

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL: OS DILEMAS DA DESCARBONIZAÇÃO

ENERGY TRANSITION IN BRAZIL: THE DILEMMAS OF DECARBONIZATION

Natasha Pergher Silva¹

<https://orcid.org/0009-0002-7575-300X>

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo desenvolver um percurso de análise sobre um dos caminhos da transição energética no Brasil: a descarbonização da matriz energética. Para tanto, a primeira sessão destina-se a uma breve revisão do conceito de transição energética, bem como dos caminhos, das nuances e das estratégias que despontam entre os atores implicados no processo. A sessão que se segue volta-se para um descortinamento do quadro geral das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e o desafio da descarbonização no que diz respeito a metas e a mecanismos de efetivação das reduções de GEE. Finalmente, a última sessão converge conceito e problema para a análise do caso brasileiro, destacando os três caminhos possíveis de transição: substituição, mitigação e preservação. As conclusões sistematizam a ideia de que as trajetórias de transição energética – por serem intrínsecas à noção de desenvolvimento – não são unívocas e, como tais, devem ser analisadas a partir de contextos específicos. No caso brasileiro, para o objetivo que se delineia, considerar a manutenção das nossas florestas – amazônica e caatinga – é primordial para a estratégia de transição energética, uma vez que ataca a principal causa de emissão de carbono no Brasil – o padrão de uso da terra – bem como preserva áreas estratégicas para a resiliência do planeta frente à ameaça ambiental, que atuam como sumidouros de carbono.

Palavras-chave: transição energética; descarbonização; preservação; desenvolvimento econômico; Brasil.

¹ Doutoranda em Economia do Departamento de Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Email: npergher@gmail.com.

ABSTRACT

This article aims to develop an analysis of one of the paths of energy transition in Brazil: the decarbonization of the energy matrix. To this end, the first section provides a brief review of the concept of energy transition, as well as the paths, nuances, and strategies that are emerging among the actors involved in the process. The following section focuses on unveiling the overall picture of greenhouse gas (GHG) emissions and the challenge of decarbonization in terms of targets and mechanisms for achieving GHG reductions. Finally, the last section converges concept and problem for the analysis of the Brazilian case, highlighting the three possible paths of transition: substitution, mitigation, and preservation. The conclusions systematize the idea that energy transition trajectories—once they are intrinsic to the notion of development—are not univocal and, as such, must be analyzed based on specific contexts. In the Brazilian case, for the objective outlined, considering the maintenance of our forests – Amazonian and caatinga – is essential for the energy transition strategy, since it addresses the main cause of carbon emissions in Brazil – the pattern of land use – as well as preserving strategic areas for the planet’s resilience in the face of environmental threats, which act as carbon sinks.

Keywords: energy transition; decarbonization; preservation; development; Brazil.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o Brasil tem ocupado uma posição central nas discussões acerca da transição energética. A situação da matriz energética brasileira possui uma característica que lhe garante protagonismo nesse âmbito, devido à abundância de recursos hídricos, a várias fontes de biomassa, à elevada incidência solar e à presença de ventos.

Conforme análise do Balanço Energético Nacional (BEN) (EPE, 2025), as fontes renováveis no Brasil representam 42,8% da energia produzida em território nacional, enquanto 57,2% provêm de fontes convencionais (MME, 2025). Esse dado nos posiciona na vanguarda dessa discussão em âmbito global, fazendo do Brasil o 9º país com a matriz energética mais renovável do planeta (REN21, 2024). É importante ressaltar que os demais países que integram este restrito grupo dos 10 mais renováveis do mundo possuem dimensões territoriais e populações significativamente inferiores às do Brasil, como por exemplo Uruguai, Suécia, Noruega e Islândia, entre outros.

Quando analisamos a matriz elétrica brasileira, por outro lado, surpreende o fato de que 88,9% da nossa energia elétrica é proveniente de fontes renováveis, enquanto apenas 11,1% advém de fontes fósseis (MME, 2025). Esse é um dado importante para compreender o porquê de o Brasil se configurar como um eixo central da transição energética no mundo. É a nossa matriz elétrica que nos coloca nessa posição de liderança.

No Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2020), a estratégia de transição do governo brasileiro recebe contornos mais claros. Trata-se das “transformações em direção a uma economia de baixo carbono e menor pegada ambiental”, do “uso mais eficiente dos recursos energéticos”, da “redução da participação de combustíveis mais intensivos em emissões de carbono na matriz primária” e da “eletrificação”, porque é exatamente nesse contexto que surge essa considerável vantagem (MME, 2020, p. 34).

No mesmo documento, afirma-se que:

[...] mudanças na matriz energética primária consistem apenas na parte diretamente mais perceptível das transições [...] as transições energéticas implicam também em profundas alterações na base tecnológica dos conversores, nos padrões de consumo e nas relações socioeconômicas e ambientais” (MME, 2020, p. 34).

É multivariado e depende de outras questões além da oferta primária de energia. O que se tem delineado é a possibilidade de que a transição energética se torne um elemento central na estratégia de desenvolvimento do país e na inserção mais efetiva e competitiva do Brasil no cenário internacional. Segundo informações do Plano Decenal de Expansão da Energia 2034 (PDE) (Brasil, 2024), estima-se que, na oferta interna de energia para o horizonte decenal, a participação das fontes de energia derivadas do petróleo sofra uma redução de 34% para 30%, enquanto outras fontes renováveis apresentem um crescimento de 12% para 16%. É sobre isso que trata o conceito da transição energética: diversificação com ampliação de fontes renováveis, além da redução simultânea das fontes de energia fósseis.

Dada a complexidade desse processo, é esperado que tal transição não se concretize imediatamente, a partir de uma simples decisão política. A evolução da matriz energética caminha *pari passu* à evolução do capitalismo internacional, existindo entre ambos uma retroalimentação complexa². Assim, trata-se de um movimento de longa duração, multi-dimensional, multifatorial e *path-dependent*³.

2 Retroalimentação, pois não seria possível estabelecer uma relação causal direta como “X gera Y”. Estratégias de desenvolvimento econômico condicionam e são condicionadas pela questão energética. Complexa, em razão do número de variáveis incluídas tanto na formulação de um projeto de desenvolvimento econômico quanto em um projeto de transição energética.

3 O conceito se refere à ideia de que os estágios atuais de desenvolvimento dependem e são condicionados por elementos históricos precedentes. Dessa forma, os caminhos do desenvolvimento escolhidos anteriormente influenciam ou restringem as decisões e circunstâncias atuais. É importante não confundir a dependência de trajetória

Do ponto de vista metodológico, este trabalho alinha-se ao método teórico-empírico, uma vez que se trata de uma revisão da literatura sobre transição energética, emissões de gases de efeito estufa e os dilemas da descarbonização, buscando discutir, a partir da coleta e da análise qualitativa das informações, o papel do Brasil nesse contexto.

O uso do referencial teórico analisado se baseia na tentativa de fundamentar uma reflexão sobre o tema em questão, o qual também se baseou no acesso aos documentos oficiais e à base de dados coletada na *International Energy Agency* (IEA), *Energy Institute*, *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* (REN21), Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), Balanço Energético Nacional, procurando destacar informações empíricas capazes de elucidar a problemática em questão.

O texto está estruturado em quatro seções, além desta introdução, buscando apresentar uma contextualização acerca da temática em questão e os aspectos metodológicos, seguido de uma análise teórico-conceitual sobre transição energética, emissões de gases de efeito estufa e descarbonização. Por fim, seguem as considerações finais.

2 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: DO QUE ESTAMOS FALANDO, AFINAL?

A transição energética é um processo que, consensualmente, deve incluir a diversificação da matriz de geração de energia, a qual envolve o desenvolvimento de novas infraestruturas energéticas alimentadas por fontes renováveis, a exemplo da energia solar, eólica, geotérmica, hidroelétrica, biomassa e biocombustíveis etc. Este primeiro passo é algo unânime entre todos os especialistas e *stakeholders*, sejam estes de natureza estatal, privada ou internacional. O segundo movimento já não apresenta consenso e refere-se aos significados da transição energética em relação às fontes não renováveis, mormente aquelas baseadas na exploração de combustíveis fósseis.

Por um lado, há quem defenda a ideia de que, no contexto da transição energética, deve-se buscar o caminho da ampliação da oferta de fontes renováveis, o que acarretaria a diminuição da geração de energia proveniente das fontes fósseis. Sob essa perspectiva, a diversificação é condição *sine qua non* da transição, uma vez que sua ausência, mesmo com a diminuição das fontes fósseis, indica apenas uma redução na oferta energética. Por outro lado, a ampliação das fontes renováveis, acompanhada de um aumento igual ou superior das fontes fósseis, refere-se simplesmente à diversificação (Neto, 2024). O que interessa, quando se está tratando de transição energética, é a substituição da matriz

(tradução literal do conceito) com o fatalismo histórico: reconhecer as condições atuais a partir de decisões pregressas é diferente de delinear um futuro peremptório decorrente dessas escolhas.

energética convencional, de origem fóssil, por uma matriz renovável. É, portanto, uma análise sobre a variação relativa entre essas duas fontes ao longo do tempo.

Outro caminho que tem ganhado força no Brasil, sendo difundido, sobretudo, pelo Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP) (IBP, 2024a; 2024b), é a noção de “evolução energética”. Campanhas recentes desenvolvidas pelo instituto enfatizam o melhoramento da tecnologia de exploração, produção e distribuição de petróleo, resultando em uma maior eficiência energética, redução do desperdício, diminuição da pegada de carbono ao longo da cadeia produtiva, além de outras medidas de mitigação que promovem a ampliação da eficiência. O sentido desse caminho de transição implica uma alteração da matriz de geração de energia de forma gradual, incorporando múltiplas fontes e tecnologias.

A ideia de “Energia da Evolução” revisita o histórico de tratados climáticos para ressaltar que o objetivo do *Net Zero by 2050*⁴ (IEA, 2021) não consiste em eliminar por completo as emissões de CO₂ – uma meta impraticável, considerando que a economia global está assentada e estruturada sobre a produção de petróleo – mas sim zerar as emissões líquidas⁵. Dessa forma, tornar o sistema mais eficiente e descarbonizado constituiria a via da transição, uma vez que “não se pode deixar que a energia seja o novo modo da desigualdade mundial” (Ardenghy, 2024, 13min35s).

Portanto, é fundamental considerar a forma como a transição energética e a diversificação se conectam ao conceito de segurança energética, pois, em uma estrutura social tão desigual como a do Brasil, a diminuição da oferta energética, sem uma correspondente redução na demanda, pode levar ao agravamento da desigualdade. Ou seja, em um contexto de insegurança energética, é necessário refletir sobre quais grupos conseguirão

4 O *Net Zero by 2050* foi um relatório publicado pela International Energy Agency (2021) a partir dos termos aprovados no acordo final da Conferência das Partes 21 (COP 21), conhecida como Acordo de Paris. Nesse acordo, os países parte se comprometeram a implementar medidas visando reduzir drasticamente as emissões de carbono, adotando padrões de desenvolvimento de baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE). As estratégias envolveriam desde a redução das emissões até a ampliação da captura de carbono, por meio da conservação dos sumidouros. No relatório da IEA (2021), é elaborado um mapa do caminho com medidas e programas para orientar o objetivo de zerar as emissões líquidas de carbono até 2050.

5 É compreensível que as grandes operadoras atuem no sentido de manter a produção e a exploração de fontes fósseis, haja vista que os investimentos em capital imobilizado na indústria de petróleo e gás são os maiores do mundo. A capitalização do mercado de petróleo e gás cresceu 186% entre 2001 e 2010: “existem no mundo milhares de minas e de usinas de carvão, cerca de 50 mil campos de petróleo, uma rede de pelo menos 300 mil quilômetros de dutos de petróleo e 500 mil quilômetros de gasodutos, além de 300 mil quilômetros de linhas de transmissão. Globalmente, o custo de substituição do combustível fóssil e da infraestrutura nuclear é de US\$ 15 trilhões a US\$ 20 trilhões. Claramente, é improvável que o mundo decida [...] amortizar entre US\$ 15 trilhões e US\$ 20 trilhões em infraestruturas e substituí-las por um sistema de energia renovável com um preço ainda mais alto (Angus, 2023, p. 193)” (Neto, 2024, p. 17). Isso demonstra que só haverá, de fato, transição energética se houver muita vontade política do Estado.

suportar os custos associados à redução na oferta energética e quais aqueles que, por sua vez, não terão mais acesso a esse recurso. Estudos sobre essa temática têm ganhado mais visibilidade e difundido o conceito de “pobreza energética” (Azevedo, 2025) como uma contribuição significativa para essa reflexão.

Em face desses dois caminhos, a Tabela 1 sistematiza uma matriz de possibilidades para alicerçar de forma fundamentada a análise sobre o processo de transição energética no Brasil, ampliando o olhar para a questão da oferta de energia, com o intuito de inserir o debate sobre segurança energética e pobreza energética.

Tabela 1– Matriz de possibilidades: transição, diversificação e oferta energética.

Fontes fósseis			
	$\Delta > 0$	$\Delta = 0$	$\Delta < 0$
FONTES RENOVÁVEIS	$\Delta > 0$	Transição progressiva; diversificação progressiva; oferta progressiva;	Transição progressiva; diversificação progressiva; variação da oferta depende das taxas absolutas de variação de cada fonte.
	$\Delta = 0$	Transição regressiva; diversificação regressiva; oferta progressiva;	Transição progressiva; diversificação nula; oferta regressiva;
	$\Delta < 0$	Transição regressiva; diversificação regressiva; variação da oferta depende das taxas absolutas de variação de cada fonte.	Transição depende da taxa relativa de redução de cada fonte; diversificação regressiva; oferta regressiva;

Fonte: elaboração própria.

No primeiro exemplo, observa-se uma variação positiva nas fontes renováveis, assim como nas fontes fósseis, de modo que a transição e a diversificação dependem da taxa relativa de aumento de cada uma dessas fontes e a oferta energética é progressiva. Esse é o caso da China atualmente, que tem investido intensivamente em energias renováveis, porém segue ampliando

seus recursos em fontes fósseis (Pinto Jr., 2016). Considerando o caso em que as fontes renováveis se mantêm inalteradas ao longo do tempo e ocorre uma redução nas fontes fósseis, a transição é progressiva, a diversificação é nula e a oferta energética é regressiva. Por fim, um último exemplo refere-se à ampliação das fontes renováveis ao longo do tempo, concomitantemente à redução das fontes fósseis: o cenário caracteriza-se por uma transição gradual, uma diversificação progressiva e a oferta é influenciada pela variação absoluta de cada uma das fontes analisadas.

Obviamente, em se tratando de um tema complexo como a transição energética, a situação não é tão simples quanto uma matriz de possibilidades pode sugerir. Entretanto, é possível, por meio dela, apresentar observações para uma reflexão: primeiramente, a expressão “transição energética” é um assunto mais complexo do que uma dualidade estanque. E, segundo a ideia que permeia o termo “transição energética”, não se trata de diversificação da matriz de geração de energia, tampouco de segurança energética; no entanto, ao realizar uma reflexão aprofundada sobre o tema, é equivocado mencionar transição sem considerar essas outras dimensões.

3 O QUADRO GERAL DAS EMISSÕES DE GEE E O DESAFIO DA DESCARBONIZAÇÃO

Historicamente, o processo de industrialização dos países do centro capitalista se desenvolveu por meio da exploração intensiva de fontes fósseis de energia, como petróleo e carvão, resultando em diversos impactos ambientais, sociais e trabalhistas associados a esse processo. A Revolução Industrial inglesa e sua era vitoriana, a corrida armamentista que ocorreu no final do século XIX e início do século XX, as Guerras Mundiais que assolaram o mundo na primeira metade do século XX, a era de ouro do capitalismo e a Guerra Fria foram condicionadas ou beneficiadas pela exploração do carvão e/ou do petróleo, bem como por seus respectivos mercados, a fim de estabelecer as condições necessárias para a concretização desse processo de desenvolvimento capitalista. Os recursos naturais planetários eram, até aquele momento, considerados inesgotáveis, e sua exploração era vista como uma necessidade para o progresso das sociedades globais.

Em 2024, aproximadamente, 81,26% da energia primária do mundo derivou de fontes fósseis (*Energy Institute*, 2025), destacando-se o petróleo como o principal insumo de toda a cadeia econômica mundial. A utilização dessa energia destina-se aos mais variados usos⁶. Assim, é dado como certo o fato de que o mundo vai seguir demandando e consumindo um

6 Transporte, petroquímica, residencial, agronegócio, aviação, combustíveis marítimos, geração de eletricidade, ferrovias, construção civil, plástico e diversas outras indústrias cuja ausência seria impensável no contexto das sociedades contemporâneas.

volume significativo – e cada vez maior⁷ – de energia, e que um mundo descarbonizado, como almejado pela transição energética, não significa, necessariamente, a ausência de hidrocarbonetos⁸. Existem diversos fatores que corroboram com essa análise, tais como a disponibilidade de petróleo e o reduzido custo de sua produção (Ardenghy, 2024), o volume vultuoso de capital já aplicado em instalações (Neto, 2024), além da atual conjuntura geopolítica mundial na qual a segurança dos Estados se reforça por meio da ampliação da capacidade armamentista – militar, marítima e aérea – que está diretamente ligada ao abastecimento e à produção de petróleo (Roos, 2013).

Apesar disso, desde 1997, com a ratificação do Protocolo de Kyoto, tem se realizado esforços no sentido de descarbonização do planeta. O Protocolo de Kyoto foi um marco de grande relevância nas discussões acerca da descarbonização, uma vez que validava a concepção de que era necessário adotar medidas do ponto de vista institucional e internacional para mitigar o aquecimento global. O objetivo naquele momento era impedir “uma interferência antrópica (produzida pelo homem) perigosa no sistema climático” (Brasil, 1998). Durante a Conferência das Partes (COP-21), conhecida como Acordo de Paris (2015), a necessidade da descarbonização foi amplamente reconhecida.

Posteriormente, com a COP26, foram criadas metas intermediárias para acompanhar os objetivos consolidados no Acordo de Paris. E, finalmente, em 2023, é o primeiro ano no qual a conferência das partes utiliza o termo “transição energética”, e o faz trazendo conjuntamente o tema da descarbonização, uma vez que,

Uma rápida descarbonização do sistema energético é a chave para manter o objetivo de 1,5 °C ao nosso alcance. Isso requer acelerar a transição energética para fontes limpas tanto do lado da demanda quanto do lado da oferta, sendo que essa transformação deve ser ordenada, justa e equitativa, além de levar em conta a segurança energética (UNFCC, 2023, p. 2).

O pesquisador turco-canadense Vaclav Smil (2024) se debruça sobre a temática energética e nos alerta que, desde 1997, ano do Protocolo de Kyoto, até 2024, ano em que escreve, já se passou praticamente metade do período previsto para zerar as emissões líquidas de carbono.

7 As estimativas da Agência Internacional de Energia (2025) são de que a demanda por combustíveis fósseis atinja o pico no ano de 2029. Segundo essa mesma agência, a oferta mundial em 2026 será de aproximadamente 108,7 milhões de barris/dia (IEA, 2026a).

8 A segurança energética é uma justificativa para isso, isto é: a capacidade de manter a oferta de energia mesmo em condições controversas, como em situações de guerra, por exemplo. Recentemente, em dezembro de 2023, a Alemanha reabriu de modo temporário centrais de carvão para abastecer o país diante da ameaça de desabastecimento com a guerra entre Ucrânia e Rússia (EURONEWS, 2023).

O diagnóstico realizado por Smil (2024) é estarrecedor, mas bastante realista. Segundo ele, é sumamente improvável que as sociedades humanas consigam, de fato, alcançar o *net zero* até 2050, considerando que, desde 1900, as emissões de gases de efeito estufa têm crescido de forma incessante. Apesar do Acordo de Kyoto, as emissões aumentaram de modo ainda mais acelerado, apresentando uma ligeira diminuição entre 2020 e 2021, em decorrência da pandemia de covid-19, e atingindo em 2024 níveis recordes, com 37,6 Gt CO₂. O autor afirma que, caso esse padrão de consumo energético persista, o cenário para 2050 será bastante diverso daquele previsto em Paris. Conclui: “[...] a menos que o mundo testemunhe uma recessão econômica global prolongada e sem precedentes, estamos longe de reduzir as emissões de CO₂” (Smil, 2024).

Diversos dados evidenciam a dimensão dessa tarefa hercúlea da COP21: desde 1997 até 2022, a redução aproximada das emissões de gases de efeito estufa foi cerca de 4%. Isto é, metade do tempo se passou e muito pouco foi realizado. Isso não só torna mais difícil essa segunda metade do caminho, como a torna também bastante improvável. Vaclav Smil denomina essa dificuldade como “álgebra da descarbonização” (2022a), referindo-se à maneira como um cálculo matemático complexo é necessário para, efetivamente, alcançar as metas mencionadas, uma vez que: i) envolve um intervalo de tempo restrito associado a uma intensa velocidade de redução; ii) o pico do consumo energético ainda não foi atingido e, após sua ocorrência, haverá um atraso na redução; iii) o mundo está estruturado em um sistema de transporte completamente dependente das fontes fósseis, e mesmo que se altere toda a frota de veículos para automóveis elétricos, continuamos a depender de diesel, de querosene e de outros derivados do petróleo dentro da logística global; e iv) os custos relacionados a essa transição energética em escala mundial são de magnitudes financeiras nunca antes observadas em projetos de investimento anteriores.

Para ilustrar essa informação final, o pesquisador realiza uma comparação entre os custos de dois grandes empreendimentos de investimentos na história e os custos estimados para uma transição energética completa. Conforme afirmado por ele, o projeto Manhattan, que culminou na construção das bombas atômicas, teve um custo de US\$ 33 bilhões, enquanto o projeto Apollo, destinado às expedições espaciais da NASA, demandou um investimento de US\$ 207 bilhões. Já as estimativas de financiamento para a transição energética são de aproximadamente US\$ 275 trilhões (Smil, 2022b). Trata-se de um número impressionante que ilustra adequadamente a magnitude do desafio que a transição energética representa para as sociedades contemporâneas.

Em termos absolutos, a China, que desde o ano 2000 iniciou um processo de crescimento econômico acelerado, se destaca como o principal responsável atualmente pelas emissões globais, tendo lançado aproximadamente 11.130 Mt CO₂ na atmosfera em 2023,

enquanto os EUA emitiram cerca de 4.413 Mt CO₂ no mesmo período. No entanto, os dados *per capita* indicam que os Estados Unidos continuam a ser a nação com o mais elevado padrão de emissões, totalizando 13 t CO₂ de emissões per capita, posição que se encontra à frente da China, a qual apresenta um valor próximo a 8 t CO₂. Isso significa que o padrão de consumo de energia nos EUA continua sendo o mais prejudicial em termos de emissões de CO₂, apesar de uma recente tendência de redução (IEA, 2026b).

O Brasil, assim como o mundo, apresentou um aumento na queima de combustíveis fósseis, porém a uma intensidade menor. Em 2014, o nível de emissões chegou ao pico de 480 Mt CO₂ e começou uma suave trajetória de redução. Ainda que seja quase dez vezes menor que o volume de emissões dos EUA e aproximadamente 23 vezes menor que o volume da China, as emissões de gases de efeito estufa brasileiras não são desprezíveis no cenário internacional. Na América do Sul, ocupamos a primeira colocação no ranking e, globalmente, somos o 13º colocado. De 2000 até 2023, a tendência foi um aumento de 41% no volume das emissões, alcançando nesse último ano, a soma de 414,9 Mt (IEA, 2026b).

No contexto do Brasil, é necessário considerar que a causa prioritária das emissões de GEE é a alteração do uso da terra e das florestas. Informações da Plataforma do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) indicam que, ao longo do tempo, o padrão de utilização da terra sempre se destacou em relação à queima de combustíveis fósseis como o principal responsável pelas emissões de GEE. Em 2024, aproximadamente 70% das emissões de GEE foram causadas por apenas dois fatores: a mudança no uso da terra e da floresta e as atividades agropecuárias (SEEG, 2025).

Figura 1– Emissões totais de GEE por setor de emissão.



Fonte: <http://plataforma.seeg.eco.br>.

Esses dados são importantes, uma vez que, no contexto de estratégia de desenvolvimento, política pública ou qualquer outra dimensão do planejamento, tanto o cenário quanto o diagnóstico se revelam essenciais para a elaboração e a formulação dos planos de ação e para os resultados que se pretende alcançar após a implementação de uma política. Não é viável buscar a eliminação das emissões de GEE abordando somente a queima de combustíveis proveniente de fontes fósseis, porque uma parte significativa dessas emissões é oriunda de outra fonte. Da mesma forma que uma estratégia de desenvolvimento não constitui uma mera sequência de etapas que podem ser adotadas indistintamente por qualquer nação do mundo, as estratégias de transição energética também não se configuram dessa maneira. Isso se deve, por um lado, às suas particularidades intrínsecas, e, por outro lado, ao fato de estarem profundamente entrelaçadas com a própria ideia de desenvolvimento.

4 OS CAMINHOS DA DESCARBONIZAÇÃO NO BRASIL: UMA TRAJETÓRIA PARTICULAR?

Existem várias trajetórias para a transição energética que estão sendo debatidas nos fóruns públicos. A primeira delas se revela bastante irrealista quanto à viabilidade de implementação no curto prazo e refere-se à substituição. Como destacado por Smil (2022a, 2022b, 2024), essa trajetória apresenta-se inviável no curto prazo, considerando a estruturação das bases econômicas que sustentam o planeta. Qualquer esforço para a implementação dessas medidas resultaria em uma recessão bastante pronunciada, com uma diminuição aproximada de 55% na atividade econômica da União Europeia, 56% da economia dos EUA e 63% da economia chinesa, para citar apenas alguns exemplos (McKinsey, 2023 *apud* Smill, 2022a).

O segundo enfoque, também já elucidado, fundamenta-se na ideia de mitigação, a qual postula que a descarbonização da matriz energética pode ser viabilizada por meio de estudos voltados ao desenvolvimento e à inovação, visando à captura de carbono e ao aprimoramento da eficiência das infraestruturas relacionadas à exploração de fontes fósseis, com intuito de reduzir o desperdício⁹ e de aumentar a sustentabilidade do sistema.

⁹ Ao longo do processo de produção do petróleo, desde a fonte até o consumo final, há uma parcela das emissões de GEE que não decorre da queima do combustível em si, mas por conta de lançamentos difusos e que se perdem ao longo do percurso de produção. Essas emissões são conhecidas como emissões fugitivas e possuem uma resolução específica do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Resolução 382/2006), a qual situa o tema da eficiência energética como uma medida de responsabilidade ambiental. Além disso, o processo conhecido como flaring, comum nas empresas petrolíferas, constitui uma fonte adicional de desperdício e de poluição atmosférica.

Entre as diversas iniciativas propostas, destacam-se a limpeza das fontes convencionais por meio da captura de carbono por processos físicos ou químicos, a reinjeção de CO₂ em poços e o avanço de Inteligência Artificial (IA) para auxiliar na elaboração de padrões de consumo e de produção menos dispendiosos.

O percurso abrange as seguintes fases: desenvolver energias renováveis para diversificar a matriz energética; implementar políticas de compensação ambiental, replantio de florestas e programas para aumentar a captura de CO₂; e, finalmente, investir na limpeza das fontes convencionais. Trata-se de um percurso que utiliza a sinergia entre três atores: i) o Estado, ii) as universidades e centros de pesquisa e iii) as empresas operadoras, com o objetivo de estabelecer um arranjo coordenado para o desenvolvimento e a inovação em novas fontes de energia, assim como nas já conhecidas. Para os defensores dessa proposta, é um equívoco extinguir a produção das fontes convencionais sem, contudo, eliminar a demanda por produtos que dela dependem¹⁰.

Por fim, o terceiro percurso – que à primeira vista parece simples, mas que apresenta um enorme desafio – refere-se à preservação dos biomas sumidouros, tais como a Floresta Amazônica e a Caatinga. Essa trajetória aborda a questão das emissões sob duas perspectivas: primeiramente, diminui a principal fonte de emissão no Brasil, que estão relacionadas ao padrão de uso da terra; em segundo lugar, preserva áreas estratégicas para a resiliência do planeta frente à ameaça ambiental, uma vez que tanto a Amazônia quanto a Caatinga – especialmente esta última – atuam como sumidouros de carbono, isto é, durante o processo de fotossíntese, elas absorvem o carbono da atmosfera, contribuindo para a neutralização dos gases de efeito estufa.

Estudos recentes apresentam dados relevantes que situam a Caatinga no centro da discussão sobre transição energética no Brasil. Segundo Da Costa *et al.* (2025), é a Caatinga – e não a Floresta Amazônica, como corriqueiramente se supõe – o bioma com maior potencial de remoção de CO₂ da atmosfera, situando-se, portanto, como principal sumidouro dos GEE no Brasil. O estudo aborda ainda os efeitos da desertificação no processo de captura, alertando para as ameaças que a perda da vegetação arbustiva da caatinga pode provocar no balanço líquido de emissões de GEE no Brasil.

Igualmente relevante é a análise de Mendes *et al.* (2020), que enumera as variáveis determinantes para a eficiência no sequestro de carbono, como distribuição de chuvas, radiação global, temperatura do ar e do solo, etc. A análise conclui que, mesmo durante a estação seca, a

10 O debate mais recente acerca da continuidade ou não da exploração de fontes fósseis convencionais diz respeito à exploração da Margem Equatorial, localizada no nordeste brasileiro, e à bacia de Pelotas, situada no Rio Grande do Sul. Essas duas enormes reservas, cuja exploração ainda se encontra em estágio inicial, têm sido reconhecidas como duas novas fronteiras do petróleo no Brasil.

Caatinga possui um fluxo de CO₂ equilibrado, atuando como poderoso sumidouro de carbono atmosférico. Essas perspectivas permitem reinterpretar o bioma da caatinga a partir do seu enorme potencial ecológico, econômico e humanitário, haja vista que sem a sua enorme contribuição para a captura de carbono, o horizonte possível da tão propalada “transição energética” se torna ainda mais distante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O percurso para a construção de um consenso político em relação à estratégia de transição energética constitui uma tarefa bastante desafiadora. Não apenas na esfera nacional, mas também no âmbito internacional e no plano local, há uma horda de atores e de interesses envolvidos. Nesse cenário de construção do consenso político, discute-se amplamente a “transição energética justa”¹¹. No entanto, mesmo neste contexto, a justiça constitui um conceito em disputa, relacionado às formas de apropriação dos produtos e à participação democrática e efetiva dos cidadãos e cidadãs nos processos decisórios, assim como das grandes empresas estatais, privadas e multinacionais nesse mesmo processo.

O intuito da reflexão aqui exposta foi instigar uma análise sobre um dos caminhos da transição energética no Brasil: a descarbonização da matriz energética. Via de regra, a descarbonização é considerada um processo viável por meio da eliminação de fontes fósseis, uma vez que estas são, mundialmente, as principais responsáveis pelas emissões de GEEs. Entretanto, se a ideia de Celso Furtado (1974) é pertinente ao afirmar que o desenvolvimento não segue um percurso linear, mas um processo marcado por idiosincrasias e por características estruturais específicas, por que acreditar que a trajetória da transição energética – que se entrelaça de maneira intrínseca com a noção de desenvolvimento – também é unívoca?

Se no Brasil – nação onde aproximadamente 50% da matriz se baseia em fontes renováveis e a principal causa das emissões de GEEs não se deve à queima de combustíveis fósseis, mas sim à maneira como a terra e as florestas são utilizadas é pertinente concentrar esforços de transição apenas na estratégia de enfrentamento das fontes fósseis? Ou seria mais relevante, para o objetivo que se delineia, considerar a manutenção das nossas florestas – a verde e a branca¹² – em pé? Evidentemente, as rotas de ação não se excluem, mas, ao contrário, se complementam.

11 A expressão foi criada pelo World Energy Council em um relatório divulgado em 2023: “Uma transição energética justa é tanto o resultado – um futuro mais justo e verde para todos – quanto os processos que devem ser realizados em parceria com aqueles afetados pela transição para a eliminação da emissão de carbono. Transição energética justa é como chegamos a uma economia líquida zerada e resiliente ao clima, de uma forma que proporcione equidade e combata a desigualdade e a injustiça” (WEC, 2023, p. 3, tradução nossa).

12 O terno “Caatinga” significa “mata-branca” no tupi-guarani (Loiola *et al.*, 2012).

Em um texto renomado, Fernando Henrique Cardoso declarou que o “Desenvolvimento” seria o mais político dos problemas econômicos (Cardoso, 1995). A transição energética, enquanto uma dimensão que possui impactos diretos sobre o desenvolvimento, é igualmente de natureza política. Isto é, vai ser (já está sendo) na arena política que se concretizarão os desdobramentos da estratégia brasileira voltada para a transição – seja eliminando as emissões, seja as neutralizando, seja adotando uma economia de baixo carbono. Por razão disso, temas recentes, como a exploração na Margem Equatorial e a preservação dos biomas sumidouros, são extremamente relevantes para o debate em andamento: ambas as agendas abordam as emissões de carbono (uma por meio da ampliação da produção e utilização de combustíveis fósseis e a outra pela alteração nos padrões de uso da terra) e referem-se a regiões que são, não apenas estratégicas para a soberania do Brasil, mas também essenciais para a resiliência do planeta em face da emergência climática.

REFERÊNCIAS

- ABELHA, Marina (ANP). **Margem Equatorial Brasileira: Atividade Petrolífera**. Apresentação de trabalho no I Simpósio Estadual de Geografia. Exploração petrolífera na foz do Amazonas: desafios e perspectivas. Julho, 2023.
- ACORDO DE PARIS (2015). **Jornal Oficial da União Europeia**, Lisboa, Série L, n. 282, p. 4-18, 19 out. 2016. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A22016A1019%2801%29>. Acesso em: 8 maio 2026.
- ARDENGHY, Roberto. **O papel do Brasil na exploração de petróleo e transição energética**. Entrevista concedida no programa de podcast Pedro + Cora, do Canal Meio. Publicado em 08/10/2024.
- AZEVEDO, Sergio Gabrielli de. Pobreza Energética e Transição. Revista **Le Monde Diplomatique**. 4 nov. 2025. Edição 220 | Novembro 2025. Disponível em: <https://diplomatique.org.br/pobreza-energetica-e-transicao/>. Acesso em: 4 maio 2026.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia; MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. **Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Tradução e edição: Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores. Brasília, DF?, 1998. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/Protocolo_Quioto.pdf. Acesso em: 8 maio 2026.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenas de Expansão da Energia 2034**. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2024. Disponível em: epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-804/topico-758/PDE2034_Aprovado.pdf. Acesso em: 8 maio 2026.
- CARDOSO, Fernando Henrique. **O desenvolvimento: o mais político dos temas econômicos**. Conferência Palavra do Presidente, 1o semestre, Washington DC - EUA, 21 de abril de 1995. Disponível em: <https://fundacaoofhc.org.br/files/artigo/777.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2025.
- DA COSTA, Luis Miguel; DAVITT, Aaron; VOLPATO, Gabriela; DE MENDONÇA, Gislaine Costa; PANOSSO, Alan Rodrigo; LA SCALA, Newton. A comparative analysis of GHG inventories and ecosystems carbon absorption in Brazil, **Science of The Total Environment**, v. 958, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969724080896> Acesso em: 4 maio 2026.
- EI – Energy Institute. **Statistical Review of World Energy**. 74th edition, 2025.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Plano Nacional de Energia 2050** / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 2020 Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf> Acesso em 08/05/2026.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2025**: Ano base 2024. Rio de Janeiro, 2025.

FURTADO, Celso. **O Mito do Desenvolvimento Econômico**. 1ª Edição, Ubu Editora, [1974]. São Paulo: Ubu, 2024.

IBP Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. **Além da Superfície**. Energia da Evolução. Vídeo de campanha publicado no Youtube. 01 de setembro de 2024a. 1m02s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=k1uzng5vyGU> Acesso em: 8 maio 2026.

IBP Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. **Além da Superfície**. Site da campanha Energia da Evolução, 2024b. Disponível em: <https://www.alemadasuperficie.org/> Acesso em: 8 maio 2026.

IEA – International Energy Agency. **Net Zero by 2050**. May 2021. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf. Acesso em: 28 out. 2025.

IEA – International Energy Agency. Renewables 2025. **Analysis and forecast to 2030**. 17th June, 2025. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/76ad6eac-2aa6-4c55-9a55-b8dc-0dba9f9e/Renewables2025.pdf>. Acesso em: 27 out. 2025.

IEA – International Energy Agency. **Oil Market Report – January 2026**. 21st January, 2026a. Disponível em: iea.blob.core.windows.net/assets/b308b876-554c-4339-ab9f-72e96eac6cdd/-21JAN2026_OilMarketReport.pdf. Acesso em: 05 maio 2026.

IEA – International Energy Agency. Data & Statistics. **Emissions by country**. 2026b. Disponível em: <https://www.iea.org/countries>. Acesso em: 19 fev. 2026.

LOIOLA, Maria I. B.; ROQUE, Allan de A.; DE OLIVEIRA, Ana Claudia P. **Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro**. In: **Ecologi@** - Revista Online da Sociedade Portuguesa de Ecologia – n. 4. Edição: SPECO – Sociedade Portuguesa de Ecologia, 2012. Disponível em: <https://livrozilla.com/doc/308177/caatinga-vegeta%C3%A7%C3%A3o-do-semi%C3%A1rido-brasileiro>. Acesso em: 20 fev. 2026.

LOSEKAN, Luciano; HALLACK, Michelle. **Novas energias renováveis no Brasil**: desafios e oportunidades. In. NEGRI, ARAUJO & BACELLETE (org.). **Desafios da nação: artigos de apoio**. Volume 2, IPEA, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/af210d12-8229-4100-8632-d86cdb93a7ac/content> Acesso em: 20 fev. 2026.

MEADOWS, Donella H.; MEADOWS, Dennis L.; RANDERS, Jorgen; BEHRENS, Willian W. **The Limits to growth**: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. Universe Books, New York, 1972.

MENDES, Keila R. *et al.* Seasonal variation in net ecosystem CO₂ exchange of a Brazilian seasonally dry tropical forest. **Sci Rep** 10, 9454 (2020). Disponível em: Seasonal variation in net ecosystem CO₂ exchange of a Brazilian seasonally dry tropical forest | Scientific Reports Acesso em: 20 fev. 2026.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2050**. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2020. Disponível em: [epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio Final do PNE 2050.pdf](https://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf). Acesso em: 15 mar. 2026.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032**. Setembro de 2022. Disponível em: [epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio Final do PNE 2050.pdf](https://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf). Acesso em: 15 mar. 2026.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2025: Ano base 2024**. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em: [epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-771/Relatório Final_BEN 2025.pdf](https://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-771/Relatorio%20Final%20BEN%202025.pdf). Acesso em 15 mar. 2026.

NETO, Astrides Monteiro. **Transição energética: de que falamos afinal?** Contribuições ao debate sobre implementação de políticas públicas. IPEA, boletim regional, urbano e ambiental, n. 32, jul.-dez. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/a6efd086-c03b-4d3e-b0b5-5da6d75842b2/content>. Acesso em: 25 out. 2025.

PINTO JR., Helder Queiroz (org.); DE ALMEIDA, Edmar Fagundes; BOMTEMPO, José Vitor; IOOTY, Mariana; BICALHO, Ronaldo Goulart. **Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

REN21 - Renewables 2024 Global Status Report. **Global Overview**. Paris, France, 2024. Disponível em: <https://www.ren21.net/gsr-2024/> Acesso em: 08/05/2026.

ROOS, Breno. Economia do Petróleo e desenvolvimento: estudo exploratório sobre as perspectivas do pré-sal brasileiro. Dissertação de mestrado – Programa de pós-graduação em Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013. <https://repositorio.ufrn.br/items/59c9178a-c4a2-4e19-9078-73837efed2b9>. Acesso em: 19 fev. 2025.

Share of primary energy consumption that comes from fossil fuels. **Our World in Data**. [s.d]. Disponível em: https://ourworldindata.org/grapher/fossil-fuels-share-energy?tab=line&time=earliest..2024&country=~OWID_WRL. Acesso em: 19 fev. 2025.

SMIL, Vaclav. **Decarbonization Álgebra**. SPECTRUM.IEEE.ORG. February, 2022a.

SMIL, Vaclav. **Numbers Don't Lie: Decarbonization Is Our Costliest Challenge**. SPECTRUM.IEEE.ORG. October, 2022b.

SMIL, Vaclav. **DÉCARBONNER: Entre lerêve et laréalité**. TRANSITIONS & ÉNERGIES, N° 22. Publié le 18 septembre 2024.

UNFCCC. **Summary of Global Climate Action at COP 28**. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Summary_GCA_COP28.pdf. Acesso em: 28 out. 2026.

WORLD ENERGY COUNCIL(WEC). **City level clean and just energy transition summary report: a human-centred approach**. 2023. Disponível em: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/Summary_Report_%28003%29.pdf?v=1675871842. Acesso em: 28 out. 2025.

(Recebido para publicação 13 de abril de 2026)

(Reapresentado em 20 de abril de 2026)

(Aprovado para publicação em 30 de abril 2026)