

O POTENCIAL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA SUBSTITUIR O PETRÓLEO E AS POLÍTICAS PARA O ETANOL BRASILEIRO^{1,2}

José Mauro de Moraes³

Fabiano Mezadre Pompermayer⁴

SINOPSE

A percepção da gravidade da crise climática vem impulsionando vultosos investimentos em tecnologias que possibilitem a substituição dos combustíveis fósseis, emissores de gases de efeito estufa. Entretanto, projeções recentes indicam que parcela importante da energia utilizada nas próximas décadas ainda será proveniente de petróleo, em especial, no uso como combustíveis em transportes. Os combustíveis renováveis, como o etanol e o biodiesel, têm demanda projetada menor que a dos derivados de petróleo. Tais cenários não são muito atrativos ao Brasil, que tem claras vantagens no setor de biocombustíveis. Mas as recentes políticas adotadas para o já consagrado etanol brasileiro podem tanto inibir a ampliação de sua produção quanto restringir a responsabilidade do consumidor. Este artigo aborda essas questões e dicotomias.

Palavras-chave: petróleo; energias renováveis; etanol.

1 INTRODUÇÃO

A gravidade da crise climática tem levado, nos últimos anos, a sociedade civil, os governos, os meios de comunicação, as empresas e as organizações representativas do setor privado a, cada vez mais, engajarem-se na defesa de ações para a proteção do meio ambiente, ao lado das organizações internacionais que, há tempos, vêm apontando os riscos para o meio ambiente do aumento da temperatura no planeta.

As tomadas de posição a favor das mitigações dos efeitos das mudanças climáticas ocorrem ao mesmo tempo em que se agravam os eventos climáticos extremos, como chuvas intensas em alguns países e secas não previstas em outros, ondas de calor, elevação do nível do mar, perdas na biodiversidade, aumento dos incêndios florestais, entre diversos impactos que a atuação humana tem provocado na natureza, no clima, nos oceanos e na própria vida na Terra (IPCC, 2019).

Ainda segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*International Panel on Climate Change* – IPCC), o aquecimento da superfície da Terra e dos oceanos, ou mudança climática, é resultado do aumento das emissões de gases de efeito estufa, como o gás carbônico (CO₂) e o metano (CH₄). Em 2023, os maiores emissores foram China, Estados Unidos, Índia, União Europeia, Rússia e Brasil. A China responde por 30% do total gerado e os Estados Unidos, por 11% (European Commission, 2024).

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar78art6>

2. Uma versão resumida de parte deste trabalho foi publicada no portal de notícias Jota, em 24 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.jota.info/artigos/as-energias-renovaveis-podem-substituir-o-petroleo>.

3. Foi coordenador de pesquisas em energias renováveis e petróleo no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Autor de *Petróleo em águas profundas: uma história da evolução tecnológica da Petrobras na exploração e produção no mar* (Moraes, 2023). E-mail: josemmoraes6@gmail.com.

4. Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea. E-mail: fabiano.pompermayer@ipea.gov.br.

As metas mais desafiadoras para combater as mudanças climáticas são: conter a elevação da temperatura do planeta no limite de 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais – como foi ajustado no Acordo de Paris, em 2015 – e zerar as emissões líquidas de gases de efeito estufa até 2050. Um avanço importante para atingir esses objetivos foi alcançado na 28ª Conferência das Partes da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre Mudança do Clima (COP 28), em Dubai, em 2023, quando cerca de 200 países concordaram em triplicar a capacidade de geração de energias renováveis até 2030 e caminhar na direção da redução do consumo de combustíveis fósseis (COP 28 termina..., 2023). Na COP 29, concluída em novembro de 2024 em Baku, no Azerbaijão, a decisão final foi a adoção de meta de financiamento climático dos países ricos para os países em desenvolvimento, no valor de US\$ 300 bilhões anuais, para que estes possam se ajustar às mudanças climáticas (Os resultados..., 2024). Na COP 30, a ser realizada em Belém do Pará, em novembro de 2025, os países deverão apresentar metas mais ambiciosas de redução das emissões de gases de efeito estufa e procurar negociar o aumento do valor das transferências anuais em ajuda aos países em desenvolvimento.⁵

Como resultado do maior comprometimento com o enfrentamento da emergência climática, foram observadas, nos últimos anos, algumas ações positivas para a mitigação da crise ambiental. Os investimentos globais para combater os impactos das mudanças climáticas alcançaram o recorde de US\$ 1,8 trilhão em 2023, especialmente em energias renováveis, eletrificação de veículos, redes elétricas e armazenamento em sistemas de baterias. Dois terços do valor foram concentrados em China (34%), União Europeia (18,2%) e Estados Unidos (15,3%). O montante ficou 80% acima do valor dos investimentos mundiais em combustíveis fósseis, que alcançou pouco mais de US\$ 1 trilhão em 2023 (Investing..., 2025; IEA, 2024).

Estando, portanto, a geração de energias limpas em crescimento, pergunta-se: até 2050, ano em que se espera que as emissões de gases de efeito estufa estejam neutralizadas,⁶ o petróleo poderá ser completamente substituído por energias renováveis? Observe-se que, neste texto, não estão sendo analisadas as demais fontes de elevação de gases de efeito estufa, que exigem outro tipo de avaliação.

2 COMO ESTÃO AS PROJEÇÕES DE DEMANDA POR COMBUSTÍVEIS?

A questão pode ser respondida com o apoio de exercício recente da Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency* – IEA), que projetou a demanda total de combustíveis líquidos para 2035 e 2050 em três cenários, segundo o grau de comprometimento dos países com metas climáticas e energéticas (IEA, 2024). Este trabalho elegeu o terceiro cenário, em que os países aprofundam suas atuais metas em energia, em compasso com o objetivo de conter o aumento da temperatura global em 1,5 °C. Nas projeções da demanda de combustíveis para aqueles anos, além do petróleo, foram considerados nas projeções da IEA os biocombustíveis líquidos (como o etanol e o biodiesel) e os combustíveis à base de hidrogênio de baixo carbono (tabela 1).

Nas estimativas, o consumo mundial de petróleo cai, de 99,1 milhões de barris/dia em 2023, para 58 milhões de barris/dia em 2035, isto é, queda de 42%, graças, principalmente, ao aumento do uso dos veículos elétricos e à expansão dos investimentos na geração de eletricidade com base em energias renováveis (solar, eólica, hidráulica) e em usinas nucleares, que substituem a geração de usinas térmicas. A oferta de biocombustíveis e de hidrogênio seria de 8,8 milhões de barris/dia – ou 13% da demanda total de combustíveis (de todas as fontes), que seria de 67 milhões de barris/dia. Os demais 87% da demanda total continuariam a ser supridos pelos citados 58 milhões de barris de petróleo.

5. Disponível em: https://www.wwf.org.br/cop_30/.

6. Seguimos o cenário apresentado pela IEA, no qual se zeram as emissões líquidas de todos os gases de efeito estufa, não apenas o CO₂. Ver IEA (2024).

Quinze anos depois, em 2050, com a continuada eletrificação dos transportes e dos investimentos em energias renováveis, a demanda total de todos os tipos de combustíveis cairia para 34,5 milhões de barris/dia, com a demanda por petróleo sendo reduzida em 77% em relação a 2023, alcançando 23 milhões de barris/dia. Mas isso ainda representaria 67% do consumo total de combustíveis. Os biocombustíveis e o hidrogênio forneceriam 33% do consumo total.

TABELA 1

Demanda por combustíveis líquidos no cenário zero emissões líquidas

(Em 1 milhão de barris/dia)

Tipo	2023	2030	2035	2050
Derivados de petróleo	99,1	78,3	57,8	23,0
Biocombustíveis	2,3	6,0	6,8	5,9
Baseados em hidrogênio de baixa emissão	0,0	0,7	2,0	5,6
Total	101,4	85,0	66,6	34,5

Fonte: IEA (2024, p. 137).

Assim, observa-se que, mesmo com o aprofundamento pelos países de suas atuais metas climáticas e energéticas, os resultados das projeções mostram uma transição energética muito longa, tendo em conta a gravidade da situação climática. O petróleo continuaria a fornecer energia até 2050 e ainda por anos depois, especialmente para os países em desenvolvimento e para a China, pois as regiões desenvolvidas já estão reduzindo seu consumo de petróleo. O petróleo continuaria a ser utilizado, principalmente na produção de petroquímicos e em processos industriais, nos transportes rodoviários, marítimos e aéreos e ainda na geração de energia elétrica.

Assim, qualquer que seja o cenário de investimentos em energias renováveis, o mundo permanece em uma espécie de armadilha da dependência do petróleo, isto é, quer e precisa abandonar a era do petróleo, mas está preso à necessidade de continuar a utilizar derivados de petróleo, até que desenvolvimentos tecnológicos permitam a elevação substantiva da produção de novas fontes de energia, a custos competitivos, como o hidrogênio de baixo carbono. Nesse contexto, qual papel o Brasil tem desempenhado, que tanto conta com boas oportunidades para desenvolver energias renováveis como possui reservas de petróleo ainda a ser exploradas?

Em direção contrária ao cenário projetado de redução do consumo de petróleo, há uma esperada elevação da sua produção na Guiana, no Brasil, no Canadá e, como efeito da eleição de Donald Trump, nos Estados Unidos. Isso pode gerar um excesso de oferta, com redução ou estabilização dos preços, o que incentiva o consumo de derivados. Ou seja, as pressões locais de demanda de curto prazo ou a oportunidade de aproveitar reservas com bom potencial de exploração têm feito alguns países expandirem suas produções de petróleo. Não se sabe, porém, se estão usando as rendas oriundas dessa exploração para desenvolver energias alternativas.

3 E AS POLÍTICAS DE FOMENTO AO ETANOL BRASILEIRO?

No Brasil, há, ainda, outra possível dicotomia com o cenário almejado de mudança energética. Apesar de já longa tradição do uso de biocombustíveis no transporte, o Brasil tem adotado políticas que inibem a expansão tanto da produção quanto do consumo de etanol.

Uma das restrições é a política de preços para combustíveis adotada pela Petrobras, que detém 80% da capacidade de refino do país. No caso da gasolina, desde maio de 2023, ela define os preços com base nos possíveis concorrentes ou substitutos internos. Conforme Moliterno (2025), isso fez com que os preços internos ficassem cerca de 15% abaixo do equivalente à paridade de importação (política de precificação adotada anteriormente).

Preços menores da gasolina reduzem a competitividade do etanol, o que inibe os produtores de ampliarem sua oferta. Pela ótica da Petrobras, praticar preços domésticos menores induz a demanda por seus combustíveis e garante o *market share*.

Outra política adotada inibe o consumo de etanol. A gasolina vendida nos postos, chamada de gasolina C, contém 27% de etanol anidro (sem água). Pela Lei nº 8.723/1993, esse percentual podia ficar entre 18% e 27,5%, com o Poder Executivo definindo o teor específico. Esses percentuais foram alterados pela Lei nº 14.993/2024, para 22% a 35%. Para atender a essa quantidade de etanol anidro para a mistura na gasolina C, os produtores destinam parte importante da produção de etanol para as distribuidoras, o que reduz a quantidade disponível para a oferta de etanol hidratado (o que é usado em automóveis a álcool ou *flex*). Em 2023, 39% do volume de etanol produzido foram misturados à gasolina e, em 2024, 35%.⁷

Com os veículos *flex*, os consumidores podem escolher qual combustível colocar no tanque, considerando o preço relativo, o teor energético e, por que não, a sua consciência ecológica. Os dois primeiros fatores, entretanto, ainda são os principais para o consumidor brasileiro. Conforme Mosquera *et al.* (2024), devido ao menor poder calorífico do etanol, sua utilização só é vantajosa se seu preço (por litro) for igual ou menor que 68,8% do preço da gasolina C (com 27% de etanol anidro).

Ocorre que, na maioria dos estados brasileiros, a oferta de etanol hidratado é tão baixa que os consumidores sequer se lembram de que ele é uma opção tecnicamente viável. Mosquera *et al.* (2024) analisaram o mercado de etanol e gasolina em cada estado do país, formando três grupos: i) estados próximos às regiões produtoras de etanol; ii) estados à média distância das regiões produtoras; e iii) estados distantes das regiões produtoras. No primeiro grupo, o etanol apresenta volumes consumidos recorrentemente maiores que o volume de gasolina, com essa parcela respondendo rapidamente a variações dos preços relativos em relação à razão técnica de 68,8%. Nos demais grupos, a parcela de mercado do etanol hidratado fica em torno de 10%, com preços médios em torno de 80% dos preços da gasolina C. Em alguns poucos meses da série analisada, o preço relativo ficou próximo da razão técnica de 68,8%, mas sem reação evidente da demanda por etanol.

A utilização de etanol anidro no patamar de 27% exige a utilização de toda uma logística de distribuição das regiões produtoras para todos os estados do país. A redução para o antigo limite legal inferior, de 18%, liberaria cerca de um terço do volume hoje destinado à gasolina C para o mercado de etanol hidratado. Isso representaria uma redução proporcional dos custos de distribuição (dando mais eficiência aos mercados), assim como ampliaria o poder de contestação do etanol hidratado sobre o mercado da gasolina, potencialmente conseguindo atender a mais estados do país.

Além disso, se for considerado o limite técnico de uso do etanol anidro na gasolina para evitar sua pré-detonação nos motores, é possível reduzir o percentual para 10%, como ocorre nos Estados Unidos da América (Feldman, 2021). Nesse patamar de mistura, quase dois terços do volume de etanol hoje utilizado na gasolina poderiam ser destinados para o mercado de etanol hidratado, ampliando-o em 35%. Com tamanha oferta, o consumidor poderia ter melhor percepção sobre o combustível renovável.

A gravidade da situação climática levou o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) a avaliar que, se as emissões de gases de efeito estufa não forem reduzidas em 42% até 2030 e em 57% até 2035, o mundo entrará em trajetória de aumento de temperatura de até 3,1 °C neste século (UNEP, 2024). Sob esse nível, os especialistas preveem a intensificação dos eventos climáticos catastróficos no planeta. É necessário, portanto, considerar a capacidade e a disposição dos consumidores de contribuir para as políticas de mudança energética. Em vez de obrigar o consumidor a comprar etanol misturado à gasolina, a política pode incentivar seu consumo por meio de uma pequena alíquota adicional de tributo sobre a gasolina, que, associada à maior oferta de etanol hidratado (pela redução do etanol anidro misturado à gasolina), impeliria o consumidor a tornar-se um agente ativo no processo de substituição do petróleo.

7. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>.

REFERÊNCIAS

- COP 28 TERMINA com apelo à “transição” dos combustíveis fósseis. **ONU News**, 13 dez. 2023. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/12/1824862>.
- EUROPEAN COMMISSION. **GHG emissions of all world countries**. Luxemburgo: European Commission, 2024. (JRC Science for Policy Report). Disponível em: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2024.
- FELDMAN, B. Etanol na gasolina? Tem que ter (mas não 27,5%). **Autopapo**, 25 ago. 2021. Disponível em: <https://autopapo.com.br/noticia/etanol-na-gasolina-tem-que-ter/>.
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2024**. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c036b390-ba9c-4132-870b-ffb455148b63/WorldEnergyOutlook2024.pdf>.
- INVESTING in real assets for the energy transition. **CFA Institute**, 24 jan. 2025. Disponível em: <https://www.cfainstitute.org/insights/articles/real-assets-energy-transition-investment>.
- IPCC – INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Aquecimento global de 1,5 °C**. Berna: IPCC, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>.
- MOLITERNO, D. Com dólar alto, Petrobras abre ano pressionada por reajuste em preços de combustíveis. **CNN**, 6 jan. 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/com-dolar-alto-petrobras-abre-ano-pressionada-por-reajuste-em-precos-de-combustiveis/>.
- MORAIS, J. M. de. **Petróleo em águas profundas**: uma história de evolução tecnológica da Petrobras na exploração e produção no mar. 2. ed. Rio de Janeiro: Ipea, 2023. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12300/1/Petroleo_em_aguas_profundas_2ed.pdf.
- MOSQUERA, L. R. *et al.* Biofuel dynamics in Brazil: ethanol-gasoline price threshold analysis for consumer preference. **Energies**, v. 17, n. 21, p. 1-25, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/21/5265>.
- OS RESULTADOS da COP 29. **BoG**, 27 nov. 2024. Disponível em: <https://bog-ec.pt/os-resultados-da-cop-29/>.
- UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **No more hot air... please**: with a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments. Nairóbi: UNEP, 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/283370-relat%C3%B3rio-sobre-lacuna-de-emiss%C3%B5es-2024>.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- BLOOMBERGNEF: investimento global em energia limpa salta 17% e atinge US\$ 1,8 trilhão em 2023. **Bloomberg**, 31 jan. 2024. Disponível em: <https://www.bloomberg.com.br/blog/bloombergnef-investimento-global-em-energia-limpa-salta-17-e-atinge-us-18-trilhao-em-2023/>.
- FRIEDRICH, J. *et al.* This interactive chart shows changes in the world's top 10 emitters. **World Resources Institute**, 2 mar. 2023. Disponível em: <https://www.wri.org/insights/interactive-chart-shows-changes-worlds-top-10-emitters>.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Ana Clara Escórcio Xavier

Everson da Silva Moura

Revisão

Alice Souza Lopes

Amanda Ramos Marques Honorio

Cláudio Passos de Oliveira

Denise Pimenta de Oliveira

Nayane Santos Rodrigues

Olavo Mesquita de Carvalho

Reginaldo da Silva Domingos

Susana Sousa Brito

Yally Schayany Tavares Teixeira

Jennyfer Alves de Carvalho (estagiária)

Katarinne Fabrizzi Maciel do Couto (estagiária)

Editoração

Anderson Silva Reis

Augusto Lopes dos Santos Borges

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniel Alves Tavares

Danielle de Oliveira Ayres

Leonardo Hideki Higa

Capa

Leonardo Hideki Higa

Imagens da Capa

Banco Freepik (freepik.com)

Projeto Gráfico

Renato Rodrigues Bueno

*The manuscripts in languages other than Portuguese
published herein have not been proofread.*

Ipea – Brasília

Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C

Centro Empresarial Brasília 50, Torre B

CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF