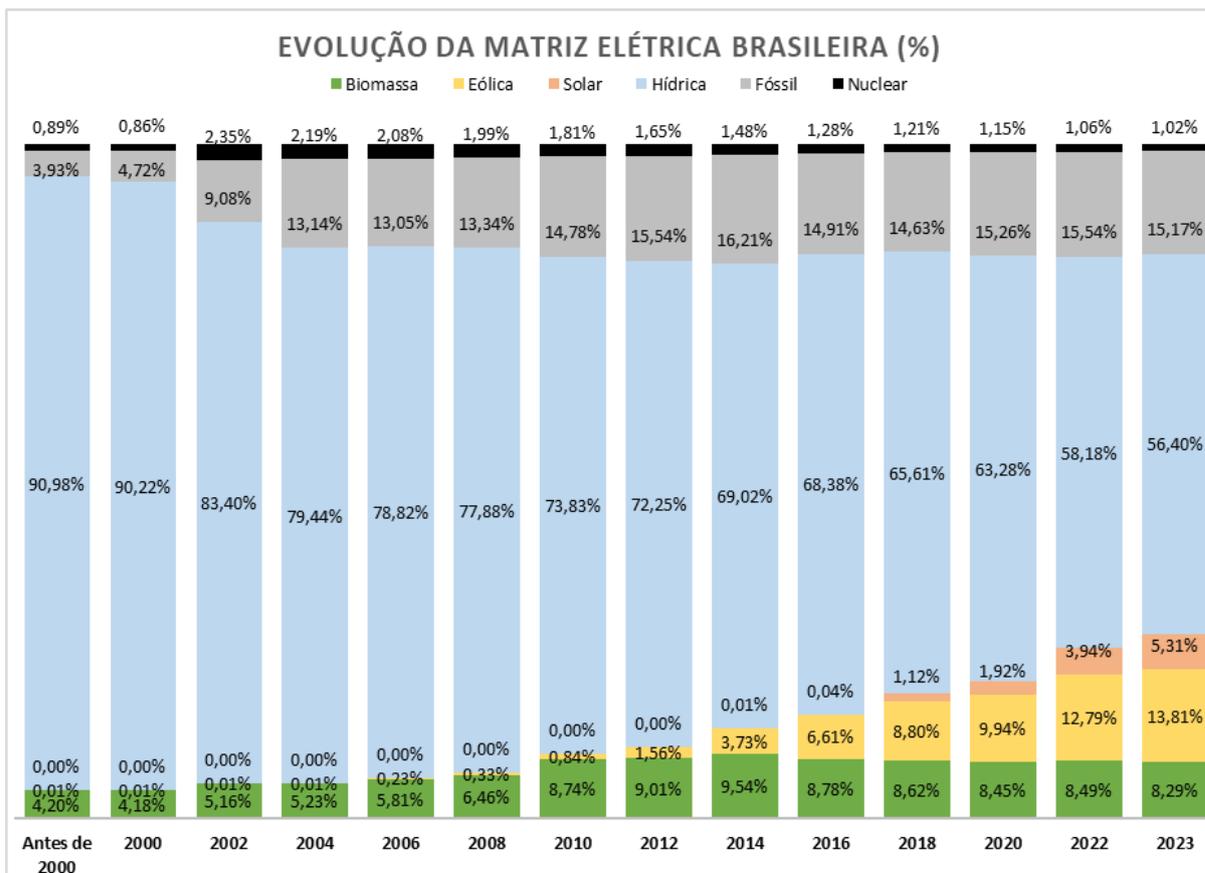


Gráfico 1: Evolução em Percentual da Matriz Elétrica Brasileira (Adaptado de ANEEL, 2023)

Os dados evidenciam uma transição e evolução notáveis na matriz elétrica brasileira, com uma ênfase marcante na capacidade de geração eólica. Esta tendência não somente destaca os compromissos sustentáveis assumidos pelo Brasil em acordos globais, mas também revela uma estratégia nacional focada em resiliência e autonomia energética. Essa orientação é particularmente relevante diante das incertezas climáticas que afetam fontes convencionais de energia, como a hídrica.

6. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O ODS 7: ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) - Energia Limpa e Acessível - ressalta a imperativa necessidade de garantir a todos o acesso a fontes de energia modernas, sustentáveis, confiáveis e a preços acessíveis, reconhecendo seu papel fundamental para o bem-estar humano e sua conexão com quase todos os demais ODS. Segundo a ONU, no ODS 7 temos as metas e os indicadores a seguir.

I. Metas:

7.1: Garantir acesso universal a serviços de energia modernos, confiáveis e a preços acessíveis até 2030.

7.2: Aumentar consideravelmente a participação de energias renováveis na matriz energética global até 2030.

7.3: Duplicar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030.

7.a: Potencializar a cooperação internacional até 2030 para facilitar o acesso à pesquisa e tecnologias de energia limpa e promover o investimento em infraestrutura energética.

7.b: Expandir a infraestrutura e atualizar tecnologias para fornecer serviços de energia modernos e sustentáveis a todos em países em desenvolvimento até 2030.

II. Indicadores:

7.1.1: Proporção da população com acesso a eletricidade.

7.1.2: Proporção da população usando tecnologias e combustíveis limpos para cozinhar.

7.2.1: Participação de energia renovável no consumo total de energia.

7.3.1: Intensidade energética relacionada ao PIB e energia primária.

7.a.1: Financiamentos e investimentos para pesquisa em tecnologia de energia limpa.

7.b.1: Capacidade de geração de energia por tecnologia e distribuição por tipo de sistema.

III.A Energia Eólica e o ODS 7 no Brasil

Dentro do espectro de soluções energéticas voltadas para o cumprimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7), a energia eólica destaca-se significativamente. Esta fonte de energia, devido à sua característica de não emissão de gases de efeito estufa (GEE), desempenha um papel crucial na transição energética. A substituição das fontes energéticas baseadas em combustíveis fósseis pela geração eólica tem implicações diretas na promoção de um sistema energético sustentável, demonstrando o potencial da energia eólica em contribuir para a minimização das emissões de GEE.

Ademais, o crescimento da viabilidade econômica da energia eólica coloca-a em uma posição estratégica para atingir a meta 7.2 do ODS 7, que visa aumentar a participação de energias renováveis na matriz energética global. Segundo o Balanço Energético Nacional de 2023, divulgado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e referente ao ano de 2022, a matriz elétrica brasileira apresentou uma composição notável de 87,9% de fontes renováveis. A análise da geração elétrica de 2022 (em GWh) revela que esse índice de renovabilidade foi impulsionado em grande parte pelo aumento na geração eólica, que adicionou mais de 9 TWh em comparação ao ano anterior. Simultaneamente, a EPE também registrou uma significativa redução de 32,3% na geração termelétrica, diminuindo sua representatividade no total da geração elétrica de 31,1% em 2021 para 20,4% em 2022, com decréscimos notáveis nas categorias de gás natural, carvão e derivados de petróleo. Esses dados sublinham a crescente importância da energia eólica na matriz energética brasileira e seu papel essencial na transição para uma matriz mais sustentável.

No gráfico a seguir, observa-se a evolução da geração (em GWh) da energia eólica e a significativa redução do uso das termelétricas a gás natural, carvão e derivados de petróleo entre

2021 e 2022. Além disso, destaca-se o aumento do uso de fontes hídricas, impulsionado pelas fortes chuvas que abasteceram os reservatórios, e da energia solar, que vem crescendo substancialmente em termos de carga instalada no Brasil (EPE, 2023).

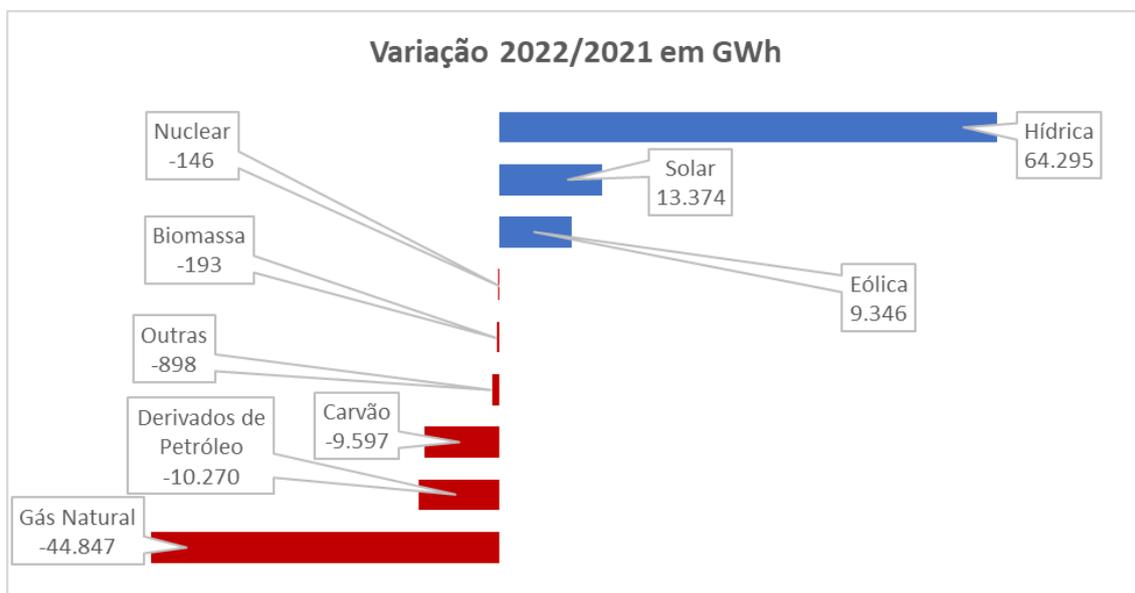


Gráfico 2: Variação entre 2021 e 2022 (Adaptado EPE, 2023)

Além disso, a introdução e expansão da energia eólica desempenham um papel fundamental na diversificação da matriz energética, oferecendo uma alternativa robusta e eficiente às fontes energéticas tradicionais. Com base nas informações disponibilizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 16 de setembro de 2023, é possível analisar o crescimento projetado da carga instalada (em MW) da matriz elétrica até o ano de 2029.

Fonte	2023	2029	Evolução	Participação na matriz (2023)	Participação na matriz (2029)
Biomassa	16.140	19.000	17,7%	8,3%	5,3%
Solar	10.342	133.743	1.193,2%	5,3%	37,3%
Eólica	26.877	57.247	113,0%	13,8%	16,0%
Hídrica	109.809	111.077	1,2%	56,4%	31,0%
Fóssil	29.530	35.261	19,4%	15,2%	9,8%
Nuclear	1.990	1.990	0,0%	1,0%	0,6%
Total	194.687	358.318	84,0%	100,0%	100,0%

Tabela 2: Carga Instalada Matriz Elétrica 2023/2029 em MW (Adaptado de ANEEL, 2023)

Embora represente o terceiro maior percentual de participação na matriz elétrica em 2029, o crescimento da energia eólica é notável, projetando-se em 113% ao longo dos próximos seis anos. Esse aumento é superado apenas pelo extraordinário crescimento da energia solar no mesmo período, estimado em 1.193%. Diante desses números, a evolução da participação das energias renováveis na matriz energética é consequentemente significativa, conforme ilustram os dados a seguir:

Fonte	2023	2029	Evolução	Participação na matriz (2023)	Participação na matriz (2029)
Renovável	163.167	321.067	96,8%	83,8%	89,6%
Não-renovável	31.520	37.251	18,2%	16,2%	10,4%
Total	194.687	358.318	84,0%	100,0%	100,0%

Tabela 3: Carga instalada por tipo de energia 2023/2029 em MW (Adaptado de ANEEL, 2023)

Apesar de todos esses avanços e das perspectivas favoráveis para o futuro, é fundamental reconhecer que o progresso em direção ao cumprimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) não se limita a esse objetivo isoladamente. Existe uma complexa rede de implicações, tanto diretas quanto indiretas, que se entrelaçam com todos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, refletindo a natureza interdependente e holística da Agenda 2030. Nesse panorama, a energia eólica não se destaca apenas como uma solução energética, mas também como um vetor estratégico que impulsiona a transição para um sistema energético global mais resiliente, sustentável e equitativo.

7. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O ODS 13: AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13 (ODS 13) - Ação Contra a Mudança Global do Clima - sublinha a urgência de adotar medidas imediatas para combater as mudanças climáticas e seus impactos, reconhecendo a ameaça que representam para a existência e prosperidade de todos os seres vivos. De acordo com a ONU, o ODS 13 engloba as seguintes metas e indicadores:

I. Metas:

13.1: Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e catástrofes naturais em todos os países até 2030.

13.2: Integrar as medidas de combate às mudanças climáticas nas políticas, estratégias e planos nacionais.

13.3: Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima.

13.a: Cumprir o compromisso estabelecido pelos países desenvolvidos de mobilizar conjuntamente, anualmente, US\$ 100 bilhões até 2020 para atender às necessidades dos países em desenvolvimento.

13.b: Promover mecanismos para a criação de capacidades efetivas de planejamento e gestão relacionadas às mudanças climáticas em países menos desenvolvidos.

II. Indicadores:

13.1.1: Mortalidade, pessoas deslocadas e perda econômica direta atribuída a eventos extremos relacionados ao clima.

13.1.2: Número de países com estratégias nacionais de gestão de risco de desastres.

13.2.1: Número de países com estratégias de desenvolvimento de baixa emissão e resiliência climática.

13.3.1: Número de países que integraram medidas de mitigação em setores chave.

13.a.1: Fluxos financeiros mobilizados em relação ao compromisso de US\$ 100 bilhões por ano.

13.b.1: Número de países menos desenvolvidos que estão implementando estratégias de gestão de risco de desastres com foco climático.

III. O Papel da Energia Eólica no ODS 13 no Brasil

No cenário global atual, a urgência em lidar com as mudanças climáticas e seus impactos enfatiza a importância do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13 (ODS 13) – Ação Contra a Mudança Global do Clima. Entre as diversas alternativas disponíveis, a energia eólica no Brasil se sobressai como uma das mais promissoras, especialmente por sua capacidade de minimizar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e, conseqüentemente, contribuir de forma significativa para o alcance do ODS 13.

De acordo com dados recentes da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2023), observa-se uma transição energética notável no Brasil ao longo da última década. Historicamente, a matriz energética do país foi predominantemente baseada na geração hídrica, uma fonte limpa e renovável. No entanto, essa fonte está sujeita às variabilidades climáticas, particularmente aos padrões de precipitação. Essa dependência das chuvas ressaltou as vulnerabilidades de uma matriz energética unidimensional e estimulou discussões sobre a importância de diversificar as fontes de energia.

Fonte	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	$\Delta\%$ (2022/2021)	Part. % (2022)
Hidráulica	390.992	373.439	359.743	380.911	370.906	388.971	397.877	396.381	362.818	427.114	17,7%	63,1%
Fóssil	105.966	130.987	124.308	85.759	94.758	78.792	83.362	74.017	122.690	57.839	-52,9%	8,5%
Nuclear	15.450	15.378	14.734	15.864	15.739	15.674	16.129	14.053	14.705	14.559	-1,0%	2,1%
Biomassa	39.684	44.987	47.394	49.236	49.385	51.876	52.111	55.613	51.711	51.783	0,1%	7,6%
Eólica	6.578	12.210	21.626	33.489	42.373	48.475	55.986	57.051	72.286	81.632	12,9%	12,1%
Solar	5	16	59	85	831	3.461	6.651	10.717	16.752	30.126	79,8%	4,4%
Outras	12.160	13.524	13.623	13.554	13.968	14.147	14.210	13.387	15.147	14.121	-6,8%	2,1%
Total	570.835	590.542	581.486	578.898	587.962	601.396	626.324	621.219	656.109	677.173	3,2%	100,0%

Tabela 4: Geração elétrica por fonte no Brasil (GWh) – Adaptado de EPE (2023)

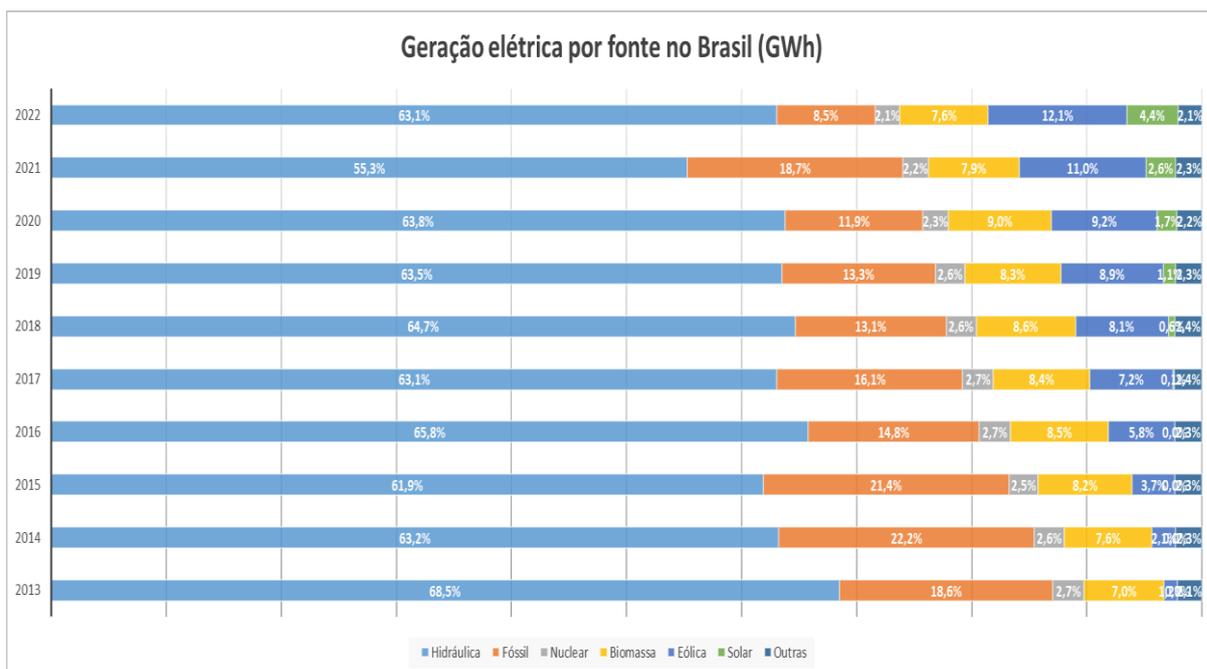


Gráfico 3: Geração elétrica por fonte no Brasil (GWh) – Adaptado de EPE (2023)

No cerne dessa transição energética, e como uma resposta direta ao imperativo do ODS 13, a energia eólica tem desempenhado um papel crucial. A análise dos dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) revela um crescimento consistente na geração eólica entre 2013 e 2022. Este aumento na produção de energia eólica ocorre simultaneamente a uma redução significativa nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), sublinhando o papel fundamental da energia eólica não somente como uma alternativa viável, mas também como uma escolha estratégica para combater as mudanças climáticas (Jacobson et al., 2022).

Pesquisas científicas têm consistentemente apontado a energia eólica como uma das fontes de energia com menor impacto ambiental, especialmente quando comparada às fontes tradicionais de energia fóssil (Archer et al., 2009). Essa transição para a energia eólica, conforme indicado pelos dados da EPE, reflete uma tendência mais ampla de mudança de fontes de energia intensivas em carbono para opções mais limpas. Isso demonstra o comprometimento contínuo do Brasil com os objetivos de sustentabilidade global e seu papel ativo na luta contra as mudanças climáticas.

Origem	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Δ% (2022/2021)	Part. % (2022)
SIN	52,8	71,0	69,0	45,4	43,1	33,7	33,6	30,0	54,6	21,6	-60,5%	48,7%
Autoprodução	14,4	15,8	16,8	17,0	17,2	17,0	17,0	21,1	20,9	20,3	-3,1%	45,7%
Sistema Isolado	7,5	7,3	4,2	2,4	1,1	2,0	4,2	2,6	2,3	2,5	8,4%	5,5%
Total	74,8	94,1	90,0	64,7	61,4	52,7	54,8	53,7	77,8	44,3	-43,0%	100,0%

Tabela 5: Emissões de GEE provenientes da Geração Elétrica no Brasil - MtCO₂ – Adaptado de EPE (2023)

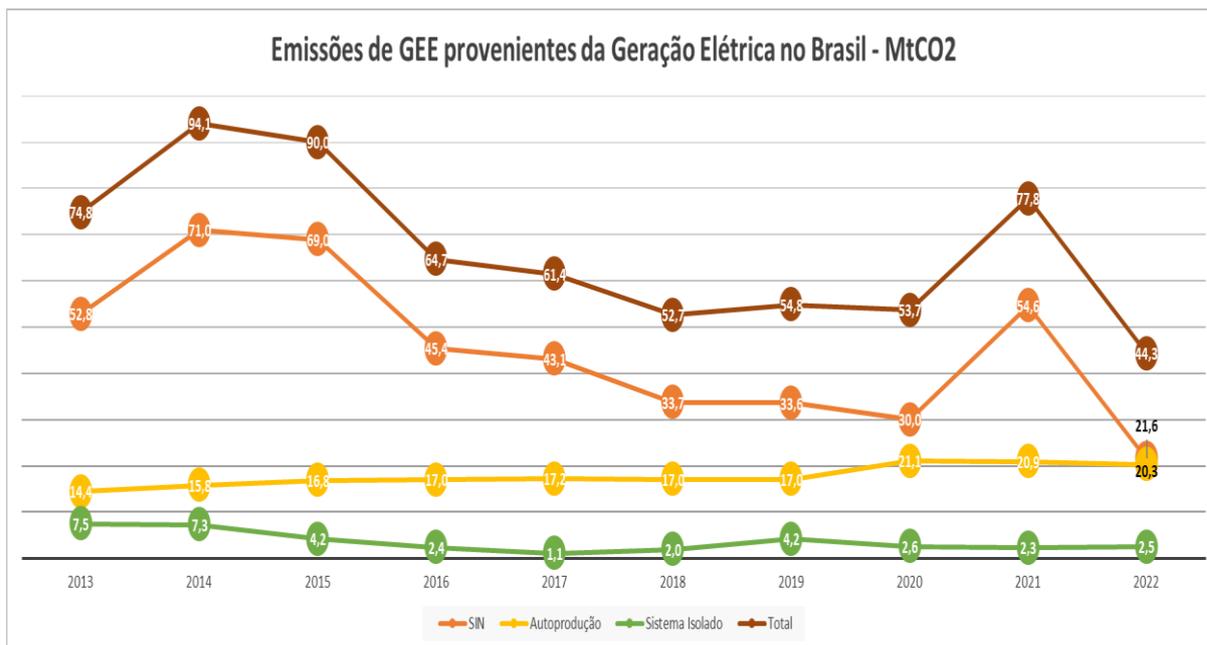


Gráfico 4: Emissões de GEE provenientes da Geração Elétrica no Brasil - MtCO2 – Adaptado de EPE (2023)

Além das considerações climáticas, o compromisso do Brasil com a energia eólica pode ser visto como uma abordagem pragmática para diversificar sua matriz energética e aproveitar seus vastos recursos eólicos. As regiões Nordeste e Sul do país, particularmente ricas em potencial eólico, são exemplos claros dessa estratégia (Rodrigues et al., 2020). Esta orientação estratégica está intrinsecamente alinhada aos objetivos do ODS 13 das Nações Unidas, que visa promover ações assertivas para combater as mudanças climáticas (UNDP, 2023).

O desenvolvimento da matriz energética brasileira, conforme ilustrado pelos dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) na última década, mostra uma clara trajetória de evolução e adaptação. A crescente importância da energia eólica não se limita a ser uma solução técnica ou uma opção de diversificação. É, na verdade, uma estratégia integrada e visionária que reflete o compromisso do Brasil em enfrentar os desafios climáticos do século XXI. Ao mesmo tempo, essa abordagem está em consonância com os esforços internacionais para atender aos objetivos do ODS 13, demonstrando uma participação ativa e responsável do país na busca por soluções sustentáveis e eficazes para os desafios energéticos e climáticos globais.

8. CONCLUSÕES

A trajetória da matriz energética brasileira, como delineada ao longo deste artigo, reflete uma resposta proativa e estratégica a um cenário global que demanda urgentes transformações ambientais e sustentáveis. Essa evolução, marcada por uma transição da histórica dependência da hidroeletricidade para uma diversificação significativa, enfatiza a energia eólica e solar como pilares centrais. Essa mudança é claramente evidenciada nos Planos Decenais de Energia da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que não só atestam a transição em curso, mas também demonstram o compromisso do Brasil com os padrões internacionais de sustentabilidade, especialmente os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

O engajamento do Brasil com a energia eólica, destacado pelos dados da EPE, não representa apenas uma escolha técnica, mas uma abordagem estratégica, que alinha-se com o ODS 7 – visando assegurar energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos – e o ODS 13, que se concentra na ação urgente contra as mudanças climáticas. A energia eólica, com seu crescimento notável nos últimos anos, é um reflexo tanto do potencial geográfico do país quanto de políticas públicas eficientes e incentivos fiscais. No entanto, os desafios técnicos, particularmente a intermitência das fontes eólica e solar, ainda são barreiras que precisam ser superadas.

A transição energética do Brasil, portanto, não é apenas uma questão de substituir fontes antigas por novas, mas envolve a construção de um sistema energético integrado e resiliente. A dependência de fontes fósseis, embora esteja em declínio, e a continuidade do papel vital da energia hídrica demonstram a complexidade dessa transição. O equilíbrio entre fontes renováveis e tradicionais é crucial para a estabilidade e eficiência da rede energética.

Em conclusão, a evolução da matriz energética brasileira é um exemplo tangível do compromisso do país com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. A energia eólica, junto com outras fontes renováveis, está no coração desta transformação, simbolizando uma estratégia integrada que não apenas enfrenta os desafios climáticos do século XXI, mas também alinha o Brasil com os esforços globais para um futuro mais sustentável. O caminho a seguir para o Brasil requer uma abordagem holística, que inclui inovação contínua, investimentos significativos e colaboração multissetorial, superando os desafios técnicos e estabelecendo um sistema energético resiliente, sustentável e alinhado com as tendências globais de desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional. 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acesso em: 08 set. 2023.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano Decenal de Energia. 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>. Acesso em: 08 set. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Objetivo 7: Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7>. Acesso em: 19 set. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Objetivo 13: Ação Contra a Mudança Global do Clima. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>. Acesso em: 19 set. 2023.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Anuário Estatístico de Energia Elétrica. 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acesso em: 19 set. 2023.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. SIGA - Sistema de Informações de Geração da ANEEL. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e->

indicadores/geracao#:~:text=SIGA%20%2D%20Sistema%20de%20Informa%C3%A7%C3%B5es%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20da%20ANEEL. Acesso em: 19 set. 2023.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Ralie - Acompanhamento da Expansão da Geração. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/geracao#:~:text=Ralie%20%2D%20Acompanhamento%20da%20Expans%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20da%20ANEEL>. Acesso em: 19 set. 2023.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). Sixth Assessment Report Cycle. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>. Acesso em: 20 set. 2023.

JACOBSON, M. Z.; DELUCCHI, M. A.; CAMERON, M. A.; FREW, B. A. Grid Integration in the US. *Stanford Energy Studies*, v. 5, n. 2, p. 10-50, 2022. Disponível em: <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/CombiningRenew/CONUSGridIntegration.pdf>. Acesso em: 21 set. 2023.

ARCHER, C. L.; JACOBSON, M. Z. Evaluation of global wind power. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 110, n. D12, 2009.

RODRIGUES, Thiago Antonio Pastorelli; GONÇALVES, Solange Ledi; CHAGAS, André Squarize. 2020. Wind power and the labor market in the Brazilian Northeast: a spatial propensity score matching approach. *RBERU* [online]. Disponível em: <https://revistaaber.org.br/rberu/article/view/503>. Acesso em: 22 set. 2023.

UNDP. Sustainable Development Goals. 2023. United Nations Development Programme. Disponível em: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>. Acesso em: 22 set. 2023.