

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
BACHARELADO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS**

**CHRISTIAN LYRION DE BARROS FONTÃO**

**O HIDROGÊNIO COMO ELEMENTO ESTRATÉGICO PARA A TRANSIÇÃO  
ENERGÉTICA JUSTA NA POLÍTICA EXTERNA BRASILEIRA (2003 - 2024)**

**Santana do Livramento - RS  
2024**

**CHRISTIAN LYRION DE BARROS FONTÃO**

**O HIDROGÊNIO COMO ELEMENTO ESTRATÉGICO PARA A TRANSIÇÃO  
ENERGÉTICA JUSTA NA POLÍTICA EXTERNA BRASILEIRA (2003 - 2024)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Relações Internacionais da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Relações Internacionais.

Orientador: Flávio Augusto Lira Nascimento

Coorientadora: Letícia Britto dos Santos

**Santana do Livramento - RS  
2024**

**CHRISTIAN LYRION DE BARROS FONTÃO**

**O HIDROGÊNIO COMO ELEMENTO ESTRATÉGICO PARA A TRANSIÇÃO  
ENERGÉTICA JUSTA NA POLÍTICA EXTERNA BRASILEIRA (2003 - 2024)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Relações Internacionais da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Relações Internacionais.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 02/12/2024.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Flávio Augusto Lira Nascimento

Orientador

UNIPAMPA

Profa. Dra. Letícia Britto dos Santos

Coorientadora

UNIPAMPA

Dr. Leandro Gomes Ferreira

Parecerista

PUC Minas

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

F677h Fontão, Christian Lyrion de Barros

O Hidrogênio como elemento estratégico para a Transição Energética Justa na Política Externa Brasileira (2003 - 2024) / Christian Lyrion de Barros Fontão.  
136 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade Federal do Pampa, RELAÇÕES INTERNACIONAIS, 2024.

"Orientação: Flávio Augusto Lira Nascimento".

"Coorientação: Leticia Britto dos Santos".

1. Análise de Política Externa. 2. Desenvolvimento Sustentável. 3. Hidrogênio.  
4. Política Externa Brasileira. 5. Transição Energética Justa. I. Título.

Dedico este trabalho, com infinito amor, carinho e gratidão, à Renata, Ricardo e Lucas Fontão, à memória de dona Edneuzza, dona Celi, seu João e seu Florentino, aos mais sinceros amigos-irmãos, às maiores e melhores inspirações de vida e saber, às pessoas-abrigo e porto-seguro, onde fiz e que fizeram morada-coração, que trouxeram luz, paz, cor, felicidade e sentido.

Sem vocês, eu não seria.

## AGRADECIMENTOS

Através das primeiras linhas, gostaria de humildemente iniciar agradecendo a Deus e ao Mestre Jesus Cristo, pelo sopro de vida, pela orientação e por mais uma oportunidade de aprendizado. Mesmo diante das adversidades, colocaram espíritos de luz e anjos humanos na minha vida para auxiliar a suportar e a permanecer no caminho.

Com o coração apertado de saudade, agradeço também à minha família: Renata, Ricardo e Lucas Fontão, que, mesmo do outro lado do atlântico, nunca me abandonaram, fortalecendo em mim o amor, o cuidado e a esperança de que tudo daria certo, e tem dado. Sem a inspiração que tenho em vocês e o apoio incondicional, nunca chegaria até aqui.

Com o mesmo carinho e amor, agradeço à Luciele Lemes Marques, melhor amiga, companheira, denguinho e porto-seguro, que, com seu jeito único, fez e me deixou fazer morada-corção, sorriu nas conquistas e me acolheu nos momentos de angústia. Obrigado por ser minha ‘luz(ci)’ e sempre elevar e colorir meus pensamentos.

Agradeço também aos meus amigos-irmãos, que começando no village e aumentando com o tempo, se tornaram a minha família na Fronteira da Paz. Vitor, Bruno, Lucas, Guilherme, Gustavo, Iannic, Juan, Diego e todos os outros não citados que em algum momento também estiveram juntos nas dificuldades fronteiriças e zoeiras acadêmicas, criando laços de vida que espero manter para sempre, muito obrigado pessoal.

Agradeço especialmente a dois seres iluminados, Tia Polaca, que me auxiliou, com cuidados de vó, no início da caminhada e nos momentos de saudade, e a Tia Naomi, que me ensinou a refletir e agir contra os medos internos e inseguranças que a vida nos traz.

Ainda, quero agradecer à Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, representada por seus servidores, pela experiência única de vida e desenvolvimento intelectual. Agradeço especialmente à Anna Carletti, Fernando Meinero, Kamilla Rizzi, Marcio Guimarães, Nathaly Schutz, Rafael Schmidt, Renato Costa e aos outros docentes do Curso de Relações Internacionais, vocês são verdadeiras inspirações de saber.

Por fim, quero agradecer imensamente aos professores Flávio Augusto Lira Nascimento e Leticia Britto dos Santos, os quais que, além de orientar os trabalhos e inspirar na vida acadêmica, também me acolheram e foram “pai” e “mãe” temporários, apoiando, compreendendo e promovendo meu amadurecimento pessoal e intelectual. Quero que saibam e recebam meu eterno reconhecimento e gratidão. Sempre brinquei, mas é verdade... quando crescer, eu quero ser igual a vocês. Muito obrigado!

“A Terra produziria sempre o necessário, se com o necessário soubesse o homem contentar-se. Se o que ela produz não lhe basta a todas as necessidades, é que ele a emprega no supérfluo o que poderia ser empregado no necessário [...] Na verdade eu vos digo que não é a Natureza a imprevidente, é o homem que não sabe regular-se”.

O livro dos Espíritos, capítulo V, questão 705.

“Eu acredito que a água será um dia utilizada como combustível, em que o hidrogênio e o oxigênio que a constituem, de forma conjunta ou isolada, vão fornecer uma fonte inesgotável de calor e luz, em uma intensidade que o carvão não é capaz.”

Júlio Verne, A Ilha Misteriosa, 1875.

## RESUMO

Este trabalho analisa o papel do hidrogênio (H<sub>2</sub>) como elemento estratégico para uma Transição Energética Justa (TEJ) na Política Externa Brasileira entre 2003 e 2024. Utilizando uma metodologia qualitativa e o método hipotético-dedutivo, com aplicação da Análise de Política Externa, a pesquisa investiga as ações e estratégias brasileiras no plano interno e internacional para promover o H<sub>2</sub>, consolidando a posição do país como liderança nas agendas de Desenvolvimento Sustentável e TEJ. O estudo é estruturado em cinco objetivos específicos que buscam: 1) definir o conceito de Transição Energética Justa; 2) descrever as características ambientais do Brasil em relação à TEJ; 3) analisar o histórico de atuação do Brasil em relação à energia; 4) compreender a importância do Hidrogênio para a TEJ; e 5) examinar as estratégias adotadas pelo Brasil de 2003 a 2024 em relação ao H<sub>2</sub> para a TEJ. A análise indica que, como vetor energético limpo, o hidrogênio representa tanto uma alternativa aos combustíveis fósseis, promovendo a descarbonização, quanto um elemento com forte impacto nas Relações Internacionais. Além disso, observa-se que o Brasil avança no desenvolvimento da "Diplomacia do Hidrogênio", consolidando-se como ator ativo em fóruns multilaterais e parcerias bilaterais para a promoção do hidrogênio. Em um contexto de liderança internacional, o país ocupa posições centrais como a presidência do G20 em 2024, sob o lema "Construindo um mundo justo e um planeta sustentável", a sede da COP 30 em Belém e a presidência dos BRICS em 2025, cujo tema é "Fortalecendo a Cooperação do Sul Global para uma Governança mais Inclusiva e Sustentável". No plano doméstico, iniciativas como a Política Nacional de Transição Energética, o programa Combustível do Futuro, o Plano de Transformação Ecológica e a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono reforçam o discurso do Brasil como liderança global e principal fornecedora de H<sub>2</sub> de baixo carbono até 2035. Conclui-se que o hidrogênio fortalece a posição do Brasil nas questões energéticas e ambientais globais, promovendo sua liderança no combate às mudanças climáticas e na construção de uma Transição Energética Justa que possibilite alcançar o Desenvolvimento Sustentável.

**Palavras-Chave:** Análise de Política Externa; Desenvolvimento Sustentável; Hidrogênio; Política Externa Brasileira; Transição Energética Justa.



## ABSTRACT

This study analyzes the role of hydrogen (H<sub>2</sub>) as a strategic element for a Just Energy Transition (JET) in Brazilian Foreign Policy between 2003 and 2024. Using a qualitative methodology and the hypothetical-deductive method, with the application of Foreign Policy Analysis, the research investigates Brazil's domestic and international actions and strategies to promote H<sub>2</sub>, consolidating the country's position as a leader in the Sustainable Development and JET agendas. The study is structured around five specific objectives that aim to: 1) define the concept of a Just Energy Transition; 2) describe Brazil's environmental characteristics in relation to JET; 3) analyze Brazil's historical engagement with energy issues; 4) understand the importance of hydrogen for JET; and 5) examine the strategies adopted by Brazil from 2003 to 2024 regarding H<sub>2</sub> for JET. The analysis indicates that, as a clean energy vector, hydrogen represents both an alternative to fossil fuels, promoting decarbonization, and an element with a significant impact on International Relations. Furthermore, it is observed that Brazil is advancing in the development of a "Hydrogen Diplomacy," positioning itself as an active player in multilateral forums and bilateral partnerships for the promotion of hydrogen. In a context of international leadership, the country holds pivotal roles such as the presidency of the G20 in 2024, under the theme "Building a Fair World and a Sustainable Planet," hosting COP 30 in Belém, and presiding over the BRICS in 2025, with the theme "Strengthening Global South Cooperation for More Inclusive and Sustainable Governance". Domestically, initiatives such as the National Energy Transition Policy, the Future Fuel Program, the Ecological Transformation Plan, and the National Low-Carbon Hydrogen Policy reinforce Brazil's narrative as a global leader and major supplier of low-carbon H<sub>2</sub> by 2035. The study concludes that hydrogen strengthens Brazil's position in global energy and environmental issues, promoting its leadership in combating climate change and fostering a Just Energy Transition that enables the achievement of Sustainable Development.

**Keywords:** Foreign Policy Analysis; Sustainable Development; Hydrogen; Brazilian Foreign Policy; Just Energy Transition.

## ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit analysiert die Rolle von Wasserstoff (H<sub>2</sub>) als strategisches Element für eine Gerechte Energiewende (GEW) in der brasilianischen Außenpolitik zwischen 2003 und 2024. Unter Verwendung einer qualitativen Methodologie und der hypothetisch-deduktiven Methode sowie der Anwendung der Außenpolitikanalyse untersucht die Forschung die innerstaatlichen und internationalen Maßnahmen und Strategien Brasiliens zur Förderung von H<sub>2</sub>. Ziel ist es, die Position des Landes als führend in den Agenden der nachhaltigen Entwicklung und der GEW zu festigen. Die Studie ist in fünf spezifische Ziele unterteilt: 1) die Definition des Konzepts der Gerechten Energiewende; 2) die Beschreibung der umweltbezogenen Merkmale Brasiliens im Hinblick auf die GEW; 3) die Analyse der energiepolitischen Geschichte Brasiliens; 4) das Verständnis der Bedeutung von Wasserstoff für die GEW; und 5) die Untersuchung der Strategien, die Brasilien zwischen 2003 und 2024 in Bezug auf H<sub>2</sub> zur Unterstützung der GEW umgesetzt hat. Die Analyse zeigt, dass Wasserstoff als sauberer Energieträger sowohl eine Alternative zu fossilen Brennstoffen darstellt, die die Dekarbonisierung fördert, als auch ein Element mit starkem Einfluss auf die internationalen Beziehungen ist. Darüber hinaus wird festgestellt, dass Brasilien in der Entwicklung einer „Wasserstoffdiplomatie“ voranschreitet und sich als aktiver Akteur in multilateralen Foren und bilateralen Partnerschaften zur Förderung von Wasserstoff positioniert. Im Kontext internationaler Führungsrollen übernimmt Brasilien wichtige Positionen wie den Vorsitz der G20 im Jahr 2024 unter dem Motto „Eine gerechte Welt und einen nachhaltigen Planeten aufbauen“, die Ausrichtung der COP 30 in Belém und den Vorsitz der BRICS im Jahr 2025 mit dem Thema „Stärkung der Zusammenarbeit des Globalen Südens für eine inklusivere und nachhaltigere Governance“. Auf nationaler Ebene verstärken Initiativen wie die Nationale Energiepolitik zur Energiewende, das Programm „Treibstoff der Zukunft“, der Ökologische Transformationsplan und die Nationale Niedrig-Emissions-Wasserstoffpolitik den Diskurs Brasiliens als globale Führungsmacht und als Hauptlieferant von kohlenstoffarmem H<sub>2</sub> bis 2035. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass Wasserstoff die Position Brasiliens in globalen Energie- und Umweltfragen stärkt, seine Führungsrolle im Kampf gegen den Klimawandel fördert und eine Gerechte Energiewende ermöglicht, die die Erreichung nachhaltiger Entwicklung unterstützt.

**Schlüsselwörter:** Außenpolitikanalyse; Nachhaltige Entwicklung; Wasserstoff; Brasilianische Außenpolitik; Gerechte Energiewende.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Matriz Energética do Brasil com base na Oferta Interna de Energia em 2023.....	60
Figura 2: Evolução total da Oferta Interna de Energia do Brasil de 2014 a 2023.....	61
Figura 3: Evolução das renováveis na Oferta Interna de Energia do Brasil de 2004 a 2023.	62
Figura 4: Matriz Elétrica do Brasil com base na Oferta Interna de Energia total em 2023...	62
Figura 5: Projeção da demanda e oferta de energia no Brasil até 2050.....	63
Figura 6: Potencial de recursos mais facilmente acessíveis no horizonte de 2050.....	64
Figura 7: Potencial de recursos com maiores desafios de aproveitamento até 2050.....	64
Figura 8: Comparação entre a Matriz Energética do Brasil com a média mundial e OCDE.	65
Figura 9: Comparação entre a Matriz Elétrica do Brasil com a média mundial e OCDE....	66
Figura 10: Comparação da Matriz Elétrica dos membros do G20 em 2023.....	67
Figura 11: Índice de Transição Energética 2024.....	68
Figura 12: Classificação do Hidrogênio a partir da tecnologia de produção.....	79
Figura 13: Linha do tempo dos anúncios das políticas e estratégias de hidrogênio.....	90
Figura 14: Cooperações Internacionais Firmadas com Base em Acordos Bilaterais e em Memorandos de Entendimento (até nov. 2021).....	91
Figura 15: Projetos de Hidrogênio Verde na América Latina.....	93

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APE - Análise de Política Externa  
CCS - Captura e Armazenamento de Carbono  
CID - Cooperação Internacional para o Desenvolvimento  
COP's - Conferências das Partes  
CSLF - Carbon Sequestration Leadership Forum  
DS - Desenvolvimento Sustentável  
ETS - Estudos de Transição Sustentável  
EUA - Estados Unidos da América  
H2 - Hidrogênio  
H2V - Hidrogênio Verde  
IEA - International Energy Agency  
IPHE - International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy  
IRENA - International Renewable Energy Agency  
MC - Mudanças Climáticas  
MMA - Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima  
MME - Ministério de Minas e Energia  
MRE - Ministério das Relações Exteriores  
ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável  
ONU - Organização das Nações Unidas  
OI's - Organizações Internacionais  
ONG's - Organizações Não Governamentais  
PEB - Política Externa Brasileira  
RI - Relações Internacionais  
RIMC - Regime Internacional de Mudanças Climáticas  
TE - Transição Energética  
TEJ - Transição Energética Justa  
UE - União Europeia

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2. TEORIAS, DELIMITAÇÕES CONCEITUAIS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISE</b>	<b>19</b>
2.1 CONSTRUTIVISMO.....	20
2.2 DELIMITAÇÕES CONCEITUAIS.....	23
2.2.1 Transição Energética.....	23
2.2.2 Segurança Energética.....	24
2.2.3 Desenvolvimento Sustentável.....	25
2.2.4 Justiça Climática.....	26
2.2.5 Transição Energética Justa.....	26
2.3 ANÁLISE DA POLÍTICA EXTERNA.....	27
2.3.1 Jogos de Dois Níveis.....	28
2.3.2 Política Externa Brasileira.....	30
2.4 COOPERAÇÃO INTERNACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO.....	32
2.5 PREENCHENDO LACUNAS: POLÍTICA EXTERNA AMBIENTAL E POLÍTICA EXTERNA ENERGÉTICA.....	33
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	34
<b>3. CAMINHOS PARA A TRANSIÇÃO: DO DESENVOLVIMENTISMO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....</b>	<b>36</b>
3.1 ENTRE AVANÇOS E RETROCESSOS: O BRASIL NA GOVERNANÇA AMBIENTAL GLOBAL ATÉ 2022.....	36
3.2 A RETOMADA DE PRIORIDADES NO TERCEIRO GOVERNO LULA.....	45
3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	49
<b>4. A ENERGIA DO BRASIL.....</b>	<b>51</b>
4.1 A ENERGIA NO SISTEMA INTERNACIONAL E AS AÇÕES DO BRASIL.....	51
4.1.1 Petróleo.....	53
4.1.2 Energia Nuclear.....	54
4.1.3 Biocombustíveis.....	56
4.1.4 Integração Energética.....	58
4.2 A POLÍTICA ENERGÉTICA E AS MATRIZES BRASILEIRAS.....	60
4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	71
<b>5. UM ARCO-ÍRIS DE POSSIBILIDADES: O HIDROGÊNIO E SUAS CORES.....</b>	<b>74</b>
5.1 A HISTÓRIA DO HIDROGÊNIO.....	74
5.2 CORES E ROTAS DE PRODUÇÃO DE H <sub>2</sub> .....	78
5.2 A ECONOMIA E NOVA GEOPOLÍTICA DO HIDROGÊNIO?.....	84
5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	94
<b>6. A CONSTRUÇÃO DA DIPLOMACIA DO HIDROGÊNIO?.....</b>	<b>96</b>
6.1 O HIDROGÊNIO NA POLÍTICA INTERNA BRASILEIRA.....	96
6.2 O HIDROGÊNIO NA POLÍTICA EXTERNA BRASILEIRA.....	105
6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	114
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>116</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>125</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas (MC), resultado da intensa atividade antrópica, têm intensificado fenômenos extremos como o aumento das temperaturas, furacões, inundações e secas, ampliando os desafios econômicos, sociais e políticos do Sistema Internacional (SI) e consolidando-se como uma das maiores ameaças à vida no século XXI (Schumer; Boehm, 2023). Nesse contexto, a discussão sobre a descarbonização econômica e a necessidade de uma Transição Energética (TE) que altere as matrizes energéticas e substitua os combustíveis fósseis por energias renováveis e limpas tem ganhado destaque nas Relações Internacionais (RI) (EPE, 2023). À medida que os desafios impostos pelas MC se tornam mais urgentes, ocorre a necessidade de equilibrar aspectos conflituosos como sustentabilidade ambiental, crescimento econômico, segurança energética e redução de desigualdades no SI. Nesse sentido, a Transição Energética Justa (TEJ) se destaca, especialmente defendida por países do Sul Global, como um meio de alcançar o necessário equilíbrio ambiental, levando em consideração o bem estar social, o desenvolvimento econômico e as desigualdades (geo)políticas de recursos e outras capacidades entre os Estados (AGÊNCIA GOV, 2024).

O hidrogênio (H<sub>2</sub>) tem sido apresentado como uma alternativa promissora para viabilizar a TE. Considerado um recurso energético inovador, em relação aos combustíveis fósseis, e até mesmo aos biocombustíveis, ele oferece o potencial de reduzir significativamente as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs) em diversos setores, promovendo uma TE mais equitativa (IEA, 2024a). Entretanto, sua utilização exige não apenas avanços tecnológicos, mas também esforços diplomáticos coordenados em diversos níveis para estabelecer iniciativas que viabilizem sua utilização.

As questões ambientais e energéticas vêm tornando-se uma das prioridades na formulação da Política Externa Brasileira, especialmente devido à abundância de recursos naturais e energéticos do país. Historicamente, o Brasil tem desempenhado um papel ativo nas negociações internacionais, promovendo o avanço de agendas que refletem seus interesses e os de outros países do Sul Global de forma propositiva e cooperativa, em fóruns como a Assembleia Geral da ONU (AG-ONU), as Conferências das Partes (COPs) do Regime Internacional de Mudanças Climáticas (RIMC), o G20, os BRICS e em outros espaços de diálogo em nível bi ou multilateral (MRE, 2024a). Após um esvaziamento da agenda climática nos governos Temer (2016-2018) e Bolsonaro (2019-2022), o terceiro governo Lula (2023-2026) tenta retomar a projeção internacional do país, com destaque para o anúncio da

COP 30 em Belém em 2025 e a presidência brasileira no G20 de 2024, cujo slogan é "Construindo um mundo justo e um planeta sustentável".

O H2 como elemento para a TEJ também vem sendo promovido pelo Brasil, inserido nas discussões nacionais e internacionais como um ponto de partida para “uma nova agenda de desenvolvimento econômico, social e ambiental” (MME, 2023a). O país, desde 2003, é membro fundador das primeiras iniciativas no setor, como a Parceria Internacional para o Hidrogênio e as Células de Combustível na Economia (IPHE) e o *Carbon Sequestration Leadership Forum* (CSLF), o que demonstra seu interesse e proatividade na promoção do H2. Portanto, a promoção da TEJ e do H2, alinha-se tanto às preocupações ambientais da Comunidade Internacional quanto às oportunidades socioeconômicas e (geo)políticas que o Brasil, como ator relevante nessas questões, pode explorar.

Visto isso, a pergunta motivadora desta pesquisa é: “De que forma o Hidrogênio é promovido como um elemento para a Transição Energética Justa na Política Externa Brasileira de 2003 a 2024?”. A pesquisa segue uma abordagem qualitativa, tendo como objetivo geral “analisar a adoção do hidrogênio como elemento estratégico na Política Externa Brasileira para a Transição Energética Justa (TEJ) no período de 2003 a 2024” com foco na compreensão e explicação das dinâmicas a nível global e local, de forma a objetivar o fenômeno observado. A natureza de pesquisa é básica, já que busca gerar conhecimentos novos de questões específicas e lacunas na Política Externa do Brasil e na área de Relações Internacionais. O método utilizado foi o hipotético-dedutivo para a interpretação do objeto, utilizando de conceitos, indicadores, hipóteses e trabalho lógico para chegar às conclusões (Gerhardt, Silveira, 2009). A hipótese proposta é que “a utilização do hidrogênio como elemento estratégico para a TEJ redireciona a Política Externa Brasileira para uma nova vertente de atuação: a Diplomacia do Hidrogênio”.

Os procedimentos envolvem a pesquisa documental, compreensão histórica, revisão bibliográfica de livros, notícias, sites, artigos, documentos oficiais e relatórios de organizações internacionais. Os capítulos foram organizados com base nos objetivos específicos, que são exploratórios e explicativos, e buscam: 1) definir o conceito de Transição Energética Justa; 2) descrever as características ambientais do Brasil em relação à Transição Energética Justa; 3) analisar o histórico de atuação do Brasil em relação à energia; 4) compreender a importância do Hidrogênio para a Transição Energética; e 5) examinar as estratégias adotadas pelo Brasil de 2003 a 2024 em relação ao Hidrogênio para a Transição Energética Justa.

A partir disso, cada capítulo se propõe a aprofundar diferentes aspectos teóricos e práticos do tema, conforme detalhado a seguir.

O Capítulo 1 apresenta as bases teóricas e conceituais que fundamentam o estudo a partir de uma abordagem construtivista. Essa perspectiva permite compreender como as ideias, identidades e normas internacionais influenciam e são influenciadas pelos Estados, especialmente na formulação de novas agendas, como a TEJ. Para sustentar essa análise, o capítulo apresenta e define conceitos fundamentais, incluindo Transição Energética, Segurança Energética, Desenvolvimento Sustentável e Justiça Climática. Além disso, são apresentadas as teorias de Análise de Política Externa, com o Jogo de Dois Níveis de Putnam e o Acumulado Histórico da Diplomacia Brasileira e suas características paradigmáticas de Cervo e Bueno. Além disso, a Cooperação Internacional para o Desenvolvimento é apresentada como mecanismo essencial de promoção de alternativas mais equitativas, e por fim, as lacunas encontradas na não definição de Política Externa Ambiental e Política Externa Energética são apresentadas para possíveis novos direcionamentos de pesquisa. Esses conceitos fornecem o arcabouço teórico necessário que orienta toda a pesquisa, permitindo uma visão interdisciplinar e crítica sobre o papel do hidrogênio e do Brasil no mundo e no desenvolvimento de uma política externa voltada para a TEJ.

No Capítulo 2, a análise se volta para as particularidades da participação brasileira na governança ambiental global, descrevendo as características e desafios do Brasil em relação ao combate às mudanças climáticas. O capítulo explora a evolução histórica da postura brasileira em fóruns internacionais, como a Conferência de Estocolmo, a Rio 92, Rio+10 e Rio +20. Além disso, são apresentadas como esses marcos internacionais influenciaram a adoção de políticas internas que moldaram a posição do país em questões ambientais e energéticas. Através da identificação de avanços, retrocessos e períodos de oscilação nas políticas climáticas e energéticas, influenciados também pela postura de diferentes governos, este capítulo proporciona uma visão ampla da construção da agenda energética e climática do Brasil e seu impacto na imagem e relevância do país no cenário internacional.

O Capítulo 3 investiga o histórico de atuação do Brasil em relação à energia, analisando os principais marcos e transformações da política energética internacional e como o país reagiu às crises e mudanças de forma a favorecer sua auto suficiência. O capítulo examina algumas das principais vertentes da política energética brasileira, com destaque para o papel das fontes de energia renováveis e nas iniciativas de diversificação da matriz energética e elétrica. A análise inclui a relevância geopolítica dessas estratégias e a posição de



destaque do Brasil nas discussões globais sobre energia e meio ambiente, uma vez que é um dos países com as matrizes energéticas e elétricas mais limpas, superando as médias globais.

No Capítulo 4, o trabalho se aprofunda na importância do hidrogênio como um vetor estratégico para a Transição Energética Justa, evidenciando suas vantagens como alternativa direta aos combustíveis fósseis e seus derivados. O capítulo explora as características, benefícios e desafios da produção e utilização do hidrogênio, incluindo a análise de suas diferentes cores (como o verde, o azul e o cinza) e das peculiaridades necessárias para sua utilização em escala. Além disso, são discutidas as vantagens associadas ao hidrogênio e seu papel na geopolítica energética contemporânea, onde mais de 60 governos já estão implementando políticas e estratégias de H<sub>2</sub>, o que pode possibilitar um novo ciclo de competição ou uma cooperação mais equitativa alinhada às metas globais de descarbonização.

O Capítulo 5 examina as estratégias do Brasil entre 2003 e 2024 em relação à promoção do hidrogênio para a TEJ, focando na construção do que pode ser chamado de uma nova "diplomacia do hidrogênio". Esse capítulo discute as iniciativas de cooperação internacional, a participação do Brasil em acordos e fóruns multilaterais e as ações bilaterais que visam promover o hidrogênio como parte essencial da transição energética brasileira e global. A análise busca identificar os desafios enfrentados pelo Brasil, como a necessidade de investimentos em infraestrutura e inovação, ao mesmo tempo que explora as oportunidades para consolidar o país como um ator importante na economia de baixo carbono. Isso é importante devido ao período de liderança brasileira no G20 2024, onde o país vem construindo novos consensos sobre o uso de H<sub>2</sub> e a necessidade de uma TEJ. Com isso, o capítulo oferece uma visão sobre o H<sub>2</sub> no Brasil, considerando o potencial de sua inserção internacional e as oportunidades de liderança no cenário internacional, como por exemplo sendo a presidência dos BRICS e o país sede da COP 30 em Belém do Pará em 2025.

Ao longo da pesquisa bibliográfica foi identificado que existem poucos estudos sobre a Política Externa Brasileira para a Transição Energética, onde a maioria foca na questão ambiental, e ainda mais escassos são os estudos sobre o hidrogênio nas Ciências Sociais e Humanas, geralmente restritos às áreas da Economia ou Engenharia. Dessa forma, a relevância desta pesquisa está em preencher essa lacuna, partindo de uma abordagem interdisciplinar, combinando Análise de Política Externa e outras subáreas das RI com Estudos de Transição Sustentável (ETS), contribuindo para uma compreensão mais ampla das dinâmicas do H<sub>2</sub> e da TE como parte dos “novos temas contemporâneos” das RI.

Portanto, Ao analisar a evolução e o impacto da abordagem brasileira em relação ao H<sub>2</sub> como elemento da TEJ, com base nas estratégias adotadas de 2003 a 2024, pretende-se

identificar padrões e mudanças na abordagem que configuram uma nova vertente de política externa para energias renováveis baseada no hidrogênio, somando-se as 4 outras vertentes existentes: a Diplomacia da Bioenergia, a Integração Elétrica Regional, a Transição Energética em Foros Multilaterais e os Diálogos Bilaterais Transversais (MRE, 2024a).

Por fim, esta pesquisa visa não apenas contribuir para o avanço do conhecimento científico no campo das RI, mas também fornecer possíveis insights que possam ser úteis a formuladores de políticas e demais atores interessados na promoção do H2 e da TEJ. A compreensão das estratégias e dos desafios enfrentados pelo Brasil pode fornecer subsídios para decisões futuras e contribuir para uma atuação mais eficaz no âmbito nacional, regional e internacional. Portanto, pretende-se oferecer uma análise que pode ter impacto prático, auxiliando na formulação de políticas mais alinhadas com os desafios globais da necessária Transição Energética Justa e de alcançar de forma plena o Desenvolvimento Sustentável.

## 2. TEORIAS, DELIMITAÇÕES CONCEITUAIS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISE

Este capítulo apresentará as principais teorias, conceitos e os instrumentos analíticos essenciais para a compreensão da formação de uma nova agenda focada na utilização do Hidrogênio como um elemento estratégico para a Transição Energética Justa na Política Externa Brasileira. Dessa forma, busca-se definir o conceito de Transição Energética Justa (TEJ), assim como outras fundamentações utilizadas para desenvolver o tema proposto.

A primeira seção apresenta a abordagem Construtivista, dentre as teorias das Relações Internacionais (RI), a qual oferece insights sobre como os atores internacionais influenciam e são influenciados pelas ideias, normas, identidades e a sobreposição de interações e interesses que constroem as dinâmicas no SI, especialmente no contexto de consolidação de novas agendas, como a Transição Energética.

A segunda seção foi elaborada a fim de realizar a construção do conceito de Transição Energética Justa que será aplicado ao trabalho. Assim, são apresentados 4 conceitos chave que melhor embasam a TEJ, sendo eles: 1º) Transição Energética; 2º) Segurança Energética, 3º) Desenvolvimento Sustentável e 4º) Justiça Climática.

A terceira seção apresenta o instrumento analítico utilizado para compreender como a agenda internacional influencia as questões internas dos agentes e como estas influenciam o cenário internacional, na subárea da Análise de Política Externa (APE). A partir do Jogo de Dois Níveis de Robert Putnam (2010) é possível compreender melhor as interações entre os níveis de análise e como essas dinâmicas podem ser aplicadas e compreendidas no caso proposto. Além disso, para compreender a Política Externa do Brasil, são destacadas as principais contribuições teóricas de pesquisadores especialistas da área, como Amado Cervo e Clodoaldo Bueno e seus conceituados trabalhos sobre o Acumulado Histórico da Diplomacia Brasileira, os Paradigmas de Estado e os Padrões de Conduta do Brasil.

A quarta seção apresenta o conceito de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (CID) e como este auxilia no entendimento sobre como os Estados promovem alternativas de cooperação que podem mitigar e adaptar os efeitos da crise climática, especialmente a partir da visão de cooperação Norte-Sul e Sul-Sul. Os trabalhos de Milani (2012 e 2013) embasam essa discussão, assim como o trabalho de Ribeiro (2014) com foco na CID para biocombustíveis. Esta seção é apresentada com a finalidade de elaborar uma análise semelhante a de Ribeiro, mas agora com enfoque na construção da diplomacia do Hidrogênio, que será desenvolvida no último capítulo.

Por fim, são analisadas as lacunas da não definição de Política Externa Ambiental e Política Externa Energética nas bibliografias em geral, e como pretende-se preenchê-las e adaptar os possíveis conceitos para essa pesquisa. Dessa forma, o arcabouço teórico e analítico necessário é desenvolvido a partir da formulação de conceitos e revisão bibliográfica das principais leituras relacionadas ao tema, embasando e complementando a análise.

## 2.1 CONSTRUTIVISMO

A teoria construtivista nas RI é uma abordagem que enfatiza o papel das ideias, dos discursos, das normas e das identidades na formação das relações entre os atores no Sistema Internacional, contrastando diretamente com alguns pressupostos de outras teorias, como o Realismo e o Liberalismo. Emanuel Adler (1999) afirma que a teoria construtivista seria definida como um “meio termo” entre diversas outras abordagens, principalmente as de cunho estruturalista (Realismo) ou individualista (Liberalismo), assim como as de cunho racionalista (positivistas) ou interpretativistas relativistas (Pós-modernas). Além disso, o construtivismo não é necessariamente anti-liberal ou anti-realista, nem pessimista ou otimista, mas apenas divergente em alguns fundamentos epistemológicos e ontológicos de outras teorias, sendo, na verdade, uma oportunidade, ou tentativa, de criar uma “Teoria Social das Relações Internacionais”.

Alexander Wendt é um dos seus principais autores, e, justamente no seu livro “Teoria Social da Política Internacional”, caracteriza os dois princípios básicos do construtivismo:

[...] (1) que as estruturas da associação humana são determinadas sobretudo por ideias compartilhadas, e não apenas por forças materiais, e (2) que as identidades e os interesses dos atores internacionais são construídos por essas ideias compartilhadas, e não dadas pela natureza. O primeiro princípio representa uma abordagem “idealista” da vida social, e, devido à ênfase nas ideias compartilhadas, é também “social” de um modo que a ênfase oposta da visão “materialista” na biologia, na tecnologia ou no ambiente não é. O segundo princípio é uma abordagem “holista” ou “estruturalista” devido à ênfase nas forças emergentes das estruturas sociais, o que se opõe à visão “individualista” de que as estruturas sociais são redutíveis aos indivíduos. O construtivismo pode, portanto, ser entendido como um modo de “idealismo estrutural” (Wendt, 2014, p. 17).

Sintetizando essa ideia, Emanuel Adler (1999, p.205) afirma que “o Construtivismo é a perspectiva segundo a qual o modo pelo qual o mundo material forma a, e é formado pela, ação e interação humana depende de interpretações normativas e epistêmicas dinâmicas do mundo material”. Ou seja, diferente das teorias tradicionais, como o Liberalismo e o Realismo, que tratam as ações, identidades e/ou os interesses dos atores como algo dado e

imutável, o construtivismo argumenta que essa realidade na verdade é socialmente construída e continuamente moldada por interações e entendimentos coletivos, ou seja, a sua principal contribuição teórica é justamente a Intersubjetividade.

Como o construtivismo não é uma teoria rígida como o realismo, mas na verdade abre espaço para vários tipos de interpretação da realidade internacional, existem diversas “correntes” construtivistas, que geralmente divergem metodologicamente em sua estrutura de análise. Segundo Adler (1999, p. 222), existem 4 principais grupos, ou correntes, sendo eles: 1º Construtivistas “Modernistas”, que acreditam que, uma vez evitado o extremismo ontológico, não há razão para se excluir o uso de métodos padronizados ao lado de métodos interpretativos<sup>1</sup>; 2º Construtivistas “Institucionalistas”, que “utilizam insights da lei e jurisprudência internacional para mostrar o impacto das relações internacionais nos modos de raciocínio e persuasão e no comportamento guiado por regras em determinado período”; 3º Construtivistas “Narrativos”, que dão “atenção particular às narrativas baseadas em gênero, ações de agentes como movimentos sociais e o desenvolvimento de interesses de segurança dos Estados”; e 4º construtivistas “pós-modernos”, que utilizam técnicas e métodos analíticos e críticos desenvolvidos por teóricos pós-modernos, como Michel Foucault, e partem da desconstrução e reconstrução de termos, como por exemplo a própria “soberania”.

Outro aspecto desenvolvido por Wendt (2014) que auxilia na compreensão do que é a teoria construtivista é a noção de diferentes Culturas de Anarquia e os diferentes graus de institucionalização dessas culturas. Segundo o autor, culturas de anarquia diferentes derivam de tipos de papéis diferentes em termos de como os atores (para ele, Estados) representam eles mesmos (*Self*) e os outros (*Other*). Assim, podem ser identificados três “papéis”, *inimigo*, *rival e amigo*, que são formados e formam três diferentes culturas na política internacional, a Cultura Hobbesiana<sup>2</sup>, a Lockeana<sup>3</sup> e a Kantiana<sup>4</sup>. Cada uma delas têm diferentes regras de engajamento, lógicas de interação e tendências sistêmicas. Os três diferentes motivos, coerção, auto interesse e legitimidade, geram diferentes caminhos pelos quais uma cultura pode ser percebida, e geralmente correspondem à forma como Neorrealistas, Neoliberais e Construtivistas explicam o cumprimento de regras. Portanto, quanto mais uma cultura for internalizada, mais difícil é modificá-la e quanto maior for a importância da cultura na política internacional, mais estável se tornaria o SI.

---

<sup>1</sup> Dentro deste grupo, também seriam caracterizados os construtivistas estado-cêntricos e os construtivistas que tomam outros atores como principais das relações internacionais, como nações e grupos étnicos, sendo estas, características emergentes, mais do que categorias reificadas.

<sup>2</sup> Baseada em hostilidade, anarquia competitiva, desconfiança, política de poder e autoajuda.

<sup>3</sup> Baseada em rivalidade, anarquia restritiva, respeito à soberania e tentativa de resolução pacífica de conflitos.

<sup>4</sup> Baseada na amizade, anarquia coletivista, segurança coletiva pacifista e interdependência positiva.

Wendt (2014) afirma que os processos de socialização desempenham um papel fundamental na formação das identidades e interesses dos Estados. O autor argumenta que os Estados não adotam apenas comportamentos alinhados com normas internacionais por coerção ou interesse próprio, mas porque essas normas se tornam parte integrante de sua identidade. Isso significa que a conformidade com normas como respeito aos direitos humanos, práticas democráticas e compromissos ambientais não é apenas uma questão de conformidade externa, mas também uma forma de os Estados definirem quem são perante a comunidade internacional.

A construção da identidade dos atores internacionais é também um tema central de construtivistas como Martha Finnemore e Kathryn Sikkink, que destacam como os regimes internacionais moldam as identidades dos Estados através da adesão a normas e práticas compartilhadas (Finnemore; Sikkink, 2001). Ou seja, visto que diferentes tipos de questões são socialmente construídas, elas podem influenciar diretamente as agendas globais e as políticas adotadas pelos Estados, como os acordos ambientais.

Um exemplo claro dessa dinâmica é a adesão dos Estados aos tratados internacionais de combate às mudanças climáticas, como o Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris. Além de impor obrigações legais e práticas, os tratados também influenciam profundamente como os Estados se veem e como são vistos pelos outros atores. A Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) oferecem um panorama prático do impacto de novas ideias na formulação de políticas globais, regionais e locais, redefinindo as prioridades das sociedades e as responsabilidades estatais, criando um novo tipo de cultura pautada na sustentabilidade.

Portanto, o construtivismo oferece uma perspectiva sobre como mudanças nas normas e ideias podem catalisar transformações sociais e políticas. Isso não apenas molda a percepção dos Estados em relação a desafios globais como as mudanças climáticas, mas também influencia suas ações a promover novas práticas. Se a realidade internacional é socialmente construída, ela também pode ser modificada com base nessas interações, consolidando novas ideias, criando novas realidades, culturas ou instituições e modificando a interação entre os Atores, é por isso que Wendt (2013) afirma que “A anarquia é o que os Estados fazem dela”.

Para este trabalho, o entendimento desse processo pode contribuir na análise da postura do Governo Brasileiro, promovendo os princípios do Desenvolvimento Sustentável e a necessidade de uma Transição Justa. A teoria construtivista auxilia na compreensão de como a nova sustentabilidade energética está moldando práticas ao redor do mundo, favorecendo uma cultura colaborativa diante dos desafios ambientais globais, inclusive no Brasil.

## 2.2 DELIMITAÇÕES CONCEITUAIS

O termo principal a ser apresentado nesta seção é a Transição Energética Justa, entretanto, para que seja construído da melhor forma, é necessário antes compreender 1º) o que é e como ocorrem as Transições Energéticas; 2) qual a importância da Segurança Energética; 3º) quais são os princípios do Desenvolvimento Sustentável e 4º) como alcançar a Justiça Climática. Com base neles, é possível chegar a uma melhor definição de TEJ que englobe todos os aspectos e permita o aprofundamento e a compreensão do tema.

### 2.2.1 Transição Energética

Primeiramente, é importante destacar que energia é a capacidade de um sistema realizar trabalho e a mesma existe em várias formas na natureza, como energia solar, do fogo, dos ventos e das águas. Historicamente, a humanidade já passou por várias “transições energéticas” significativas e, há muitos séculos, o ser humano vem explorando diferentes fontes de energia para facilitar sua vida e seu desenvolvimento. O fogo foi a primeira fonte dominada, permitindo o cozimento de alimentos e a fabricação de ferramentas rudimentares. Posteriormente, a utilização de energia dos fluidos, como água e vento, impulsionou o desenvolvimento de moinhos e moedores para moagem de grãos e bombeamento de água. Além disso, ocorreu o uso da tração animal, a criação de máquinas a vapor movidas à carvão e, finalmente, a eletricidade que acelerou o desenvolvimento tecnológico e econômico como nunca visto antes, às custas do desequilíbrio ambiental. (Fuser, 2013).

Portanto, a transição energética pode ser definida como um processo de mudança da matriz energética de uma sociedade, substituindo fontes de energia tradicionais e geralmente menos eficientes por novas, utilizando a energia de forma mais eficaz, reduzindo o consumo total e aumentando a produtividade. Esse conceito evoluiu conforme a sociedade desenvolveu novas tecnologias e agora os impactos ambientais e sociais também são levados em consideração nas escolhas energéticas. (EPE, 2023).

Atualmente, a transição energética está focada na redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs) e na mitigação das mudanças climáticas, movendo-se de uma matriz baseada em combustíveis fósseis e poluentes - como carvão, petróleo e gás natural - para fontes de baixo carbono, renováveis ou com zero emissões - como hidrelétricas, maremotriz, geotérmica, nuclear, solar, eólica, biocombustíveis e hidrogênio.

### 2.2.2 Segurança Energética

A segurança energética está diretamente relacionada às questões que envolvem a garantia de recursos energéticos essenciais à manutenção e ao desenvolvimento pleno das atividades de determinado ator (Paiva, De Castro e Lima, 2017). No entanto, definir o que é e qual a sua importância é uma tarefa árdua, pois:

[...] no âmbito dos estudos desenvolvidos na Ciência Política e nas Relações Internacionais, a segurança energética pode assumir múltiplas concepções, as quais variam e são constituídas segundo diferentes contextos e atores, mutuamente coexistindo e se influenciando. Dessa forma, as peculiaridades inerentes ao setor energético conduziram à ampliação, ao aprofundamento e à extensão do significado da segurança, tanto nos estudos como nas práticas relativas à matéria [...] Paiva, De Castro e Lima (2017, p.9)

Mesmo para o Estado Brasileiro, não existe uma clara definição do que é Segurança Energética, o artigo primeiro da lei Nº 9.478, de 6 de Agosto de 1997, que dispõe sobre a Política Energética Nacional, apresenta alguns princípios, que apresentam resoluções amplas e generalistas do possível uso de diversos tipos de ativos energéticos (BRASIL, 1997). Um ponto positivo é o enfoque ambiental e social que a lei fomenta, prezando pelo uso de energias renováveis e afirmando a proteção do interesse dos consumidores, quanto ao preço, qualidade e oferta. Isso converge com a definição da Agência Internacional de Energia (IEA, 2022a) de que “segurança energética não se trata apenas de ter acesso ininterrupto à energia, mas também de garantir o fornecimento de energia a um preço acessível”.

Portanto, a evolução do termo pode referir-se à capacidade de garantir o uso de recursos de forma estável, acessível e contínua para as necessidades econômicas e sociais (Fuser, 2013). Também pode estar relacionado diretamente com a capacidade de um ator (geralmente um Estado) diversificar suas fontes de energia, reduzir a dependência de recursos energéticos externos, e garantir a infraestrutura adequada para produção, distribuição e armazenamento de energia, assim, alcançando certo nível de autossuficiência.

Atualmente, existe grande preocupação em manter certo nível de segurança energética ao falar do necessário processo de transição para uma economia de baixo carbono. Os eventos climáticos extremos que ocorrem devido ao aquecimento global, a Guerra na Ucrânia e o grande nível de desigualdade de recursos entre os Estados, assim como outros fatores, põem em xeque divergências geopolíticas, como por exemplo se realmente serão utilizadas fontes mais limpas de energia, como será feita essa transição e a que custo.



### 2.2.3 Desenvolvimento Sustentável

O estudo sobre o meio ambiente ganhou relevância principalmente a partir de 1970, década onde surgiram as primeiras iniciativas internacionais ambientais. Souza (2024) afirma que o termo “desenvolvimento sustentável” provavelmente surgiu por Barbara Ward e René Dubos, em seus livros *Spaceship Earth* e *Only One Earth*, publicados no início da década de 70, justamente quando ocorreu a primeira reunião global que abordava o tema, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, ou Conferência de Estocolmo, em 1972.

A definição mais conhecida, e aceita, está presente no Relatório Brundtland: Nosso Futuro Comum (1987) da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que define Desenvolvimento Sustentável como aquele “no qual se atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras em atender às suas próprias necessidades” (WCED, 1987, p. 40). Ou seja, esse conceito relaciona diretamente a ideia de sustentabilidade, ou conservação ambiental, para as gerações futuras, com o desenvolvimento da sociedade atual. Isso pode parecer contraditório e, segundo Souza (2024), é motivo para diversos debates e críticas, mas seria justamente esse dualismo que não invalida ou inviabiliza a busca por recursos teóricos ou mecanismos metodológicos adequados para mobilizar e aplicar esse conceito nos dias atuais.

Além disso, Souza (2024) afirma que, no conceito, se sobressaem duas principais ideias: 1º) as necessidades verdadeiras que parcelas da população mundial sofrem com falta de acesso mínimo e digno aos recursos básicos para sobrevivência; e 2º) limitações que a sociedade, a tecnologia e seus recursos disponíveis colocam à natureza, buscando preservar as condições dignas para as futuras gerações. Ou seja, a primeira ideia está diretamente relacionada ao suposto progresso tecnocientífico que na verdade alimenta um sistema socioeconômico que, desde o colonialismo, vem elevando cada vez mais os níveis de desigualdade entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. Já no segundo caso, esses elementos também estão relacionados à expansão do sistema de exploração ecológico, social e econômico, sendo a poluição do planeta consequência direta dessa exploração predatória.

Portanto, o Desenvolvimento Sustentável envolve a integração de questões econômicas, sociais e ambientais em todas as políticas e práticas de desenvolvimento, ou seja, todas elas devem ser socialmente responsáveis, ambientalmente prudentes e economicamente viáveis, visando garantir a equidade intergeracional e intrageracional a partir da ação de todos os atores envolvidos (governos, empresas e sociedade civil).

#### **2.2.4 Justiça Climática**

Como apresentado anteriormente, a Crise Climática causa efeitos de forma desigual no mundo, os eventos climáticos extremos vêm alterando fortemente o ambiente e impactando diretamente o desenvolvimento e a forma de subsistência de diferentes comunidades populacionais. Essa desigualdade fica ainda mais alarmante devido à grande diferença de capacidades dos Estados do SI. Os países do Norte Global tendem a ter mais meios para lidar com esses efeitos climáticos por já serem desenvolvidos, além de serem os principais emissores de GEE's, entretanto, os países do Sul Global precisarão lidar com a falta de recursos financeiros e técnicos para se adaptar e mitigar os efeitos da crise climática, além de terem demandas sociais urgentes, como fome e pobreza estrutural. (AGÊNCIA GOV, 2024).

Para evidenciar esse tipo de injustiça e desigualdade, pode-se citar o caso dos “Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento” que, além de perderem parte de seu território pela elevação do nível do mar, correm o risco verdadeiro de desaparecer completamente (BBC, 2021). Ou seja, os países mais vulneráveis, em desenvolvimento, são os mais afetados e os menos responsáveis pela poluição. Alguns mecanismos estão sendo desenvolvidos para tentar equilibrar essa realidade promovendo a Justiça Climática, como o “Princípio das Responsabilidades Comuns Porém Diferenciada” no Protocolo de Kyoto, e as “Contribuições Nacionalmente Determinadas” no Acordo de Paris, mas essa questão ainda permanece em debate e sem solução definitiva. (ONU NEWS, 2023).

#### **2.2.5 Transição Energética Justa**

Com base nos conceitos apresentados anteriormente, pode-se afirmar que a melhor definição para a Transição Energética Justa refere-se à necessidade de uma mudança dos sistemas de energia de fontes fósseis para fontes renováveis e limpas, de forma a garantir não apenas a redução das emissões de GEE's, mas também a equidade social e o desenvolvimento econômico durante o processo. Dessa forma, está implícito o conceito de Desenvolvimento Sustentável com os pilares ambiental, econômico e social, a Segurança Energética, envolvendo a garantia de que as fontes renováveis de energia sejam confiáveis, resilientes e acessíveis, e da Justiça Climática, buscando garantir que custos e benefícios da transição sejam distribuídos de maneira equitativa, especialmente para os mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas e aos diferentes atores do Sistema Internacional.

## 2.3 ANÁLISE DA POLÍTICA EXTERNA

A Análise da Política Externa (APE) pode ser caracterizada como um subcampo de estudos dentro das RI, sendo um dos principais instrumentos de análise da política internacional, focando especificamente nas ações internacionais de unidades específicas, que a princípio seriam os Estados, mas levando em consideração também outras unidades. A APE concentra-se na análise do processo decisório, considerando fatores internos (como política doméstica, economia e psicologia dos líderes) e externos (como o sistema internacional e relações com outros Estados), e busca compreender como e por que essas decisões são tomadas, quais são seus determinantes, objetivos e as ações efetivamente realizadas (Salomón, Pinheiro, 2013).

Este campo de estudos surgiu nos anos 1950 com a publicação do artigo “*Decision-Making as an Approach to the Study of International Politics*” de Richard Snyder, Henry W. Bruck e Burton Sapin. O trabalho propôs estudar a política externa através do comportamento e das decisões dos líderes, contrapondo-se às análises sistêmicas e realistas da época. Posteriormente, a subárea se dividiu em duas vertentes: uma ligada à Ciência Política behaviorista, que tentava desenvolver uma “verdadeira teoria de política externa”, mas que fracassou, e outra mais plural e interdisciplinar, incorporando perspectivas de disciplinas como psicologia social, geografia e entre outras. Esta abordagem mais ampla levou à construção de teorias específicas e “de médio alcance”, que se tornaram a vertente principal da APE, focando em fenômenos mais restritos e atores específicos, como líderes, grupos de interesse e burocracias (Salomón, Pinheiro, 2013).

O trabalho de Gonçalves e Pinheiro (2020) apresenta uma ampla definição do surgimento, desenvolvimento e as principais características da APE, destacando diversas perspectivas, instrumentos de análise e relação com outras disciplinas. É importante destacar as contribuições, conexões e diálogos que a APE tem com as teorias das RI, principalmente com o Liberalismo, o Realismo e o Construtivismo. Por exemplo, uma APE com perspectiva liberal analisa como os interesses e preferências dos atores internos moldam a Política Externa (PE) de um país, ela busca compreender como mudanças domésticas, como as eleições, coalizões internas e lobbies influenciam a política externa, assim como a interdependência e as instituições interferem na política interna. Já uma APE com perspectiva realista foca em como os líderes nacionais percebem as ameaças externas, partindo de pressupostos como o interesse nacional, a autoajuda e o balanço de poder, portanto, ajustando suas políticas externas para maximizar a segurança e o poder dos Estados.

Como apresentado anteriormente, uma perspectiva construtivista também está diretamente relacionada à APE, pois, ao examinar fatores intersubjetivos e ideacionais<sup>5</sup>, o construtivismo auxilia na compreensão de como agente e estrutura - que são co-constituídos - podem realmente funcionar. Ou seja, auxilia na compreensão de como motivações e diferentes influências impactam a formulação e as decisões de políticas externas, como estas moldam o SI, e também, como a política e cultura interna é modificada. (Gonçalves, Pinheiro, 2020).

Salomón e Pinheiro (2013) afirmam que embora a APE seja compatível com diversas teorias, muitos autores da área permanecem neutros, deixando que a pesquisa empírica decida, para cada caso, que tipo de fatores teve maior peso. Essa neutralidade é semelhante à posição construtivista, que, a priori, não concede um peso maior nas explicações dos fenômenos internacionais nem às estruturas nem aos agentes, se opondo ao determinismo das teorias tradicionais das RI. As autoras afirmam que isso é semelhante aos muitos autores de APE que, em vez de se identificarem como “liberais” ou “realistas”, se identificam prioritariamente como “analistas de política externa”, sendo essa “coincidência” vista como muito salutar, e, justamente enriquece a análise proposta para a atual pesquisa.

Portanto, a APE se beneficia de uma abordagem multidisciplinar que integra elementos de diversas teorias, proporcionando uma compreensão mais completa da política externa. Ela não se limita a uma única visão, mas incorpora múltiplas perspectivas teóricas para uma análise multifacetada das decisões e comportamentos internacionais. Assim, pode ser definida como o estudo do gerenciamento das ações externas de diferentes atores, analisando a tomada de decisões, ações e comportamentos de Estados e outros atores. Isso envolve a consideração de fatores internos e externos, interesses nacionais, ideologias, capacidades de poder, normas internacionais e outras dinâmicas, além da identificação de objetivos, estratégias, medidas, meios e compreensões pelos quais esses atores conduzem suas relações no SI. (Salomón, Pinheiro, 2013; Gonçalves, Pinheiro, 2020)

### **2.3.1 Jogos de Dois Níveis**

Uma das principais perspectivas analíticas de APE é a teoria de Jogos de Dois Níveis elaborada por Robert Putnam (2010) e sua interface entre dois diferentes níveis de análise de tomada de decisão política: o nível internacional e o nível doméstico. O Nível Internacional diz respeito às interações entre atores no cenário internacional, incluindo Estados,

---

<sup>5</sup> Como as identidades, as normas, os discursos, e as interpretações socialmente construídas de diferentes fenômenos.

organizações internacionais, empresas multinacionais e outros. Já o nível doméstico refere-se às dinâmicas políticas dentro de cada país, onde os atores políticos incluem o governo, partidos políticos, grupos de interesse, mídia e a sociedade em geral. Na APE baseada nessa teoria, os Estados estão preocupados com diferentes questões e suas ações a nível externo são moldadas por considerações de interesse nacional e em resposta a outros atores internacionais. Além disso, as decisões também são influenciadas por fatores internos, como opinião pública, ideologia política, interesses econômicos e pressão de grupos de interesse. Aliando essa perspectiva com a influência de fatores intersubjetivos e ideacionais que o construtivismo apresenta, acredita-se chegar a uma melhor compreensão do objeto de estudo da pesquisa.

A essência da teoria de Putnam reside na interação entre esses dois níveis. Por exemplo, um líder político pode enfrentar pressões domésticas para adotar uma política externa específica, ao mesmo tempo em que considera as implicações dessa política nas relações bilaterais e multilaterais com outros atores internacionais. Da mesma forma, a reputação internacional de um país pode afetar a política doméstica, à medida que os líderes enfrentam críticas ou elogios por suas ações no cenário externo. Ou seja, fornece uma lente analítica para entender como essas interações moldam a política externa de um país e influenciam suas relações com outros atores internacionais.

Como um método de análise da política internacional, mais especificamente da ação e do processo de tomada de decisão dos Estados, é possível quebrar com o modelo reativo do Estado como ator unitário no Sistema Internacional. Isso forma uma análise que leva em consideração tanto a ação dos primeiros tomadores de decisões (como presidentes, ministros e diplomatas) quanto a capacidade de influência de grupos de interesses internos, como a sociedade civil, dentro da dinâmica internacional, podendo se relacionar diretamente com a perspectiva construtivista, a partir da análise Intersubjetiva.

Putnam (2010) afirma que a luta política pode ser comparada com um jogo de tabuleiro de dois níveis. No nível nacional, os grupos de interesse internos pressionam o governo a adotar políticas favoráveis e os políticos constituem coalizões entre esses grupos para ganho de poder e prestígio. Já no nível Internacional, o governo dos Estados busca minimizar consequências adversas das ações de outros Estados, ao mesmo tempo que querem maximizar as aspirações e satisfazer os interesses dos grupos internos.

Além disso, Putnam afirma que autores como Waltz, que baseiam sua análise em causas domésticas e efeitos internacionais, ou como Gourevitch, que analisava causas internacionais que geram efeitos domésticos, teriam resultados de equilíbrio parcial entre as

relações entre política interna e internacional e deixam de levar em consideração importantes aspectos desse processo que, na verdade, estão interconectados - são intersubjetivos.

Portanto, os tomadores de decisão precisam conhecer a lógica entre os dois níveis e devem buscar o máximo de ganho e o mínimo de perdas para obterem sucesso tanto nacional quanto internacionalmente, proporcionando uma política externa efetiva. O principal exemplo citado foi da Cúpula de Bonn em 1978, onde o processo de negociação de metas de industrialização, energia e crescimento econômico, foi diretamente conciliativo e conectado com a capacidade dos líderes de propor certo tipo de ação soberana do Estado a outros representantes internacionais ao mesmo tempo que satisfazia os grupos de interesses internos.

### **2.3.2 Política Externa Brasileira**

Cervo (2008) apresenta uma base teórica para compreensão específica e análise da Política Externa Brasileira. É importante destacar que sua definição de política exterior (externa) abrange questões como: cooperação científica, desenvolvimento, diplomacia, energia, governança global, segurança internacional, meio ambiente e outros. Essa é uma das principais contribuições que vão auxiliar o desenvolvimento deste trabalho.

A Política Externa do Brasil pode ser compreendida de forma particular a partir do Acumulado Histórico da Diplomacia Brasileira, que leva em consideração desde a formação e desenvolvimento do Estado até sua política contemporânea (Cervo, Bueno, 2012). Essa evolução agregou princípios e valores que moldam a conduta externa brasileira e, apesar de não estarem presentes desde o início, visto que seu aparecimento e abandono oscilam com o tempo, esses elementos ideacionais dão previsibilidade à ação externa, impondo-se à sucessão e mudança de governos, tanto para nacionais quanto para estrangeiros.

Cervo (2008) utiliza um método de definição paradigmática do funcionamento do Estado brasileiro, e, apesar de não necessariamente, um paradigma de estado ter que se encaixar em todas as suas linhas em algum tema específico, ele traz maior objetividade e compreensão do complexo objeto de análise do autor, as Relações Internacionais do Brasil. Cervo (2008, p.66) afirma que “os países abrigam sempre suas políticas exteriores e seu modelo de inserção internacional dentro de paradigmas”, e para organizar o caso brasileiro, o autor apresenta seus 3 principais pressupostos para definição de paradigmas.

O primeiro pressuposto está relacionado à ideia de uma nação, onde dirigentes ou outros atores internos fazem a construção da identidade do país, ou seja, criam uma identidade cultural, uma cosmovisão, que é projetada para outros atores do SI. O segundo pressuposto

está relacionado à percepção de interesses, ou seja, a leitura que os dirigentes fazem sobre temas sociais, políticos, econômicos, culturais, ambientais, de segurança, entre outros, que se modificam com a mudança de paradigmas. O terceiro pressuposto é que os paradigmas envolvem a elaboração política, condicionam tendências de médio e longo prazo e explicam suas rupturas, ou seja, envolvem a relação entre nível interno e externo, a análise das informações e a definição estratégica de uma decisão. (Cervo, 2008).

Portanto, o Acumulado Histórico da Diplomacia Brasileira e a Análise Paradigmática de Amado Cervo definem 4 grandes paradigmas, sendo eles e seu respectivo período de duração: 1) Liberal Conservador (1810-1930); 2) Desenvolvimentista (1930-1989); 3) Normal (Neoliberal) (1990-2002) e 4) Logístico (de 2003 até os dias atuais).

Além disso, existem 9 padrões de conduta, sendo eles: 1) Autodeterminação, não intervenção e solução pacífica de controvérsias; 2) Juridicismo; 3) Multilateralismo normativo; 4) Ação externa cooperativa e não confrontacionista; 5) Parcerias estratégicas; 6) Realismo e pragmatismo; 7) Cordialidade oficial no trato com os vizinhos; 8) Desenvolvimento como vetor e 9) Independência de inserção internacional. (Cervo, 2008).

O paradigma mais importante para este trabalho é o Paradigma do Estado Logístico, que coincide justamente com o recorte temporal escolhido para a análise. Este paradigma pode ser definido a partir da associação do liberalismo internacional com o desenvolvimentismo nacional, implementando um Estado articulador dos diferentes interesses internos e promovendo de diversas formas a inserção internacional do país.

Ou seja, esse paradigma transfere à sociedade as responsabilidades do Estado empreendedor desenvolvimentista, ao mesmo tempo que busca a superação de assimetrias com outros Estados a partir da autonomia e favorece a realização de interesses nacionais diversificados, como dos empresários (promovendo desenvolvimento tecnológico e crescimento econômico) ou dos operários (promovendo o estado de bem estar social) e agricultores (lutando contra o protecionismo e os subsídios proibidos internacionalmente em outros países), ao mesmo tempo que em alguns dos governos promoveram o Desenvolvimento Sustentável, combatendo queimadas, desmatamento e os direitos dos povos tradicionais. (Cervo, 2008).

Cervo (2008) afirma que o Estado Logístico promove a lógica de funcionamento das sociedades complexas e dos Estados já desenvolvidos. Um importante fator é o direcionamento do desenvolvimento nacional a partir dos interesses internos, e, apesar de promover o repasse das responsabilidades para o setor privado, também investe em empreendimentos estatais que possam proporcionar competitividade e autonomia, ou seja, é

um paradigma muito mais flexível, complexo e direcionado à “atingir a interdependência real no mundo da globalização” principalmente a partir da “agregação dos empreendimentos nacionais às cadeia produtivas internacionais e pelo investimento direto no exterior”, começando pelos países vizinhos e parceiros (Cervo, 2008. p.87).

Os trabalhos de Ribeiro (2014) e Machado (2014) evidenciam a estratégia e o funcionamento do paradigma do Estado Logístico na promoção do desenvolvimento e da inserção internacional do Brasil a partir da energia, especificamente os biocombustíveis. Nesta pesquisa, serão analisados seus argumentos e contribuições para desenvolver (ou superar) uma hipótese similar, só que agora relacionada à ação do Brasil em relação à TEJ e o Hidrogênio como um de seus principais elementos. Acredita-se que a importância do hidrogênio como uma inovadora alternativa para a TEJ, alinhada à ideias, com os interesses internos (como de dirigentes, partidos, empresas e sociedade civil) e internacionais (outros estados, OI's e ONG's) de promover um novo paradigma de desenvolvimento pautado na sustentabilidade ambiental e na construção de uma economia com zero emissões de carbono, podem direcionar o Brasil na construção de uma nova “Diplomacia do Hidrogênio”.

## 2.4 COOPERAÇÃO INTERNACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Para auxiliar no entendimento sobre a forma que o Brasil pode promover alternativas para cooperação, com o objetivo de mitigar e adaptar os efeitos da crise climática, assim como a TEJ e o Desenvolvimento Sustentável, será utilizado o arcabouço teórico relacionado a Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (CID), visto que:

A cooperação internacional para o desenvolvimento (CID) pode ser definida como um sistema que articula a política dos Estados e atores não governamentais, um conjunto de normas difundidas (ou, em alguns casos, prescritas) por organizações internacionais e a crença de que a promoção do desenvolvimento em bases solidárias seria uma solução desejável para as contradições e as desigualdades geradas pelo capitalismo no plano internacional (Milani, 2012, p. 211).

Ribeiro (2014) afirma que a CID iniciou-se a partir da Segunda Guerra Mundial, principalmente a partir das ações dos EUA. A partir disso, diversos projetos foram elaborados para tentar promover maior equidade no sistema internacional e auxiliar os países menos desenvolvidos, entretanto, não existe concordância na área das RI sobre o que é e quais são os objetivos da CID e como ela influencia a política internacional.

Em relação à Cooperação Sul-Sul (CSS), a Unidade Especial para a Cooperação Sul-Sul (SU/SSC) da Organização das Nações Unidas (ONU) define a como:



(...) um amplo enquadramento para a colaboração entre países do Sul, nos domínios político, econômico, social, ambiental e técnico. Ao envolver três ou mais países em desenvolvimento, a cooperação Sul-Sul concretiza-se nas formas bilateral, regional, sub-regional e inter-regional. Avanços recentes na cooperação Sul-Sul têm se traduzido em volumes crescentes de comércio Sul-Sul, movimentos na direção da integração regional, fluxos Sul-Sul de investimentos diretos estrangeiros, e várias formas de assistência para o desenvolvimento (UNDP, 2008, p. 1).

Portanto, pode-se afirmar que a forma de cooperação ideal que o Brasil deveria promover envolve a transferência de recursos financeiros, tecnológicos e humanos, bem como o compartilhamento de conhecimentos e melhores práticas, visando fortalecer as capacidades institucionais e promover o bem-estar das populações vulneráveis. Ou seja, fundamentando-se em princípios de solidariedade, parceria e respeito, buscando abordar desigualdades estruturais, promover a inclusão social e construir sociedades mais justas e sustentáveis.

Como visto anteriormente, alguns dos padrões de conduta do Brasil caracterizados por Cervo (2008) são a ação cooperativa, o multilateralismo, as parcerias estratégicas e a promoção do desenvolvimento. A instituição responsável por esses temas de CID no Brasil é a Agência Brasileira de Cooperação (ABC) (MRE, 2021a). Nos últimos capítulos, retornaremos à análise mais aprofundada da CID do Brasil, com foco no H2 para a TEJ.

## 2.5 PREENCHENDO LACUNAS: POLÍTICA EXTERNA AMBIENTAL E POLÍTICA EXTERNA ENERGÉTICA

Existe uma grande lacuna em relação à definição de alguns conceitos, em especial a definição de 1º) o que é Política Externa Energética e 2º) o que é Política Externa Ambiental. A ideia inicial deste trabalho era utilizá-los para melhor definir a postura do Brasil em relação a essas temáticas, por exemplo “a Política Externa Energética e a Política Externa Ambiental do Brasil se alinham ou não em determinado assunto”, entretanto, não foi encontrada nenhuma definição formal sobre o que seriam esses dois termos. Portanto, essa seção foi criada para evidenciar essas lacunas e definir melhor o que poderiam ser esses termos, além de apresentar de que forma pretende-se introduzir estas temáticas dos próximos capítulos.

De forma lógica e associativa, a Política Externa Ambiental pode referir-se às estratégias e ações de um país em relação à proteção do meio ambiente em âmbito internacional. Ela envolveria a participação em fóruns e negociações sobre questões ambientais globais, a promoção de acordos e tratados para a conservação da biodiversidade, a mitigação das mudanças climáticas e a gestão sustentável dos recursos naturais, promovendo

a cooperação internacional para enfrentar desafios ambientais e contribuir para a construção de um mundo mais sustentável. Entretanto, apesar de Barros-Platiau (2006) utilizar o termo e analisar o caso do Brasil, não apresenta uma definição formal sobre, assim como outros autores fazem a análise da política externa de um determinado país em relação às questões ambientais. Esta será a abordagem utilizada no trabalho, baseando-se em Barros-Platiau (2006), Eduardo Viola (2002, 2010), Viola e Franchini (2012, 2022) e Souza (2024).

Também de forma lógica e associativa, a Política Externa Energética pode referir-se às estratégias e ações de um país no âmbito internacional para garantir o acesso a recursos energéticos, promover a segurança energética e, talvez recentemente, a participação nas negociações sobre energia e mudanças climáticas. Ela envolveria a busca pela diversificação das fontes de energia, a cooperação em projetos de energia, promoção da eficiência energética, ou até mesmo ao conflito por recursos, garantindo um suprimento seguro e acessível a longo prazo. Entretanto, não foi encontrado nenhum autor que a define assim, apenas diversos autores fazendo a análise da política externa de um determinado país em relação à energia, e principalmente a partir de uma perspectiva realista e dos Estudos Estratégicos, como em Fuser (2013). Não é esta a abordagem utilizada no trabalho, mas sim um conjunto de análise de conceitos específicos já citados, principalmente a partir da perspectiva construtivista e com foco na sustentabilidade socioambiental.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foram apresentadas as principais teorias, conceitos e instrumentos analíticos que fundamentam a análise que será realizada nos próximos capítulos.

Através da abordagem construtivista das Relações Internacionais foi destacado como as ideias, normas, discursos e identidades influenciam e são influenciadas pelas dinâmicas do SI. Este entendimento é crucial para analisar a formação e consolidação de novas agendas, como o Desenvolvimento Sustentável e a Transição Energética Justa.

Na seção sobre delimitações conceituais foram apresentadas as definições de Transição Energética, Segurança Energética, Desenvolvimento Sustentável e Justiça climática que são fundamentais para delimitar o que é Transição Energética Justa. Portanto, a TEJ representa não apenas a necessária mudança para fontes de energia mais limpas e renováveis, mas também da promoção da equidade social e do desenvolvimento sustentável, reconhecendo que a transformação da matriz energética global é um processo dinâmico, em constante evolução e deve ser analisado a partir de diferentes perspectivas.

Os fundamentos da Análise de Política Externa são extremamente importantes para o entendimento do tema. Alinhando-os com o construtivismo e as contribuições do Jogo de Dois Níveis, compreende-se como as interações entre as políticas internas e internacionais podem influenciar as ações dos atores e suas agendas. Além disso, o funcionamento da Política Externa do Brasil com as contribuições de Amado Cervo, Clodoaldo Bueno, e de outros autores, permite o aprofundamento da análise, em especial com o paradigma logístico, que coincide justamente com o recorte temporal proposto.

A seção sobre Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (CID) enriquece a análise a partir do entendimento de como as práticas de cooperação, especialmente as Norte-sul e Sul-Sul, podem colaborar com a sustentabilidade e na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas através das parcerias internacionais e da criação de uma cultura colaborativa.

A seção sobre o preenchimento das lacunas relacionadas à Política Externa Energética e Política Externa Ambiental permite compreender melhor a forma que pretende-se elaborar a análise, assim como direcionar futuras pesquisas para melhor definição desses termos.

A integração dessa variedade de conceitos e teorias fornece um arcabouço teórico robusto para analisar o tema proposto e as nuances da política ambiental e energética global. Além disso, é necessário utilizar uma abordagem holística, integrada e multidisciplinar, levando em consideração aspectos ambientais, sociais e econômicos para compreender melhor o papel do Brasil em um futuro energético mais justo e sustentável. No próximo capítulo, serão apresentadas as principais características do Brasil em relação à Governança Ambiental Global, com o objetivo de descrever suas potencialidades, vulnerabilidades, avanços e retrocessos em relação à Transição Energética Justa.

### **3. CAMINHOS PARA A TRANSIÇÃO: DO DESENVOLVIMENTISMO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Este capítulo apresentará o histórico da atuação do Brasil na agenda ambiental, tanto interna quanto externamente, que se relacionam, explicam e influenciam sua atuação para um futuro com zero emissões de GEE's. Dessa forma, busca-se descrever as características da política brasileira em relação à Transição Energética na contemporaneidade e as nuances da sua participação nas estruturas de governança do clima.

Para isso, a primeira seção analisa historicamente o Brasil na Governança Ambiental Global, demonstrando as principais mudanças de posicionamento e atuação da Política Externa Ambiental Brasileira desde a Conferência de Estocolmo, em 1972, até 2022. A segunda seção apresenta o contexto atual com alguns dos principais acontecimentos e políticas implementadas pelo novo governo Lula que retomam a inserção internacional do Brasil, especialmente na área ambiental e energética, e fortalecem sua participação como um player no combate às Mudanças Climáticas (MC).

#### **3.1 ENTRE AVANÇOS E RETROCESSOS: O BRASIL NA GOVERNANÇA AMBIENTAL GLOBAL ATÉ 2022**

Como apresentado anteriormente, a questão ambiental foi secundarizada na agenda internacional por décadas e só começou a ter sua devida importância durante a guerra fria, mais especificamente a partir dos anos 70, onde ocorreram grandes acontecimentos que marcaram a forma como os seres humanos - e seus governos - compreendem suas relações com a natureza (Souza, 2024).

A divulgação do relatório “Os limites do Crescimento” pelo Clube de Roma representou um dos primeiros estudos que alertava a relação entre crescimento das populações e problemas como o consumo de energia, o uso de recursos naturais finitos e a devastação ambiental. Além disso, o acidente nuclear ocorrido em 1986 em Chernobyl foi outro marco que potencializou essa reflexão sobre os impactos humanos no ambiente (Barbosa, 2021).

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (CNUMAH), também conhecida como Conferência de Estocolmo, em 1972, é considerada o principal ponto de partida para os estudos de meio ambiente nas RI, inaugurando um espaço de destaque para o debate dessas questões à nível internacional (Souza, 2024). Nesse período, a atuação do governo brasileiro em relação à questão ambiental estava diretamente alinhada à

lógica desenvolvimentista, que se baseava na exploração intensa de recursos, desmatando e ocupando o território para extrair e usufruir das grandes riquezas naturais do país.

Souza (2024) e Bezerra (2013) afirmam que o Plano de Integração Nacional (PIN) lançado no governo do General Emílio Garrastazu Médici foi um dos principais potencializadores da destruição amazônica, promovendo a construção da rodovia Transamazônica, como uma forma de interiorizar a ocupação do território e promover o desenvolvimento nacional. O lema “integrar para não entregar” pode ser utilizado para compreender a visão desse período, que com apoio do governo militar, incentivou o funcionamento desse modelo de desenvolvimento às custas do meio ambiente.

Saraiva (2009) afirma que na Conferência de Estocolmo, o Brasil adotou uma postura crítica em relação à preservação ambiental e que enfatizava a necessidade dos países em desenvolvimento, que pretendiam utilizar o mesmo modelo baseado na industrialização e na exploração ambiental, aos moldes do que os países do Norte utilizaram nas décadas anteriores. Barros-Platiau (2006) explica que essa reação dos países em desenvolvimento à agenda de proteção ambiental se dava por dois importantes fatores, primeiro a imposição dos interesses dos países desenvolvidos de evitar a pressão sobre os recursos naturais por meio de políticas de controle demográfico, ao invés de promover soluções ao subdesenvolvimento, e segundo, o direito legítimo de desenvolvimento e inserção do Sul na economia internacional.

Diante disso, a participação do Brasil na CNUMAH foi de grande importância na época para garantir que medidas de proteção ambiental não se tornassem obstáculos ao desenvolvimento econômico do país. A estratégia adotada pela diplomacia brasileira envolveu tanto uma posição defensiva quanto uma posição assertiva, argumentando que países desenvolvidos e em desenvolvimento não deveriam adotar os mesmos padrões. Ou seja, preocupava-se com a soberania nacional sobre os recursos e com a liberdade para escolher que caminho de desenvolvimento deveriam seguir (Souza, 2024).

O modelo de desenvolvimento, que atingira o ápice em 1972, baseava-se em uma forte depleção dos recursos naturais – considerados, na época, infinitos –, em sistemas industriais muito poluentes e na intensa exploração de mão-de-obra barata e desqualificada. Entre 1950 e 1979, o Brasil era visto pelo sistema mundial como um país que ascendia ao centro. Durante a década de 1970, foi um dos principais receptores de indústrias poluentes advindas dos países desenvolvidos, devido ao “avanço” da consciência ambiental. (Viola, 2002, p. 34)

Apesar dessa postura soberanista e menos preocupada com a questão ambiental, Souza (2024) apresenta diversas ações do governo que internalizaram a questão e promoveram o debate e a conscientização da população nas décadas de 70 e 80. É importante destacar, por

exemplo, a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (Sema), o Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial (Pronacop) e a Lei nº6.938 de 1981 que introduziu a Política Nacional do Meio Ambiente, estabeleceu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Já a década de 80 foi marcada por muitas mudanças no Brasil, representando um período de grandes problemas econômicos e com forte mobilização social e política (Souza, 2024). A campanha das “Diretas Já”, que auxiliou na retomada de um presidente civil (Tancredo Neves) na República Federativa do Brasil depois de décadas de governos militares, assim como a promulgação da nova Constituição Federal de 1988, marcaram o retorno da democracia no país. Nessa mesma década o Brasil foi intensamente criticado internacionalmente pelo desmatamento da Amazônia e pela emissão de GEEs, mas a partir da redemocratização esses problemas receberam maior interesse, peso e consequente representação na sua política nacional e internacional (Viola, 2002).

A conscientização ambiental aumentou devido ao fortalecimento do movimento ambientalista, da participação da opinião pública, da mídia e comunidade científica na veiculação de conhecimentos sobre meio ambiente, que antes eram minimizados ou censurados pela ditadura. A voz também foi dada às comunidades locais, tradicionais e indígenas que eram invisibilizadas e fortemente afetadas pelos grandes empreendimentos dos governos militares<sup>6</sup>, garantindo seus direitos com a nova Constituição Federal. Além disso, é importante ressaltar a incorporação da questão ambiental na Constituição Federal de 88, por exemplo, a partir do Artigo 225, que colocou o Brasil como um dos pioneiros na promoção do meio ambiente como um direito fundamental, estabelecendo as bases e os princípios para as posteriores legislações sobre meio ambiente e sustentabilidade (Souza, 2024).

Entretanto, os avanços não ocorreram sem conflitos e disputas de interesse pelo uso dos recursos, a implementação de regras mais ou menos rígidas resultou em diversos embates, sendo um dos mais emblemáticos o assassinato de Francisco Alves Mendes Filho, conhecido como Chico Mendes, que ocorreu em 1988 e atraiu a atenção internacional para a violência e para a luta que se travava no Brasil em prol da preservação da Amazônia e dos direitos das comunidades locais (Souza, 2024).

A década de 90 representou a consolidação de uma postura ativa do Brasil em relação à questão ambiental, o fortalecimento da legislação, o adensamento das estruturas institucionais, como a criação do Ministério do Meio Ambiente, a ampliação da participação

---

<sup>6</sup> como a expansão da fronteira agrícola, a perda da posse de seus territórios para mineração e construção de mega estruturas, como as hidrelétricas e as rodovias.

da sociedade civil e os esforços diplomáticos na direção da criação dos consensos em relação ao Desenvolvimento Sustentável (DS) são claros (Souza, 2024). Além disso, diante das resoluções número 43/196 de 1988 e número 44 de 22/12/1989 da Assembleia Geral da ONU, o Brasil se propôs país anfitrião que sediaria em 1992 a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CENUMAD, ECO 92 ou Rio 92). Essa postura participativa e cooperativa trouxe grande visibilidade internacional para o país (Saraiva, 2009).

Barros-Platiau (2006) afirma que a posição brasileira era a de se aproveitar da importância das discussões do evento para marcar posição tanto entre países em desenvolvimento, quanto com países desenvolvidos. O objetivo seria rever os debates que começaram em Estocolmo, estabelecer novos princípios e conceitos, reforçar interesses e necessidades do sul global e também a cooperação efetiva com o norte. Além disso, também ocorreram enfrentamentos, como “a rejeição de regras e ideias até então impostas ou infundadas, como o mito de que a Amazônia seria o ‘pulmão do mundo’ e que deveria constituir um patrimônio comum da humanidade” (Barros-Platiau, 2006, p.261).

A Rio 92, cercada de otimismo devido ao contexto pós-Guerra Fria, foi considerada outro marco na Governança Ambiental Global, inclusive contando com a maior participação de líderes políticos dispostos a debater o tema até então, assim como de outros atores, como ONGs e comunidade científica (Barros-Platiau, 2006). Durante a conferência, foram estabelecidos cinco novos instrumentos normativos relevantes: a Convenção sobre mudança do clima, a Convenção sobre biodiversidade e a Convenção sobre desertificação, juntamente com a Declaração do Rio e a Agenda 21. O evento deixou um legado importante no Brasil, visto que o país assinou todos os acordos sem restrições. (Viola; Franchini, 2010).

Na década de 90, os impactos das MC já começavam a ser identificados, com diversas regiões vulneráveis e aumentando-se as pressões sobre o governo federal para fortalecer a proteção do meio ambiente, em especial das florestas tropicais. Também ocorreram diversas contradições e conflitos, com setores ligados à indústria da mineração, à agropecuária e às madeiras indo contra aos interesses coletivos das sociedades e comunidades tradicionais, trazendo diversos desafios para a implementação da Agenda 21 no território brasileiro e causando entraves políticos tanto localmente quanto no congresso nacional (Souza, 2024).

Segundo Barros-Platiau (2006) a Rio 92 marcou o auge de um movimento que decresceu rapidamente. Isso aconteceu, pois, na década seguinte, a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável (CMDS ou Rio +10), ocorrida em Johannesburgo, em 2002, que tinha como um dos principais objetivos avaliar o progresso alcançado desde a Rio 92, na

prática, foi marcada por grandes entraves políticos e pela utilização dos esforços para preservar, pelo menos, as condições de 1992.

Questionamentos que seguem até os dias atuais já estavam presentes, como a manutenção dos padrões de consumo nos países desenvolvidos, a falta de recursos financeiros e tecnológicos transferidos ou alocados do Norte para o Sul, a dificuldade de internalizar politicamente obrigações ambientais, os possíveis conflitos com os regimes de livre comércio, a grande desigualdade entre países do Sul e do Norte, a cooperação internacional seletiva e condicionada e entre outros. Além disso, Barros-Platiau (2006) afirma que a posição de não assumir novos compromissos por parte dos países desenvolvidos foi confrontada pelas cobranças dos países em desenvolvimento das negociações que ocorreram em toda a década de 1990, tendo o Brasil liderado esse processo com o mesmo engajamento de 92.

O crescente alinhamento das questões sociais, ambientais e econômicas que foi visto como criador dos entraves da Rio +10, na verdade reacendeu e deu atenção a importantes questões para alcançar o DS, como o acesso a água e saneamento, erradicação da pobreza, garantia da saúde, proteção ambiental e fornecimento de energia limpa. Inclusive, Souza (2024) afirma que nesse momento “A diversificação das fontes para geração de energia teve lugar importante nos debates [...] sobre fontes renováveis e sobre segurança energética, contribuindo [...] para aprofundar os debates sobre transição energética” (Souza, 2024, p.66).

O principal resultado da conferência foi o Plano de Implementação de Joanesburgo, que estabeleceu uma estrutura de ação e parcerias entre governos, empresas e sociedade para o melhor cumprimento dos Objetivos do Milênio (ODM) que anos depois seriam substituídos pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Souza, 2024). A postura brasileira de conciliação e equilíbrio entre conservação e desenvolvimento econômico, destacou o país como um dos principais atores na construção do paradigma de “Desenvolvimento Sustentável”, que já foi explicado no capítulo anterior.

Na virada do século, durante os governos FHC e Lula, o Brasil implementou diversos projetos de preservação e monitoramento das condições ambientais e de incentivo à produção de energias renováveis, liderando pelo exemplo interno. Além disso, sua importância internacional foi reafirmada nas discussões sobre biossegurança, diversidade biológica, florestas, recursos genéticos e mudanças climáticas. O trabalho de Barros-Platiau (2011) analisa profundamente cada um desses regimes e contribui em grande medida na compreensão de como a Política Externa Ambiental Brasileira foi conduzida na primeira década de 2000. Entretanto, por não haver espaço para discutir cada um deles, vamos nos restringir neste trabalho especialmente às políticas e iniciativas com foco nas MC e na TE.



Souza (2024) destaca que na primeira década de 2000 o Brasil era visto como um exemplo pelos países do Sul como modelo de conciliação entre desenvolvimento e sustentabilidade. No nível interno, foram implementadas políticas que possibilitaram o avanço do DS. A Política Nacional sobre Mudança do Clima (2009) é uma das principais resoluções definindo diversos instrumentos para mitigar as MC, mas também foram criadas a Política Nacional de Energia (1997), a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997), o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (2005), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2009), o Plano Nacional sobre as Mudanças Climáticas (2010), a atualização do Código Florestal (2012), assim como diversos outros planos setoriais e resoluções internas dos ministérios e agências reguladoras (Souza, 2024).

as questões ambientais estão fragmentadas entre diversos órgãos, principalmente Ministério das Relações Exteriores, Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Os três são pontos focais de diferentes regimes internacionais, sendo o MRE ponto focal político, e os outros, técnico. O MRE é o principal responsável pelas políticas externas ambientais, com crescente participação do MMA nos últimos anos. O MCT tem papel central no regime do clima e naqueles que trazem questões técnicas/tecnológicas, como a biotecnologia. As relações interministeriais são complexas, muitas vezes conflituosas, mas também necessárias. Naturalmente, a posição dos ministérios diverge em função dos temas abordados, tendo o Itamaraty assumido posição mais neutra na maioria dos casos. (Barros-Platiau, 2011, p. 10)

No nível internacional, tanto Souza (2024) quanto Barros-Platiau (2006, 2011), destacam o posicionamento brasileiro nas negociações internacionais a partir de grandes princípios, como do direito ao e a necessidade do Desenvolvimento Sustentável, o interesse geral da humanidade, a segurança em matéria ambiental e, principalmente, as responsabilidades comuns, porém diferenciadas. Eles representam a posição do Brasil para que houvessem prioridades no combate às MC com ênfase no Sul Global, promovendo apoio técnico e financeiro para os países conseguirem lidar com a adaptação e mitigação dos efeitos das MC, ao mesmo tempo que reivindica maiores responsabilidades dos países desenvolvidos quanto as suas emissões de GEE's.

O país também é favorável a medidas de mercado para internalizar a problemática ambiental, como o Mercado de Carbono e o REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal) que apoiam a manutenção das florestas.

A partir dessas ações internas e internacionais, chega o ponto em que ocorre a consolidação de uma nova “Política Externa para o Desenvolvimento Sustentável”, visto que “o Brasil não considera mais as questões ambientais como uma ameaça internacional à sua

soberania, como em 1972, mas sim uma oportunidade para garantir o desenvolvimento nacional" (Barros-Plataiu, 2006, p.276).

Essa consolidação do prestígio brasileiro permitiu novamente ser o país sede da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS ou Rio+20) em 2012, que buscava atualizar as discussões anteriores e reavaliar os possíveis progressos. Entretanto, na segunda década dos anos 2000, sua posição foi se tornando cada vez mais conservadora, não mediando efetivamente a discussão, contribuindo pouco para a construção de um documento ambicioso e tendo maior vigor apenas na questão social. Assim, sua posição foi marcada pelo “consenso a qualquer preço” e refletiu um documento final que novamente reafirmava as resoluções da Rio 92 (Viola; Franchini, 2010).

O contexto político e econômico na Rio+20 também era bem diferente de 92, a crise de 2008 havia gerado tensões globais e dificultando a criação de consensos. Embora tenha reunido representantes de mais de 190 países, incluindo diversos setores da sociedade civil, que inclusive promoveram uma série de eventos paralelos. Assim, a falta de decisões vinculantes e a ausência de líderes importantes, como Angela Merkel e Barack Obama, contribuíram para a percepção de que foi um evento limitado. Ban Ki-Moon Secretário-Geral da ONU na época, chegou a declarar a decepção com o que foi alcançado (Barbosa, 2021).

Dilma Rousseff foi eleita para assegurar a continuidade do projeto Lula, mas a agenda climática – e a agenda ambiental em geral – esteve praticamente ausente em seu primeiro mandato (2011-2014), com exceção parcial dos desenvolvimentos em torno da Conferência Rio+20, e fez um tímido retorno em seu segundo mandato (2015-16), forçado pelo processo que levou ao Acordo de Paris em dezembro de 2015. Na verdade, o compromisso climático do governo brasileiro foi progressivamente reduzido durante os quase seis anos de seu mandato. [...] Assim, enquanto Lula havia feito das negociações climáticas uma oportunidade para expor o papel do Brasil como potência global, Dilma, menos interessada nessa política de prestígio, absteve-se de fazer gestos semelhantes aos de seu antecessor. Tanto no discurso, quanto na prática, Dilma subordinou a agenda climática à agenda do crescimento econômico, devolvendo ao Brasil posições mais conservadoras. (Viola; Franchini, 2022, p.153).

Percebe-se, portanto, que a partir do governo Dilma a agenda ambiental foi sendo deixada de lado e outros interesses foram levados em consideração, iniciando um declínio nas prioridades da Política Externa Brasileira. Entretanto, também foi no final de seu governo que uma das principais mudanças na Governança Ambiental Internacional ocorreu, o fim do protocolo de Kyoto e a elaboração do Acordo de Paris.

O Acordo de Paris, assinado por 196 países e estabelecido em 2015 durante a COP 21, foi um marco nas negociações internacionais sobre mudanças climáticas, tendo como objetivo

limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C até 2100. Diferente de acordos anteriores, permitiu que cada país definisse suas próprias metas de redução de emissões, conhecidas como Contribuições Nacionalmente Determinadas (CNDs), sem caráter vinculativo (Barbosa, 2021; Souza, 2024).

O Brasil, que já havia implementado algumas das políticas citadas anteriormente, se comprometeu a reduzir suas emissões em 37% até 2025 e em 43% até 2030, em relação aos níveis de 2005. Entre as metas brasileiras estavam o aumento das energias renováveis, da eficiência energética nas indústrias e transportes, iniciativas de reflorestamento e a ambição de zerar o desmatamento ilegal na Amazônia. Entretanto, essa CND robusta na verdade significou o “último suspiro” do Brasil como uma potência ambiental (Barbosa, 2021), já que, no âmbito doméstico, ocorreu o gradativo desmantelamento das políticas e estruturas governamentais criadas pelos governos anteriores, permitindo a expansão do agronegócio na região do cerrado e da Amazônia e enfraquecendo a legislação ambiental.

Isso seguiu de forma ainda mais evidente no governo Temer, que além de manter o processo de redução do orçamento ambiental e demonstrar maior aproximação com grupos de interesses contrários à preservação, desistiu de sediar a 25ª Conferência das Partes da Convenção do Clima das Nações Unidas devido às “restrições orçamentárias” e a transição para o governo Bolsonaro (O GLOBO, 2018). O agronegócio foi um dos principais apoiadores, onde setores passaram a defender abertamente o desmatamento enquanto outros comentavam superficialmente a necessidade de contê-lo apenas para evitar possíveis sanções econômicas, ambos não pressionaram por uma mudança efetiva em relação ao meio ambiente, ocorreu na verdade uma série de abrandamentos nas políticas (Viola; Franchini 2022).

A própria agenda eleitoral do período refletiu outras prioridades, nas eleições de 2014, tanto PT, quanto PSDB abordaram pouco o tema ambiental, mesmo que Marina Silva (Rede/PSB) tenha recebido aproximadamente 21% de votos no primeiro turno. Já em 2018 “a agenda pública tinha sido capturada por outras prioridades, como corrupção, emprego e violência, e Marina Silva obteve apenas 1% dos votos” (Viola; Franchini, 2022, p.155).

O governo seguinte representou o auge do retrocesso em diversas áreas, mas especialmente na ambiental. Viola e Franchini (2022) afirmam que “Bolsonaro não só abandonou o mito climático brasileiro, que colocava o Brasil como líder mundial na política climática, mas posicionou-se como um negador da mudança climática e da ciência de modo mais geral” (p.155). Ele interpretava o Acordo de Paris como uma conspiração global para limitar a soberania dos países e reduziu drasticamente o orçamento e as estruturas institucionais voltadas à governança climática, como a eliminação da Secretaria de Mudanças

Climáticas do Ministério do Meio Ambiente. Barbosa (2021) chega a afirmar que nessa época o Brasil foi considerado um Estado “pária internacional”.

Nesse período, os recursos destinados à fiscalização ambiental foram drasticamente reduzidos, a proteção da floresta foi enfraquecida com a perda de autonomia do Ibama e a transferência do serviço florestal para o Ministério da Agricultura. O diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) chegou a ser exonerado após divulgar dados sobre a crescente taxa de desmatamento na Amazônia, que teve seu auge em 2021, quando chegou a 13.200 km<sup>2</sup>, representando um retrocesso aos níveis de 2006. Essas políticas provocaram uma reação negativa internacionalmente, resultando em tensões com países como Alemanha e Noruega, que suspenderam o financiamento do Fundo Amazônia (Viola; Franchini, 2022)

O quadro geral deste período é o de um Brasil em declínio ainda maior no sistema internacional, com uma imagem externa degradada pela má gestão ambiental e da pandemia, pelos excessos autoritários do governo e por uma visão extremamente nacionalista e errática das relações com o mundo. (Viola; Franchini, 2022, p.158)

Percebe-se, portanto, que a história do Brasil em relação à questão ambiental foi marcada por diversas oscilações, passando do Paradigma Desenvolvimentista nos governos militares para a conscientização sobre o Desenvolvimento Sustentável. Depois de décadas de irrelevância e ignorância ao tema, essa preocupação com a sustentabilidade evoluiu e foi internalizada pelos governos através de leis, programas e nas suas políticas externas.

O ápice de prestígio e relevância do Brasil nas questões de clima, energia e desenvolvimento sustentável aconteceu durante os governos Lula 1 e 2 (2003-2010), tendo continuidade com decadência no governo Dilma. Entretanto, a sujeição aos interesses de determinados grupos, como do agronegócio no governo Temer, e a ascensão da extrema direita, com a eleição de Bolsonaro em 2018, representou um verdadeiro retrocesso político, social, econômico e ambiental tanto com o dismantelamento dos instrumentos internos relacionados ao combate às MC, quanto com o esvaziamento dessas prioridades e o consequente isolamento do Brasil como um “pária internacional”.

Essa realidade, no entanto, vem sendo novamente modificada a partir da saída de Bolsonaro e a retomada para o terceiro mandato do presidente Luiz Inácio Lula da Silva. Portanto, atualmente, acontece um novo rearranjo nas prioridades do governo e, apesar das conjunturas internas, regionais e internacionais serem diferentes, o Combate às MC e a necessidade da Transição Energética Justa (TEJ) vem sendo novamente retomada tanto na política interna, quanto na política externa brasileira.

### 3.2 A RETOMADA DE PRIORIDADES NO TERCEIRO GOVERNO LULA

Como afirmado anteriormente, a eleição para o terceiro mandato do presidente Lula retomou o meio ambiente, a transição energética e o desenvolvimento sustentável como prioridades tanto da política interna, quanto da externa. Já nos primeiros meses do novo governo diversas parcerias retornaram ou foram anunciadas, principalmente em relação ao Fundo Amazônia, mas também outras formas de financiamento e cooperação nas áreas ambientais, políticas, econômicas, sociais e de energia. A retomada da importância dos diálogos multilaterais em fóruns e organizações, assim como iniciativas bilaterais foram firmadas com Alemanha, China, EUA, Noruega, Reino Unido, com países vizinhos na América do Sul e vem sendo discutidas de forma especial no G20.

Logo após a posse de Lula da Silva, a Noruega comunicou o restabelecimento do Fundo Amazônia. O governo norueguês destacou que entre 2009 e 2018 o país dispôs de 8 bilhões de coroas norueguesas (aproximadamente 3,6 bilhões de reais) para fomentar ações que reduzissem o desmatamento, congelados entre 2019 e 2022. (NORUEGA, 2023).

Além disso, ainda em janeiro de 2023, Marina Silva, nova ministra do Meio Ambiente e Mudança do Clima, se encontrou com Frans Timmermans, responsável pelas negociações climáticas da União Europeia (UE). Visando as preparações para a COP 28, a ministra enfatizou a importância da cooperação internacional para a área de pesquisa e inovação, principalmente nos setores de energia, transporte, agricultura e indústria. Timmermans ressaltou que a Europa se posiciona como uma parceira para o Brasil, oferecendo a cooperação técnica e financeira para ajudar no combate ao desmatamento. (MMA, 2023a).

No que se refere à parceria com a Alemanha, cerca de R\$1,1 bilhão (203 milhões de euros) foi destinado às medidas socioambientais em território brasileiro. Dentre elas, pode se citar o repasse de 35 milhões de euros para o Fundo Amazônia, assim como financiamento destinado ao desenvolvimento de energias renováveis na indústria e no setor de transportes (5,37 milhões de euros) e o empréstimo de 80 milhões de euros com juros reduzidos para os agricultores que realizarem o reflorestamento de suas terras. Na visita de Annalena Baerbock, Ministra Federal do Exterior da Alemanha, em 5 de junho de 2023, foi elaborado o “Comunicado Conjunto sobre Ambição e Ação Climáticas” para destacar a parceria Brasil-Alemanha. A declaração reafirma a importância da Agenda 2030 e do Acordo de Paris para o futuro das sociedades. (MMA, 2023b; FUNAG, 2023).

Também vale destacar a visita do presidente Lula à China em abril de 2023, onde após uma reunião com o presidente Xi Jinping, foi realizada uma declaração conjunta entre Brasil e

China sobre o combate às mudanças climáticas. O documento enfatiza a necessidade de ampliar a cooperação ambiental, incluindo a importância do apoio de países desenvolvidos para o acesso à tecnologia e financiamento dos países em desenvolvimento (MMA, 2023c).

Também houve a doação de R\$2,5 bilhões para o Fundo Amazônia por parte dos Estados Unidos, divulgada em abril de 2023, e a contribuição de R\$500 milhões por parte do Reino Unido, divulgada em maio de 2023. (MMA, 2023d; 2023e). Outra importantíssima iniciativa que representou um sucesso do retorno do Brasil ao debate ambiental foi a candidatura e posterior confirmação de sediar a 30ª Conferência da ONU sobre Mudanças Climáticas (COP-30) em Belém do Pará, em 2025. (BRASIL, 2023a).

Além disso, outro significativo marco da reorientação e realinhamento do Brasil com os vizinhos da América do Sul é o Consenso de Brasília realizado em 30 de maio de 2023. Essa reunião foi organizada com todos os outros presidentes dos países Sul-Americanos para intercambiar pontos de vista e perspectivas para a cooperação e a integração regional. Na declaração, foi reafirmada a visão comum de que a América do Sul constitui uma região de paz e cooperação, baseada no Estado democrático de direito e na estabilidade institucional, destacando a necessidade de combater a todas as formas de ameaças à segurança regional cooperativamente. Além disso, foi reafirmada a importância dos direitos humanos, da justiça social, e da necessidade de concretizar os ODS e a Transição Energética (MRE, 2023a).

A presidência do Brasil no G20 2024 representa outro ponto importante na tentativa de liderar as discussões internacionais sobre TEJ, MC e DS e isso fica evidente, com a adoção do slogan “Construindo um mundo justo e um planeta sustentável”. Os membros do G20 representam cerca de 85% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial, 75% do comércio mundial e cerca de dois terços da população mundial. Além disso, em 2024, é composto por 19 países (África do Sul, Alemanha, Arábia Saudita, Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, China, Coreia do Sul, Estados Unidos, França, Índia, Indonésia, Itália, Japão, México, Reino Unido, Rússia e Turquia) além da União Africana e da União Europeia (G20 BRASIL, 2024).

Outro fator relevante, mas inviável de se analisar neste momento, é a presidência brasileira dos BRICS em 2025. O grupo de economias emergentes expandiu seu número de membros em 2024 e vem ganhando cada vez mais relevância como uma alternativa do sul para a promoção da cooperação. Inclusive o lema que será utilizado em 2025 é “Fortalecendo a Cooperação do Sul Global para uma Governança mais Inclusiva e Sustentável” e novamente reforça a necessidade de alcançar um novo paradigma pautado na sustentabilidade. Além disso, também devem ser definidos as formas de entrada de novos países “parceiros”, assim como a redução da desigualdade, promoção do DS no sul e entre outros. (G1, 2024)

Percebe-se, assim, que existe uma nova tentativa de projeção e reaproximação do Brasil com a comunidade internacional. Isso revela a urgência das temáticas contemporâneas, assim como as possíveis vantagens ligadas às questões econômicas e políticas. Elementos como os efeitos das MC, as disputas entre Estados Unidos e China, as guerras Rússia-Ucrânia e Israel-Palestina, as consequências das sanções econômicas aplicadas para inviabilizar esses conflitos, assim como a dificuldade econômica da UE devido à dependência energética da Rússia, aceleram a tentativa de transição global para um novo modelo de desenvolvimento seguro, sustentável e socialmente justo, sendo o Brasil um dos principais atores no processo.

Essa possível liderança só pode ser alcançada se no cenário interno o Brasil também promover mudanças efetivas. Um dos problemas mais complexos está relacionado à floresta amazônica, responsável por grande parte da captura de GEEs, mas com o gigante desafio de combater seu desmatamento. Como visto anteriormente, a fiscalização ambiental foi enfraquecida durante os governos Temer e Bolsonaro, mas novas políticas com foco na preservação ambiental e fiscalização vêm sendo implementadas ou retomadas com sua devida importância no novo governo.

O Plano de Ação para Preservação e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) criado no primeiro governo Lula foi retomado no dia 05 de junho de 2023, Dia Mundial do Meio Ambiente. Seu objetivo é alcançar o desmatamento zero até 2030, e para isso, foi estruturado em 4 eixos temáticos: 1) atividades produtivas sustentáveis; 2) monitoramento e controle ambiental; 3) ordenamento fundiário e territorial; e 4) instrumentos normativos e econômicos voltados à redução do desmatamento e à efetivação das ações abrangidas pelos demais eixos. Além disso, também foram assinados outros decretos na área climática e de proteção ambiental, recriando o Comitê Interministerial de Mudança do Clima (CIM), a Comissão Nacional de REDD+ (CONAREDD), o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, e entre outros. (MMA, 2023f).

Outras iniciativas foram lançadas no dia 11 de abril de 2023, como o Novo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o Plano de Transformação Ecológica (PTE). O PTE dispõe de instrumentos administrativos, financeiros, fiscais, regulatórios, creditícios e de monitoramento que têm como objetivo promover emprego e produtividade, justiça social e sustentabilidade ambiental nas ações do governo, ou seja, uma mudança de paradigma de funcionamento das políticas públicas brasileiras pautada no DS.

Para isso, o PTE foi desenvolvido em 6 eixos: 1) Finanças Sustentáveis; 2) Adensamento Tecnológico; 3) Bioeconomia e Sistemas Agroalimentares; 4) Transição Energética; 5) Economia Circular e 6) Nova Infraestrutura Verde e Adaptação (Fazenda,

2024). Entre as principais medidas estão a consolidação do mercado regulado de carbono, a emissão de títulos sustentáveis, a criação de uma taxonomia sustentável e a reformulação do Fundo Clima para financiar atividades de inovação tecnológica sustentável (MMA, 2023g).

Já a terceira edição do PAC prevê projetos em todos os estados da federação, feitos por parceria com as diferentes esferas do poder público e com setor privado, e tendo o investimento de R\$1,7 trilhão. Além disso, o novo PAC já foi vinculado e pensado a partir dos seis eixos do PTE. O ministro da Fazenda Fernando Haddad afirmou que “O Brasil, por suas particularidades geopolíticas e geoambientais, pode se dar ao dever de unir desenvolvimento e sustentabilidade e, portanto, essa unidade que vai se realizar aqui talvez seja o grande segredo do ciclo de desenvolvimento que se abre a partir de agora” (MMA, 2023g).

Entretanto, diversas contradições e ambiguidades já aconteceram e põem em dúvida a efetividade do novo Governo. Algumas das principais são a ineficiência de combater as queimadas que ocorreram no pantanal e atingiram mais de 700 mil hectares, a possibilidade de exploração de petróleo na foz do Rio Amazonas, o que possibilitaria uma catástrofe ambiental pra biodiversidade na região e ainda aumentaria a exploração de uma fonte de energia poluente, a entrada do Brasil na OPEP+ grupo de parceiros dos principais produtores e exportadores de petróleo, a continuação do financiamento para a construção da Transamazônica e também greves no Ibama, ICMBio, Serviço Florestal Brasileiro e Ministério do Meio Ambiente (VEJA, 2024).

De acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases do Efeito Estufa (SEEG, 2024), o Brasil emitiu, em 2021, 2.54 bilhões de toneladas brutas de CO<sub>2</sub>e<sup>7</sup>. Os dados representam um aumento de aproximadamente 15% em relação à quantia registrada em 2020 (2.20 Bi) e um pico de emissões que não ocorria desde 2005 (2.66 Bi). Já em 2022, que são os últimos dados disponíveis, ocorreu a emissão de 2.33 bilhões de toneladas brutas de CO<sub>2</sub>e, representando uma redução de aproximadamente 8,2% em relação a 2021.

O SEEG (2024) divide as emissões totais entre cinco setores: 1) Mudanças de Uso das Terras e Florestas (MUT); 2) Agropecuária; 3) Energia; 4) Processos Industriais e 5) Resíduos. Os dados mais atuais afirmam que o setor de Mudança de uso da Terra, onde estão inclusos o desmatamento e as queimadas, representou 48% das emissões do Brasil em 2022 (1.11 Bilhões de CO<sub>2</sub>e), a agropecuária ficou em segundo com 26% (617 milhões de CO<sub>2</sub>e), a energia em terceiro com 17% (412 milhões de CO<sub>2</sub>e), resíduos em quarto com 3,92% (91 milhões de CO<sub>2</sub>e) e processos industriais em último com 3,89% (90 milhões de CO<sub>2</sub>e).

---

<sup>7</sup> Unidade de medida que engloba todos os tipos de GEE's do efeito estufa



Portanto, isso significa que quase 75% das emissões de GEE's do Brasil estão diretamente relacionadas à preservação das florestas e à agropecuária. Fato extremamente diferente da realidade mundial, que busca reduzir suas emissões principalmente a partir dos setores da energia e dos processos industriais. Este não é um problema para a realidade brasileira, que tem grande abundância de recursos energéticos e uma das matrizes energéticas e elétricas mais limpas em comparação com a média mundial.

O próximo capítulo será dedicado exclusivamente à análise da política energética brasileira, cujo setor é visto como um dos principais eixos potenciais para alavancar a liderança do país no cenário internacional e no contexto da transição energética.

### 3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foi apresentada a evolução da participação do Brasil na Governança Ambiental Global, com ênfase em sua trajetória nas negociações internacionais e nas políticas internas voltadas ao desenvolvimento sustentável. Ao longo das últimas décadas, o país oscilou entre avanços e retrocessos consideráveis, particularmente no que se refere à preservação ambiental e ao combate às mudanças climáticas. Esse processo reflete a dualidade entre crescimento econômico e necessidade de promover a sustentabilidade.

O Brasil, inicialmente, operava sob o paradigma desenvolvimentista, priorizando a exploração intensiva dos recursos naturais em prol da industrialização e ocupação territorial. Essa visão, que prevaleceu por décadas, contribuiu significativamente para o desmatamento e a degradação ambiental, principalmente na Amazônia. No entanto, gradativamente, ocorreu uma mudança, marcada pela crescente conscientização sobre a importância de se equilibrar o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental. Isso culminou na Conferência Rio 92, quando o Brasil se posicionou como um protagonista nas negociações climáticas, consolidando-se como um dos principais atores no cenário global.

Apesar dos avanços, o período que se iniciou no final da década de 2010 trouxe significativos retrocessos. A partir do segundo mandato de Dilma, e principalmente nos governos Temer e Bolsonaro, o Brasil sofreu um profundo enfraquecimento de suas políticas ambientais. O dismantelamento das estruturas institucionais voltadas para a preservação do meio ambiente e a fiscalização, o avanço desenfreado do desmatamento e o alinhamento com interesses de setores do agronegócio favoreceram o enfraquecimento interno. Esse cenário não apenas comprometeu os esforços de mitigação das mudanças climáticas, como também

deteriorou a imagem do Brasil no plano internacional, transformando o país, que antes era visto como líder, em alvo de diversas críticas.

A eleição de Luiz Inácio Lula da Silva para um terceiro mandato, em 2022, marca o início de uma nova fase de reconstrução das políticas ambientais e de reposicionamento do Brasil no cenário internacional. Desde o início de seu governo, há um esforço de retomar a centralidade da agenda ambiental, especialmente com a reativação do Fundo Amazônia e o estabelecimento de metas ambiciosas para a TEJ e o combate às MCs.

Contudo, esse processo de reconstrução enfrenta desafios complexos. Internamente, o país precisa lidar com questões estruturais, como o desmatamento ilegal e a resistência de setores à adoção de práticas sustentáveis. Além disso, contradições surgem no próprio governo, como a possível exploração de petróleo na foz do Rio Amazonas, que contrasta com o discurso brasileiro de sustentabilidade. Isso precisa ser enfrentado de forma efetiva para que o Brasil possa efetivar seu papel de liderança nas negociações climáticas globais.

Assim, o Brasil se encontra em um momento crucial. Se, por um lado, as ações recentes do governo Lula indicam uma nova fase de avanços na agenda ambiental, por outro, as tensões internas e os obstáculos à implementação de políticas eficazes revelam a complexidade da questão. Para retomar sua posição de liderança global no combate às mudanças climáticas e promover um modelo de desenvolvimento verdadeiramente sustentável e justo, o país precisará superar essas contradições e consolidar suas iniciativas, tanto internamente quanto no plano internacional.

Acredita-se que a utilização da abundância de recursos energéticos limpos no país pode ser a principal vantagem brasileira, ou seja, utilizar os recursos obtidos pela exportação de energias limpas para financiar outras importantes iniciativas internas e alcançar plenamente o Desenvolvimento Sustentável, isso será melhor trabalhado no capítulo seguinte.

## 4. A ENERGIA DO BRASIL

Este capítulo apresentará a política energética do Brasil e a relação com a sua tentativa de ser uma liderança no processo de transição energética global. Dessa forma, busca-se analisar o histórico de atuação do Brasil em relação à energia e suas principais iniciativas de desenvolvimento interno e internacional no setor energético que impactaram diretamente os rumos de sua política externa.

Para isso, a primeira seção apresenta um panorama histórico com as principais iniciativas brasileiras para desenvolver seu setor energético, indo além da autossuficiência e promovendo seu desenvolvimento interno e inserção internacional como um protagonista no cenário energético global. A segunda seção analisa as principais características contemporâneas da política energética do Brasil, demonstrando como são divididas suas matrizes energéticas e elétricas, qual sua posição e seu potencial na Transição Energética (TE) e como essa temática vem sendo trabalhada no novo Governo Lula.

### 4.1 A ENERGIA NO SISTEMA INTERNACIONAL E AS AÇÕES DO BRASIL

Como discutido no primeiro capítulo, já ocorreram diversas transições energéticas que alteraram significativamente o sistema produtivo e o modo de vida das populações. A energia é fundamental para o desenvolvimento, possibilitando a melhoria da qualidade de vida das populações (Fuser, 2013). Além disso, segundo Barros, Schutte e Sanná (2012), as transformações no setor energético são mais do que mudanças técnicas: elas têm implicações econômicas e políticas que afetam a posição de cada país no sistema internacional. No Brasil, o desenvolvimento de uma matriz energética diversificada e o esforço para garantir a autossuficiência conferiram ao país um papel de destaque internacional.

No contexto internacional, a energia se configura como um recurso essencial não apenas para a manutenção das economias nacionais, mas também para a segurança e estabilidade dos Estados. Os grandes produtores de petróleo, por exemplo, desempenham papéis influentes no equilíbrio de preços e nas negociações políticas. Ao longo das décadas, o Brasil se distanciou de uma dependência estrita do petróleo importado e, ao adotar políticas voltadas à diversificação energética, conseguiu estruturar uma matriz que integra fontes renováveis como hidrelétrica, biocombustíveis e, mais recentemente, energias solar e eólica. Essa estratégia, de acordo com Barros, Schutte e Sanná (2012), reflete a ambição do Brasil de fortalecer sua segurança energética e tornar-se também um exportador de energia.

A disponibilidade e o acesso a serviços energéticos adequados são fundamentais para manter atividades econômicas essenciais, como o transporte, a agricultura e as indústrias modernas. Ainda assim, a relação entre o uso de energia e o desenvolvimento não é universal. Diversos países apresentam níveis de eficiência e consumo muito diferentes, o que indica que políticas de planejamento energético têm grande impacto na maximização dos benefícios obtidos (Goldemberg; Moreira, 2005). No caso brasileiro, a aposta em energias renováveis e em políticas públicas focadas na sustentabilidade e na eficiência têm permitido que o país mantenha um consumo energético per capita abaixo da média global, como observam Goldemberg e Moreira (2005). Essa tendência contribui para uma imagem internacional do Brasil como um exemplo de eficiência e responsabilidade ambiental.

Historicamente, o Brasil adotou uma política de incentivo à diversificação de sua matriz energética, especialmente após o choque do petróleo dos anos 1970, quando criou o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) para incentivar a produção de etanol como alternativa aos combustíveis fósseis. Essa iniciativa foi pioneira, e, atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de biocombustíveis. Além disso, as descobertas de petróleo na camada do pré-sal impactaram positivamente a economia brasileira, possibilitando autossuficiência relativa desse energético, interferindo na sua política externa e influência internacional, apesar de ser extremamente poluente (Barros; Schutte; Sanná, 2012).

Dessa forma, ao possuir uma matriz energética diversificada e predominantemente limpa, o Brasil não só fortalece sua economia interna, mas também contribui para a segurança energética global, e para os esforços de mitigação das mudanças climáticas quando investe nas renováveis. Segundo Barros, Schutte e Sanná (2012), essa posição pode tornar o Brasil um exemplo para países em desenvolvimento que buscam modelos para o desenvolvimento sustentável. Logo, isso impactou não apenas seu desenvolvimento interno, mas a própria inserção internacional do Brasil como um ator relevante e inovador.

Os trabalhos de Goldemberg e Moreira (2005), Medeiros (2010), Pimentel (2011), Barros, Schutte e Sanná (2012), Fuser (2013), Ribeiro (2014), Machado (2014) e Pinto Jr (2016) permitem uma análise abrangente da evolução do uso de energia no Brasil e no mundo, bem como das implicações geopolíticas dessa trajetória, onde compreendemos que a história das fontes de energia impacta a própria formação do Sistema Internacional Contemporâneo. A seguir, analisaremos alguns marcos históricos e setores importantes, compreendendo como o Brasil atuou nesses momentos, que são vistos como base para moldar sua posição como um dos possíveis líderes globais na Transição Energética Justa (TEJ).

#### 4.1.1 Petróleo

O petróleo se consolidou como um dos principais recursos para a economia e geopolítica global, destacando-se como o combustível que moldou o século XX e suas dinâmicas de poder. Como menciona Fuser (2016), com o advento da segunda revolução industrial e a invenção do motor a combustão interna, o petróleo ganhou muita importância, substituindo o carvão como principal fonte de energia para indústrias e sistemas de transporte, além de ser base na produção de outros bens cotidianos, como fertilizantes, plásticos e medicamentos. Além disso, o controle da produção e do seu preço tornou-se estratégia de influência econômica e militar, afetando a autonomia e o poder de diversos Estados.

A exploração comercial do petróleo teve início nos Estados Unidos, em 1859, quando Edwin Drake perfurou o primeiro poço em Titusville, Pensilvânia. A partir desse evento, a indústria petrolífera passou por uma rápida expansão, movida por empreendedores que, ao longo das décadas seguintes, estabeleceram um monopólio com alto grau de controle sobre todas as etapas produtivas, da extração à comercialização (Pinto Jr, 2016).

Um exemplo desse movimento foi a criação da Standard Oil por John D. Rockefeller, uma empresa que estruturou um verdadeiro império, exercendo monopólio sobre a indústria americana e influenciando o mercado global. Rockefeller e seus sucessores na Standard Oil adotaram práticas comerciais agressivas para adquirir refinarias e firmar acordos, consolidando-se como modelo de centralização e exploração. Esse modelo vertical de gestão foi mais tarde reproduzido por outras grandes empresas, ampliando o impacto do petróleo na economia mundial e na concentração de poder das grandes corporações (Fuser, 2016).

O fortalecimento da indústria petrolífera americana estimulou a exploração de reservas internacionais, especialmente no Oriente Médio, onde foram identificadas algumas das maiores reservas mundiais. O século XX testemunhou o estabelecimento de um monopólio informal, constituído pelas chamadas “Sete Irmãs” — um cartel formado por empresas dos Estados Unidos e da Europa que atuavam sob o suporte e a tutela de seus governos. Esse grupo controlou durante décadas a produção, os preços e a oferta global de petróleo, extraindo grandes lucros em detrimento do meio ambiente e explorando as populações locais dos países produtores. (Fuser, 2016)

Esse arranjo garantiu a redistribuição de recursos para o Ocidente, alimentando o crescimento industrial desses países e reforçando suas posições no SI. Entretanto, esse domínio começou a ser questionado nas décadas seguintes, particularmente a partir dos

movimentos nacionalistas dos países produtores e do estabelecimento da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) nos anos 1960 (Fuser, 2016).

No Brasil, a história do petróleo segue um caminho diferente, marcado pela busca pela autonomia energética em um contexto de industrialização e desenvolvimento nacional. Após campanhas como “O Petróleo é Nosso” e a posterior fundação da Petrobras, em 1953, o governo de Vargas adotou uma política de soberania energética, promovendo a exploração e o refino de petróleo dentro do território nacional. Essa iniciativa, fomentada pela visão desenvolvimentista da época, foi um marco na economia brasileira. A estatal não só impulsionou o desenvolvimento de uma infraestrutura nacional de exploração, refino e distribuição de petróleo, como também simbolizou a aspiração brasileira de reduzir sua dependência externa. A criação da Petrobras pode ser entendida, portanto, como um marco de resistência à lógica exploratória imposta pelas grandes corporações estrangeiras e como uma tentativa de consolidar um caminho de desenvolvimento autônomo para o país (Fuser, 2016).

Os choques do petróleo da década de 1970 tiveram um grande impacto na economia global e alteraram a política energética brasileira. Em 1973, como resultado do embargo imposto pelos países árabes em retaliação ao apoio ocidental a Israel, o preço do barril de petróleo quadruplicou, desestabilizando a economia de diversos países importadores, incluindo o Brasil, que experimentava um processo de crescimento acelerado dependente de importações. O choque impulsionou uma série de medidas para intensificar a exploração de recursos energéticos domésticos e estimular a diversificação da matriz energética, promovendo o desenvolvimento de biocombustíveis e o investimento em fontes alternativas, como hidroeletricidade e energia nuclear (Pimentel, 2011). Nesse contexto, a Petrobras desempenhou um papel vital, expandindo suas operações para garantir maior segurança energética, especialmente diante das flutuações do mercado internacional (Fuser, 2016).

Portanto, a história do petróleo revela uma estreita relação entre economia e política, em que o controle dos recursos energéticos reflete e reforça posições de poder no cenário internacional. No caso brasileiro, o fortalecimento de uma indústria nacional de petróleo e a busca por autonomia energética destacaram-se como aspectos essenciais na trajetória de desenvolvimento do país e em suas tentativas de inserção internacional.

#### **4.1.2 Energia Nuclear**

A energia nuclear surge como uma das alternativas para diversificar a matriz energética a partir da segunda metade do século XX, com a promessa de fornecer uma fonte

abundante e relativamente limpa de eletricidade. Sua origem remonta aos avanços científicos dos anos 1930 e 1940, quando a fissão nuclear foi descoberta por Enrico Fermi, culminando em sua aplicação militar durante a Segunda Guerra Mundial. A partir da década de 1950, essa tecnologia foi adaptada para usos civis, e se intensificou com a crise do petróleo em 1973, levando à diversificação das matrizes em busca de segurança energética (Fuser, 2016).

No Brasil, o interesse pela energia nuclear surge na mesma época, motivado pela necessidade de diversificar a matriz energética e reduzir a dependência dos combustíveis fósseis. A construção das usinas de Angra 1 e Angra 2 no Rio de Janeiro foi parte de uma estratégia nacional para assegurar a autonomia energética e diversificar as fontes, tornando-se especialmente relevante na contemporaneidade, com a intensificação das MC e a necessidade de reduzir emissões de GEE's. Como Barros, Schutte e Sanná (2012) apontam, a capacidade do Brasil em operar e expandir sua infraestrutura nuclear reflete a busca por uma matriz energética diversa que apoia a inserção do país no mercado internacional.

De acordo com Pimentel (2011), o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) já previa a instalação de novas usinas nucleares, especialmente na região Nordeste, onde poderiam contribuir para a segurança energética e mitigação das desigualdades regionais de acesso à energia. Barros, Schutte e Sanná (2012) destacam que, com o controle sobre todas as fases do ciclo do combustível nuclear, incluindo as reservas de urânio e a tecnologia de enriquecimento, o Brasil possui uma posição diferenciada, sendo capaz de conduzir sua política energética de maneira relativamente autônoma, especialmente no setor nuclear.

Entretanto, os custos elevados e os desafios tecnológicos do setor nuclear são barreiras significativas, exigindo um planejamento cuidadoso e investimentos em inovação e infraestrutura (Fuser, 2016; Pinto Jr, 2016). Ademais, o setor nuclear enfrenta desafios consideráveis relacionados à segurança e ao descarte de resíduos radioativos. Fuser (2016) e Pimentel (2011) apontam que, embora a energia nuclear emita poucos GEE's em comparação com fontes fósseis, a possibilidade de acidentes e os riscos à saúde pública exigem regulamentação rigorosa e sistemas de fiscalização constantes.

No caso do Brasil, embora a experiência no setor remonte a algumas décadas, com a operação das usinas de Angra, a expansão planejada demanda investimentos na implementação de sistemas de segurança e atualização das práticas de gerenciamento de resíduos radioativos, alinhados com padrões internacionais, como os propostos pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

Além disso, a diplomacia energética desempenha um papel essencial na condução das políticas brasileiras para o setor nuclear. Segundo Pimentel (2011), o Brasil se posiciona

ativamente em fóruns internacionais para garantir sua autonomia nuclear e para promover um ambiente regulatório que não restrinja o desenvolvimento de tecnologias nucleares pacíficas. Esse posicionamento permitiria ao país avançar na integração da energia nuclear em sua matriz, colaborando com o equilíbrio entre segurança e inovação, essenciais para consolidar a energia nuclear como um apoio às renováveis e viabilizar uma transição para baixo carbono. Barros, Schutte e Sanná (2012) argumentam que a participação do Brasil no setor nuclear também reforça sua capacidade de atuar como um exportador líquido de energia e promove uma posição de destaque nas discussões globais sobre transição energética.

Assim, a energia nuclear foi uma tentativa importante para o Brasil na busca por uma matriz diversificada. Apesar dos riscos e desafios tecnológicos, o setor nuclear, respaldado por uma diplomacia ativa e por uma infraestrutura já existente, pôde contribuir para a segurança energética e, se receber investimento, para a redução das emissões brasileiras. A análise de Pimentel (2011) sugere que, enquanto as renováveis devem ser priorizadas, o nuclear pode funcionar como uma ponte para alcançar a transição de forma estável, sem abrir mão de uma infraestrutura energética moderna e independente, características que ampliam a influência do Brasil no cenário global e garantem seu preparo para os desafios futuros. No entanto, como vamos apresentar mais a frente, a participação da energia nuclear não é tão expressiva no Brasil e a demora na conclusão de Angra 3, devido a diversos problemas políticos e econômicos, tornaram esse modal como uma “não prioridade”.

#### **4.1.3 Biocombustíveis**

Após a crise do petróleo, a experiência brasileira com os biocombustíveis se destaca como um dos primeiros e principais esforços para diversificar a matriz energética nacional e reduzir a dependência dos combustíveis fósseis. A criação do Programa Nacional do Alcool (Proálcool), em 1975, foi um passo significativo nesse sentido, posicionando o Brasil como pioneiro na implementação de uma alternativa renovável e sustentável ao petróleo. O programa buscava não apenas atender à crescente demanda interna por energia, mas também explorar a viabilidade econômica e ambiental da cana-de-açúcar como matéria-prima para o etanol, considerando a adaptabilidade dessa cultura ao clima tropical brasileiro e seu elevado rendimento energético (Fuser, 2016).

Esse esforço de diversificação energética, conforme exposto por Barros, Schutte e Sanná (2012), foi um marco na trajetória de autossuficiência e protagonismo energético do Brasil, que, ao impulsionar o Proálcool, criou uma plataforma estruturada para o



desenvolvimento e exportação de biocombustíveis. Essa iniciativa foi consolidada nas décadas seguintes com o desenvolvimento de tecnologia e infraestrutura voltadas à produção e distribuição de etanol. Na década de 2000, a introdução da tecnologia flexfuel, que possibilita o uso intercambiável de etanol e gasolina em veículos, fortaleceu o papel do etanol na matriz energética nacional e destacou o Brasil como líder global na tecnologia e no mercado de biocombustíveis. Esse desenvolvimento ocorreu em um contexto de crescente demanda global por combustíveis de menor emissão de carbono, em consonância com os compromissos de países desenvolvidos de mitigar os impactos das MC (Pimentel, 2011).

A competitividade do etanol brasileiro, obtido a partir da cana-de-açúcar, evidencia-se em relação ao etanol de milho produzido nos Estados Unidos, devido ao maior rendimento energético e à menor pegada de carbono. Barros, Schutte e Sanná (2012) enfatizam que o Brasil, ao longo das últimas décadas, tornou-se uma referência internacional em termos de desenvolvimento de tecnologias limpas para o setor de biocombustíveis, reforçando uma matriz energética diversificada e com menores emissões de carbono, o que agrega valor à sua inserção internacional como exportador de energias renováveis.

Em paralelo, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), lançado em 2004, introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira, com ênfase na soja como principal matéria-prima, mas buscando também incentivar a produção de outras oleaginosas como mamona e dendê. Diferente do Proálcool, o PNPB adotou uma estratégia não apenas energética, mas também socioeconômica, promovendo a inclusão de pequenos produtores, especialmente em regiões menos favorecidas, na cadeia produtiva do biodiesel. Essa abordagem alinhou-se ao objetivo de diversificação energética, mas também ao de desenvolvimento social, ao buscar uma produção descentralizada que reduzisse desigualdades regionais e fomentasse a segurança energética em nível local (Fuser, 2016).

Contudo, a expansão dos biocombustíveis no Brasil também gera preocupações relacionadas ao uso intensivo de terras agrícolas, principalmente para o cultivo da cana-de-açúcar e da soja, que podem levar ao desmatamento indireto, à insegurança alimentar e à pressão sobre os recursos hídricos. Barros, Schutte e Sanná (2012) discutem que, embora a expansão em áreas de pastagens degradadas seja defendida como estratégia para minimizar os impactos ambientais, o crescimento descontrolado desses cultivos pode deslocar as atividades agropecuárias para ecossistemas sensíveis como o Cerrado e a Amazônia. Esses impactos reforçam a importância de regulações voltadas a uma produção sustentável, que mitiguem as externalidades associadas ao avanço da produção de biocombustíveis em larga escala.

Nesse sentido, a posição do Brasil como um dos maiores produtores e exportadores de etanol e biodiesel demanda a implementação de políticas que equilibrem os benefícios econômicos e ambientais. O compromisso do Brasil com a sustentabilidade na produção de biocombustíveis tem levado o país a cooperar com outros Estados e organizações internacionais para a criação de padrões e regulamentações que garantam a sustentabilidade. A Aliança Global para Biocombustíveis, a Plataforma para o Biofuturo e o Grupo Ad Hoc de Biocombustíveis do Mercosul são alguns dos principais fóruns internacionais que o Brasil faz parte para promover o pleno uso dessas fontes (MRE, 2023b, 2024). Isso é essencial para consolidar o Brasil como um líder na TEJ.

Dessa forma, os biocombustíveis, ao lado de outras fontes renováveis, emergem como um componente-chave para a matriz energética brasileira e para sua política externa (Machado, 2014; Ribeiro, 2014). Embora o setor enfrente desafios significativos, sua relevância para o desenvolvimento econômico e social e sua contribuição para a redução de emissões de GEE's reforçam a importância de políticas públicas que incentivem uma produção agrícola mais sustentável e socialmente inclusiva. A trajetória do Brasil no mercado de biocombustíveis, alinhada às metas de redução de carbono e à ampliação da matriz renovável, coloca o país como um exemplo de integração entre crescimento econômico e responsabilidade socioambiental (Barros; Schutte; Sanná, 2012).

#### **4.1.4 Integração Energética**

A integração energética é um dos pilares para o desenvolvimento econômico e para a segurança energética na América do Sul, com o Brasil desempenhando um papel essencial nessa cooperação. Conforme Lima *Et al.* (2017), os esforços de integração energética na região buscam não apenas ampliar a oferta de energia, mas também garantir maior estabilidade e autonomia para as matrizes energéticas dos países sul-americanos. Ela representa uma oportunidade estratégica para o fortalecimento dos laços regionais e para a otimização de recursos energéticos em uma abordagem complementar, promovendo a segurança energética e a resiliência no processo.

Historicamente, o desenvolvimento da infraestrutura energética na América do Sul foi impulsionado por projetos como a Iniciativa para a Integração da Infraestrutura Regional Sul-Americana (IIRSA) e o Conselho Sul-Americano de Infraestrutura e Planejamento (Cosiplan). Esses programas buscaram superar limitações logísticas e estruturais herdadas do período colonial, promovendo uma infraestrutura regional capaz de atender às necessidades

econômicas e de segurança dos países sul-americanos (Fuser, 2016). Projetos, como o Gasoduto Brasil-Bolívia e a Usina Hidrelétrica de Itaipu, entre Brasil e Paraguai, exemplificam o papel do Brasil como articulador de uma infraestrutura compartilhada.

Porém, como aponta Milani *Et al.* (2014), a integração física entre os países sul-americanos enfrenta obstáculos significativos, especialmente devido a fatores geográficos, como a Cordilheira dos Andes, a Floresta Amazônica e o Pantanal. Esses desafios naturais são intensificados por uma infraestrutura nacional insuficiente, onde os investimentos tendem a se concentrar em áreas economicamente mais dinâmicas, dificultando a criação de um mercado coeso e integrado. A falta de um planejamento voltado para a integração regional resulta em projetos fragmentados, o que reduz a eficácia dos esforços de cooperação. Esse cenário contribui para um déficit logístico que não só limita o desenvolvimento econômico, mas também prejudica as trocas de energia e bens entre os países, prejudicando a integração.

Esse contexto resulta, segundo Lima *Et al.* (2017), em uma “interconexão sem integração”, onde as iniciativas de transporte de energia ocorrem de forma bilateral e descoordenada, sem promover uma verdadeira convergência política e regulatória. A ausência de um marco regulatório comum e de um planejamento energético de longo prazo impede que a América do Sul aproveite plenamente suas complementaridades naturais e otimize a distribuição de recursos. Com uma estrutura comum, seria possível priorizar a cooperação, maximizar a utilização de recursos renováveis e reduzir a dependência de fontes poluentes, o que alinha os interesses da região com os objetivos da TEJ (MRE, 2023a).

O Ministério das Relações Exteriores enfatiza a relevância da integração elétrica regional para a segurança energética e o desenvolvimento sustentável na América do Sul (MRE, 2024a). A integração permite a realização de projetos de grande escala, que isoladamente seriam inviáveis, além de explorar complementaridades, como as diferenças nos regimes hídricos, eólicos e solares dos países. Isso reduz a necessidade de geração térmica, proporcionando benefícios econômicos e ambientais. A exemplo disso, a Usina Hidrelétrica de Itaipu, e as linhas de interconexão com Argentina e Uruguai são casos bem-sucedidos que reforçam a infraestrutura regional e garantem maior estabilidade ao sistema elétrico.

Além disso, a criação de corredores bioceânicos, previstos pela IIRSA, revela-se uma estratégia importante para ampliar a integração. Conforme Milani *Et al.* (2014), a recuperação e construção de vias intermodais ligando o Pacífico ao Atlântico facilita a circulação de mercadorias e de energia, não apenas no mercado regional, mas também na exportação para mercados globais. Essa infraestrutura possibilitaria que a região se posicione de forma mais

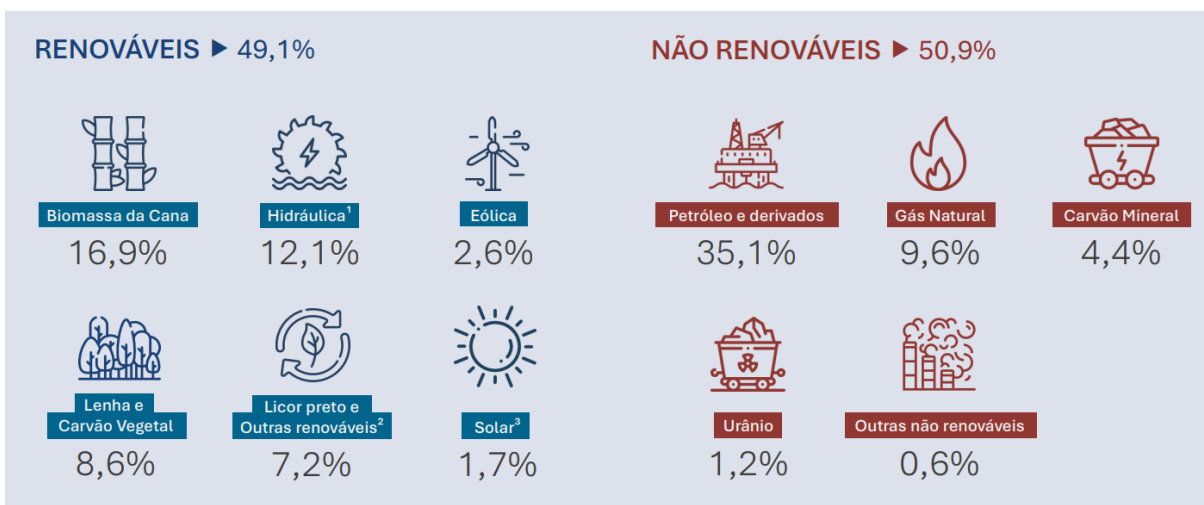
competitiva no cenário mundial, enquanto fortalece a cooperação intra-regional e as cadeias produtivas locais, importantes para garantir a complementaridade econômica.

Dessa forma, a integração energética exige mais do que a construção de infraestrutura física, ela requer um compromisso político e regulatório voltado aos interesses coletivos da região. A posição do Brasil como líder regional é essencial para guiar esses esforços, conforme argumenta Fuser (2016), respondendo aos desafios globais da transição para energias renováveis e do fortalecimento da segurança energética com a integração da região.

#### 4.2 A POLÍTICA ENERGÉTICA E AS MATRIZES BRASILEIRAS

Apresentadas algumas das principais iniciativas do Brasil no setor energético, é importante analisar qual é a realidade contemporânea que promove o país como uma liderança da TEJ, com foco no novo governo Lula. Como vimos no capítulo anterior, as emissões de GEE's pelo uso de energia e processos industriais representaram menos de 25% de suas emissões totais em 2022. E, segundo o Balanço Energético Nacional 2024, que tem como ano base 2023, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do Brasil, subsidiária do Ministério de Minas e Energia (MME), a matriz energética brasileira, em 2023, teve 49.1% de energia vinda de fontes renováveis e 50,9% de fontes não renováveis (EPE, 2024b). Isso representa uma proporção muito superior à média global, como vamos comparar mais à frente. A divisão sobre as diferentes fontes utilizadas esta disposta abaixo na Figura 1.

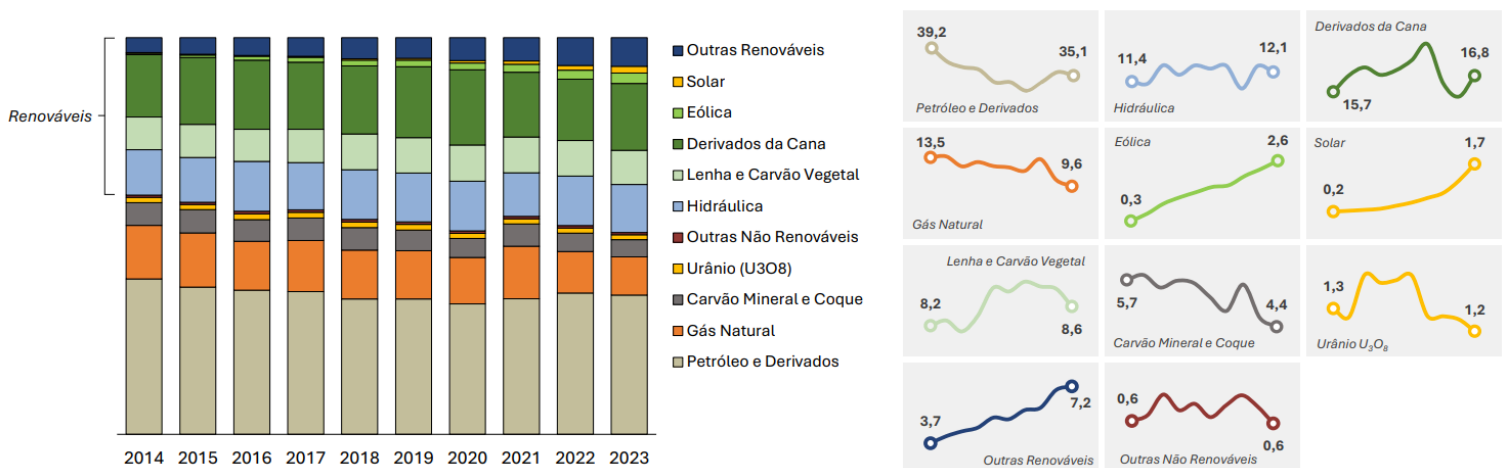
**FIGURA 1:** Matriz Energética do Brasil com base na Oferta Interna de Energia em 2023



**FONTE:** EPE (2024a)

Percebe-se que menos da metade da energia total utilizada no Brasil vem de fontes renováveis, onde a energia vinda de fontes vegetais, como biomassa de cana, lenha, carvão vegetal, licor preto, biodiesel, biogás, gás industrial de carvão vegetal e outras biomassas, representam quase 33%. Além disso, a hidráulica fica em segundo lugar nas renováveis com 12,1%, seguida pela energia de fontes eólicas com 2,6% e solares com 1,7%. Já nas fontes não renováveis, o petróleo e seus derivados são responsáveis pela grande maioria do uso de energia, representando 34,1%, seguindo com o gás natural com 9,6%, carvão mineral 4,4%, urânio 1,2% e outras fontes não renováveis 0,6%.

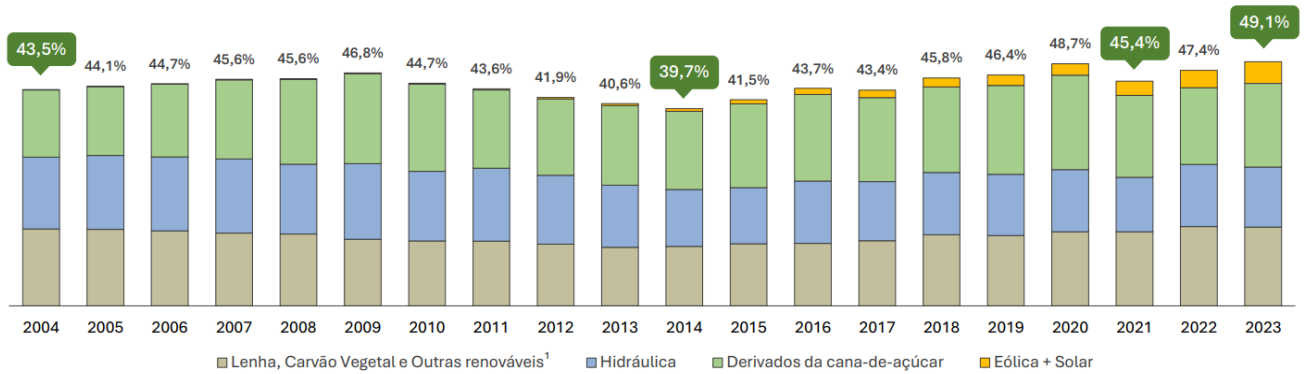
**FIGURA 2:** Evolução total da Oferta Interna de Energia do Brasil de 2014 a 2023



**FONTE:** EPE (2024a)

Na figura 2, fica evidente a evolução acentuada das fontes renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE) da matriz energética brasileira, e, conseqüentemente, a redução no uso de petróleo, gás natural e carvão mineral. Além disso, mesmo ainda não sendo as principais fontes, e apesar das oscilações, as renováveis estão crescendo desde 2014, e isso deve-se principalmente pelas eólicas e solares, como fica evidente na figura 3. Ademais, em 2021, ocorreu um recuo na oferta devido aos impactos da COVID-19 e a conseqüente reativação das termelétricas (EPE, 2024a).

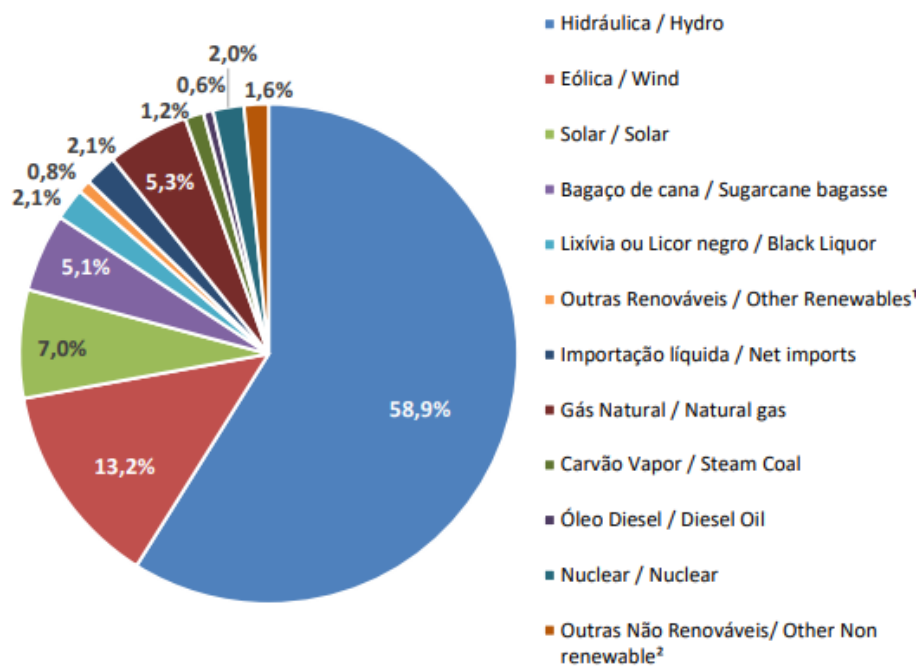
**FIGURA 3:** Evolução das renováveis na Oferta Interna de Energia do Brasil de 2004 a 2023.



**FONTE:** EPE (2024a)

No entanto, quando analisamos a matriz elétrica do Brasil, o uso de fontes renováveis sobe para 89,1%, considerando o Sistema Interligado Nacional (SIN). Esse número pode aumentar para 93% quando são excluídos os Sistemas Isolados, a Importação de Eletricidade, a Autoprodução não injetada na rede e a micro e minigeração distribuída. Mas, de forma geral, como demonstra a figura 4 abaixo, a matriz elétrica brasileira é principalmente baseada em energia hidráulica, que representa 58,9% da geração, seguida pelas eólicas 13,3%, solar 7,0%, gás natural 5,3%, bagaço de cana 5,1% e com as demais categorias entre 0,6% e 2,1%

**FIGURA 4:** Matriz Elétrica do Brasil com base na Oferta Interna de Energia total em 2023.

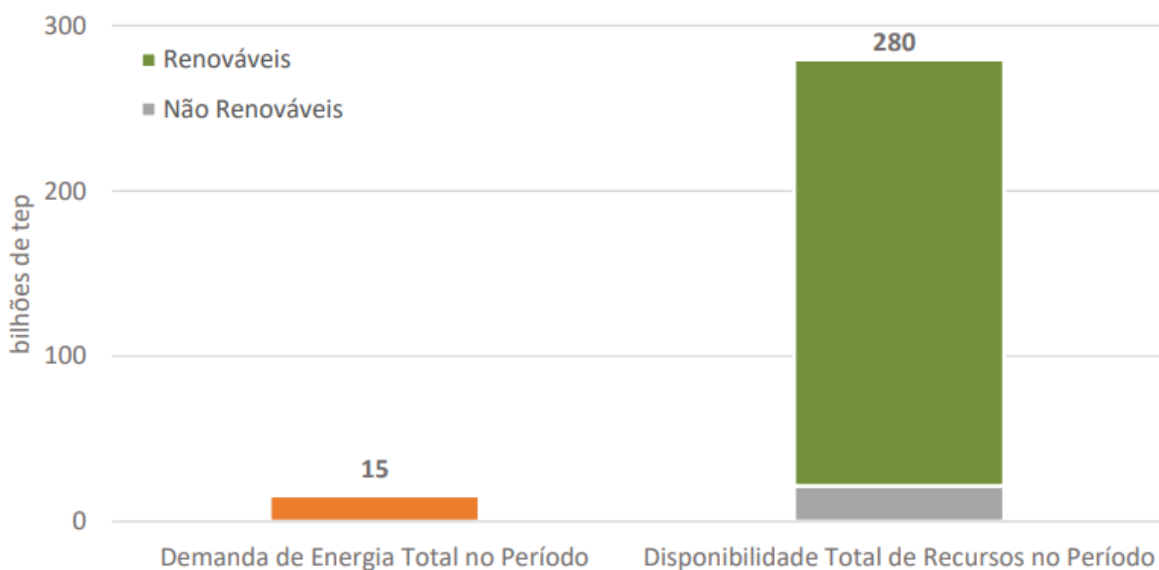


**FONTE:** EPE (2024b)

Nos últimos anos, a participação da energia com geração eólica e solar fotovoltaica vem aumentando cada vez mais na matriz elétrica e energética brasileira, promovendo o crescimento da participação das renováveis. Comparando entre 2022 e 2023, ocorreu um acréscimo de 68,1% na geração total de energia elétrica solar fotovoltaica, e de 17,4% nas eólicas. Ao mesmo tempo, a participação na geração elétrica com derivados de petróleo teve um decréscimo de -19,4% e as fontes baseadas em gás natural representaram -7,9% (EPE, 2024b). Isso ocorre pelas políticas de incentivo à geração de eletricidade a partir de fontes renováveis e o consequente aumento do investimento, contribuindo para a diversificação da matriz, e facilitando a transição energética com redução de GEE's de forma segura.

O Plano Nacional de Energia 2050, publicado em 2020, analisa que a demanda por energia no Brasil até 2050 seria de 15 bilhões de Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP), enquanto a oferta de produção total seria de 280 bilhões, sendo destes, quase 260 bilhões TEP de origem renovável (EPE, 2020). Isso pode ser visualizado na figura 5 a seguir.

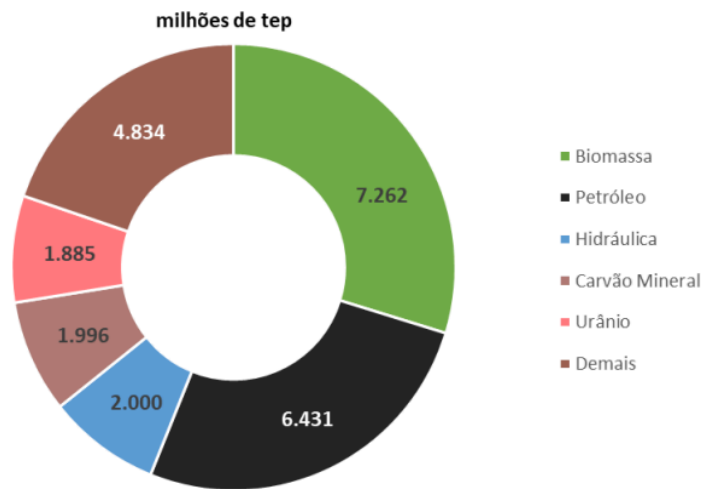
**FIGURA 5:** Projeção da demanda e oferta de energia no Brasil até 2050.



**FONTE:** EPE (2020)

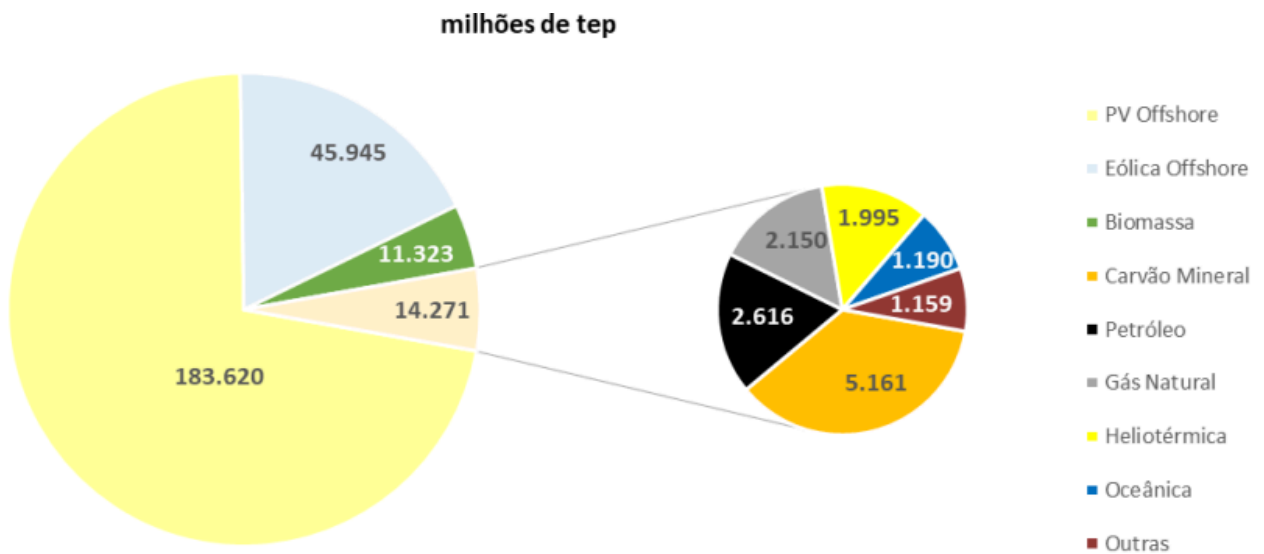
Percebe-se que o potencial de produção seria muito superior ao consumo, e, mesmo que fontes poluentes fossem totalmente consumidas ou não mais utilizadas, o excedente ainda possibilitaria ganhos para o Brasil como um exportador de energia, provavelmente por hidrogênio, biocombustível ou outros. A divisão dos recursos está nas figuras 6 e 7 abaixo.

**FIGURA 6:** Potencial de recursos mais facilmente acessíveis no horizonte de 2050



**FONTE:** EPE (2020)

**FIGURA 7:** Potencial de recursos com maiores desafios de aproveitamento até 2050



**FONTE:** EPE (2020)

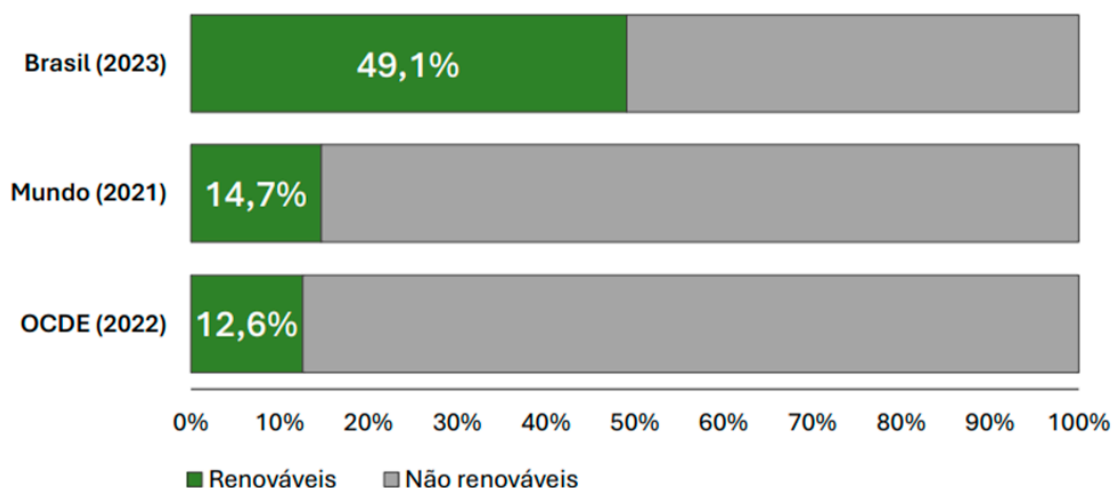
Com base na figura 6, percebe-se que a curto prazo o Brasil pode se aproveitar mais facilmente de quase 11 bilhões TEP de recursos não-renováveis, divididos entre petróleo, gás natural, carvão e urânio. Já as renováveis, divididas entre hidráulicas, eólicas, solares e biomassa representam quase 13 bilhões TEP de recursos energéticos. Já na figura 7, que demonstra a longo prazo os recursos que podem ser aproveitados com maiores desafios, a diferença é extremamente superior, onde 10 bilhões TEP são de recursos não-renováveis e 245 bilhões TEP vêm das fontes renováveis, principalmente eólicas e solares (EPE, 2020).



É evidente que esses indicadores são projeções, que com o passar do tempo podem ser superados tanto para mais, quanto para menos. A própria EPE afirma que podem ocorrer diversos desafios para sua concretização que, além da viabilidade econômica ou técnica, também deve ser levado em consideração os possíveis desdobramentos regulatórios, impactos socioambientais e interesse dos governos e empresas. No entanto, esse cenário altera consideravelmente a realidade do planejamento energético do país, pois muda de uma estratégia de possível gerenciamento de escassez, como ocorreu durante os choques do petróleo, para uma estratégia de gerenciamento de abundância, que pode favorecer em grande medida os rumos do Brasil como uma liderança na TEJ.

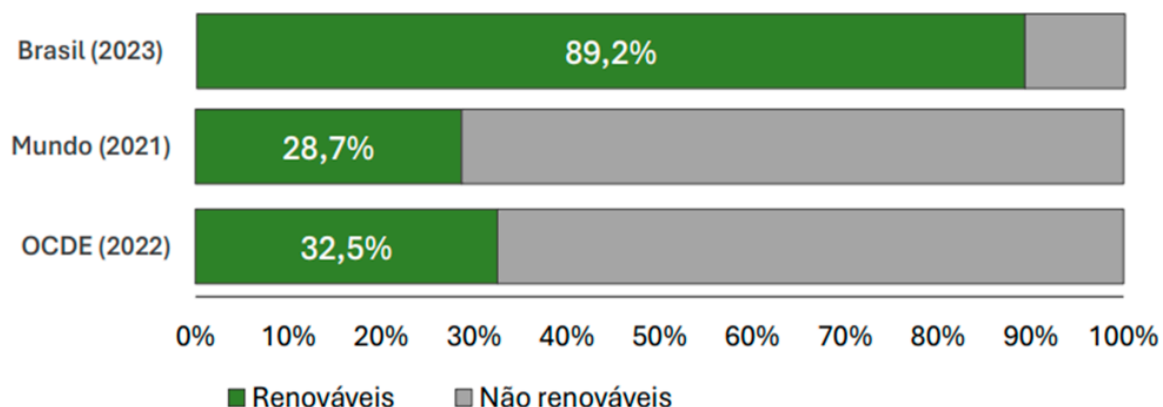
Apresentada as principais formas de geração de energia e eletricidade do Brasil, assim como a possível abundância de recursos, é interessante comparar a realidade interna com a de outros países para mensurar melhor o que representam esses dados. As figuras 8 e 9 abaixo demonstram a comparação entre a matriz energética e elétrica brasileira com a média mundial e com os Países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

**FIGURA 8:** Comparação entre a Matriz Energética do Brasil com a média mundial e OCDE.



**FONTE:** Adaptado de EPE (2024a)

**FIGURA 9:** Comparação entre a Matriz Elétrica do Brasil com a média mundial e OCDE.

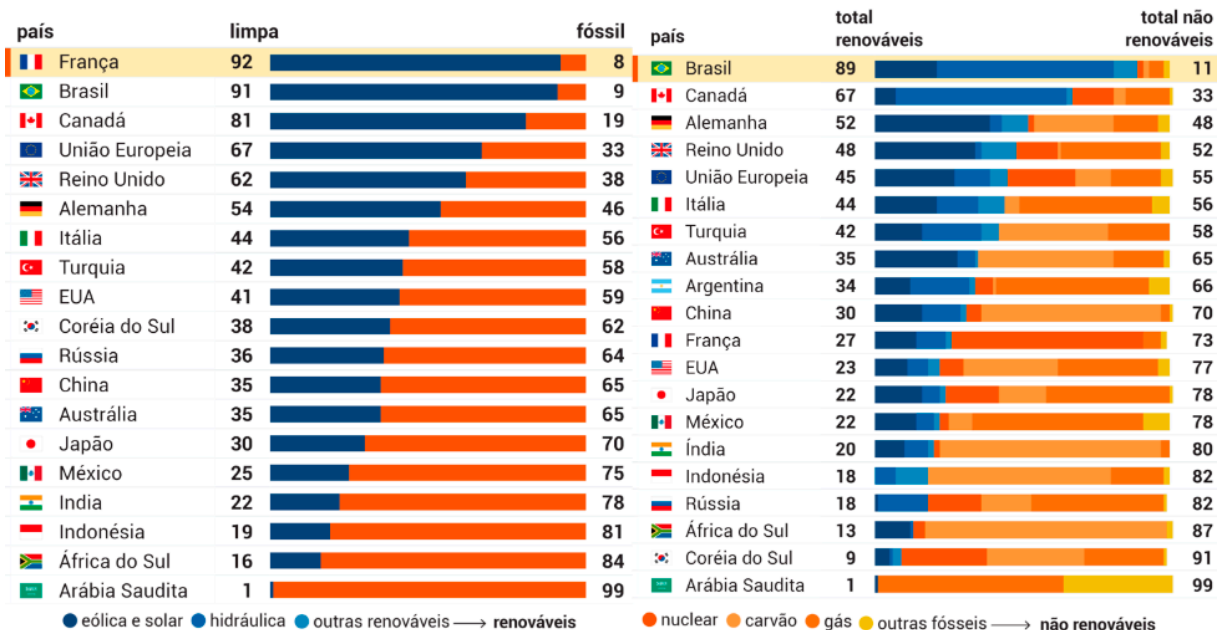


**FONTE:** Adaptado de EPE (2024a)

Percebe-se, portanto, que o Brasil realmente tem uma capacidade de geração e uso de energia limpa e renovável muito superior à média mundial e dos países da OCDE. Além disso, mesmo que os dados não possam ser totalmente atualizados, devido a indisponibilidade das fontes, permanecendo uma comparação entre anos diferentes, o intervalo ainda é pequeno e, provavelmente, o cenário não se modificou de forma tão expressiva. O novo relatório da Agência Internacional de Energia (AIE) afirma que o uso de combustíveis fósseis reduziu em média para 80% na matriz energética global em 2023, portanto, o uso para fontes limpas subiu para 20%, mantendo uma grande diferença do Brasil com o restante do mundo (IEA, 2024b).

Essa comparação fica ainda mais evidente quando é feita entre o Brasil e o grupo das 20 maiores economias mundiais (G20), que, como afirmamos no capítulo anterior, representa cerca de 85% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial, 75% do comércio mundial e dois terços da população mundial. Isso pode ser observado na figura 10 a seguir, que compara a matriz elétrica dos países do G20 e o percentual de fontes limpas (à esquerda), e fontes renováveis (à direita).

**FIGURA 10:** Comparação da Matriz Elétrica dos membros do G20 em 2023.



**FONTE:** Adaptado de PODER 360 (2024)

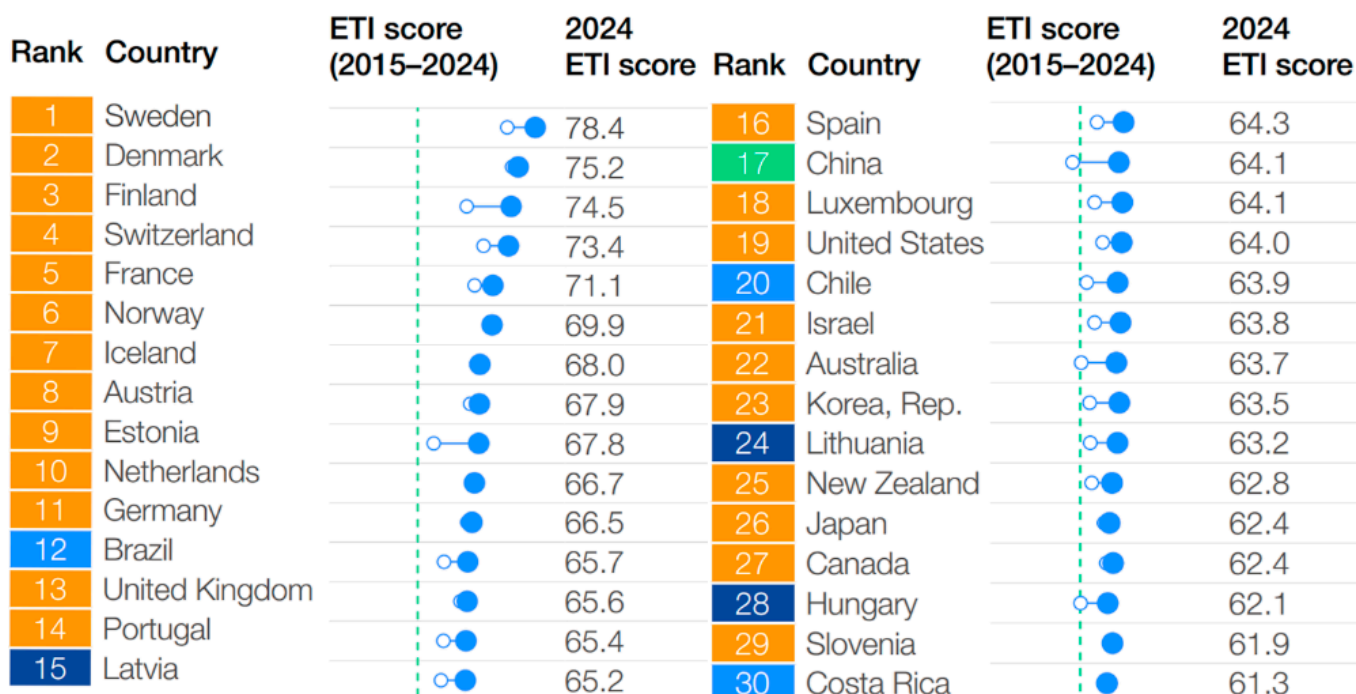
Podemos observar que o Brasil lidera também no âmbito do G20, seja em energia elétrica de fontes limpas, perdendo apenas para a França devido à energia nuclear, seja especificamente energia elétrica de fontes renováveis, ficando em primeiro lugar e à frente do Canadá e Alemanha que, para efeito de comparação, possuem, respectivamente, 67% e 52% de sua eletricidade vinda de fontes renováveis.

Outro importante indicador que avalia a posição do Brasil em relação à Transição Energética Justa é o *Energy Transition Index* (ETI) de 2024, elaborado pelo *World Economic Forum* (WEF, 2024). Este índice mede o progresso de 120 países na transição para sistemas energéticos mais sustentáveis, seguros e equitativos, utilizando uma metodologia que examina tanto o desempenho atual dos sistemas energéticos quanto a preparação dos países para a transição. Esse enfoque permite uma visão que vai além das condições presentes, projetando a capacidade de adaptação e resiliência de cada Estado frente aos desafios futuros. A metodologia do ETI é dividida em duas dimensões principais: Desempenho do Sistema Energético e Preparo para a Transição.

O Desempenho do Sistema Energético avalia a situação atual do país em três aspectos fundamentais: a equidade, que considera a acessibilidade da energia; a segurança energética, que reflete a resiliência e a diversificação das fontes; e a sustentabilidade, que foca na redução do GEE's e na eficiência energética. Cada um dos fatores é ponderado de forma a considerar as múltiplas demandas da TEJ, levando em conta aspectos sociais, econômicos e ambientais.

A segunda dimensão, o Preparo para a Transição, examina a capacidade do país de sustentar e acelerar o processo de transformação energética. Para isso, são considerados fatores estruturais e de apoio, como a regulação e o comprometimento político (políticas e estabilidade regulatória que incentivam a transição); o financiamento e investimentos (acesso a capital e atratividade para investidores); a inovação e infraestrutura (disponibilidade de tecnologias sustentáveis e infraestruturas adequadas); e o capital humano (qualificação da força de trabalho voltada para o setor de energia limpa). Esses elementos compõem o ambiente para que o país avance na TEJ. A classificação do ETI está na figura 11 a seguir.

**FIGURA 11: Índice de Transição Energética 2024**



**FONTE:** Adaptado de WEF (2024)

Na edição de 2024, o Brasil obteve uma posição de destaque, alcançando a 12ª posição no ranking global e sendo classificado em primeiro lugar entre os países emergentes e em toda a América. Esse desempenho se deve em grande parte à diversificação de sua matriz energética, predominantemente renovável, com destaque para a hidroeletricidade, biocombustíveis e o recente crescimento da energia solar e eólica. A estrutura regulatória brasileira, aliada ao incentivo a investimentos em energias limpas, têm sido essenciais para o fortalecimento das capacidades do país, garantindo segurança energética e reduzindo a dependência de importações de combustíveis fósseis.

A classificação no ETI 2024 reflete a relevância da transição energética brasileira, evidenciando um modelo de desenvolvimento que vem buscando equilibrar sustentabilidade, segurança e equidade. No capítulo anterior já apresentamos algumas das principais políticas que vêm sendo implementadas no novo governo Lula com essa finalidade, como o novo PAC e o Plano de Transformação Ecológica, além da Política Nacional de Energia e das outras que já foram apresentadas. Entretanto, ainda existem outras iniciativas que reafirmam e fortalecem a liderança brasileira para uma TEJ.

A Política Nacional de Transição Energética (PNTE), lançada em 26 de agosto de 2024, é uma das principais estratégias do Brasil para promover o DS e a TEJ. Aprovada pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), a PNTE pretende estabelecer novas diretrizes para consolidar a liderança do país, reduzindo as emissões de GEE's e estimulando uma economia verde. A estimativa é que a política atraia até R\$ 2 trilhões em investimentos nos próximos anos, fortalecendo a infraestrutura e impulsionando a competitividade das indústrias brasileiras no contexto da TEJ (MME, 2024a).

Esse projeto integra um conjunto de ações e políticas públicas que buscam promover a economia de baixo carbono, estimulando o uso de fontes renováveis como energia solar, eólica, biomassa, biodiesel e hidrogênio. O governo projeta que a PNTE impulsionará o renascimento da indústria nacional, com foco em bases sustentáveis, e criará cerca de 3 milhões de novos empregos, priorizando o desenvolvimento local e agregando valor aos produtos brasileiros. Segundo o ministro de minas e energia, Alexandre Silveira, a iniciativa visa inserir o Brasil como um protagonista na TEJ, aproveitando os recursos e a expertise nacional no setor energético para se tornar um modelo de DS (MME, 2024a).

A PNTE se destaca também por seu compromisso com a inclusão social e o combate às desigualdades regionais. A estratégia governamental procura democratizar o acesso à energia e mitigar a pobreza energética, buscando integrar regiões menos desenvolvidas. A expectativa é que a PNTE beneficie diretamente as regiões mais carentes, por meio da geração de emprego e renda, e da promoção do acesso universal à energia. Essa abordagem inclusiva, portanto, reforça o discurso internacional do Brasil de uma Transição Energética Justa, transformando a TE em uma ferramenta de desenvolvimento ao mesmo tempo em que potencializa a contribuição na mitigação das MC (MME, 2024a).

Para viabilizar a implementação dessa política, foram estabelecidos dois pilares estratégicos: o Fórum Nacional de Transição Energética (FONTE) e o Plano Nacional de Transição Energética (PLANTE). O FONTE será um espaço de diálogo permanente, reunindo governo, sociedade civil e setor privado para a construção coletiva e democrática da transição

energética. A participação social nesse fórum pretende garantir que a política seja construída de forma justa e inclusiva, levando em conta as contribuições de diferentes setores da sociedade. Já o PLANTE, busca articular ações concretas por meio de um plano que aborda os setores industrial, elétrico e de transporte, assim como o combate à pobreza energética e a criação de um ambiente regulatório que favoreça novos investimentos (MME, 2024a).

Por fim, a PNTE representa uma visão de longo prazo que integra o desenvolvimento econômico, social e ambiental do Brasil, ao mesmo tempo em que promove a segurança energética. Com a criação de marcos regulatórios e o incentivo a parcerias estratégicas, a política pretende direcionar o Brasil como um ator-chave na geopolítica energética. A partir de uma matriz diversificada e de uma estratégia que prioriza o social e o ambiental, a PNTE não apenas apoia o crescimento sustentável do país, mas também oferece um modelo de transição energética equilibrada e inclusiva, ampliando a influência do Brasil no cenário internacional e promovendo um futuro mais justo e resiliente (MME, 2024a).

O programa Combustível do Futuro, sancionado em 8 de outubro de 2024, representa outro marco na estratégia brasileira de transição energética, focando especialmente na descarbonização do setor de transportes e mobilidade. Criado pelo MME, o programa busca impulsionar a criação de novas indústrias verdes no Brasil, prevendo investimentos de até R\$ 260 bilhões até 2037 e projetando evitar a emissão de 705 milhões de toneladas de GEE's. Na cerimônia de sanção, o presidente Lula enfatizou o potencial do Brasil para liderar a revolução energética global, ressaltando que o país pode promover uma das maiores mudanças energéticas do planeta, fortalecendo sua economia com justiça social e respeito ao meio ambiente (MME, 2024b).

O programa destaca-se na integração do setor de agricultura e a capacidade de produção de biocombustíveis, criando o que o ministro Alexandre Silveira chamou de “revolução agroenergética”. A lei busca diversificar a matriz energética por meio de novos combustíveis sustentáveis, como o diesel verde, o biometano e o Combustível Sustentável de Aviação (SAF), produzido a partir de matérias-primas renováveis, incluindo biomassas, gorduras vegetais e resíduos agrícolas. Durante seu discurso, o ministro enfatizou a importância da iniciativa, afirmando que o programa coloca o Brasil “na dianteira da nova economia” (MME, 2024b). Esses combustíveis, desenvolvidos com tecnologia nacional, serão essenciais para a descarbonização de setores que tradicionalmente emitem altos volumes de CO<sub>2</sub>, como o transporte de cargas pesadas e a aviação, além disso, podem auxiliar no desenvolvimento da economia do Hidrogênio, como veremos nos próximos capítulos.

A sanção do Combustível do Futuro também introduz um marco regulatório para a captura e armazenamento de carbono (CCS), uma tecnologia que permite capturar e estocar o CO<sub>2</sub> gerado por processos industriais, reduzindo a pegada de carbono. Esse mecanismo é fundamental na mitigação das MC e faz parte de uma série de projetos já anunciados por empresas no país, como a Raízen e o Grupo FS, que investirão em plantas de CCS associadas à produção de biocombustíveis. Outras empresas, como a Inpasa e o Grupo Potencial, também estão direcionando recursos para expandir suas operações em biocombustíveis e para a construção de biorrefinarias e plantas de biodiesel. Estes investimentos promovem uma indústria de fontes renováveis de energia e integram a produção agrícola com a bioenergia, fortalecendo o papel do Brasil como protagonista na descarbonização (MME, 2024b).

Além de benefícios econômicos e tecnológicos, o Combustível do Futuro busca democratizar o acesso à energia limpa no Brasil, baseando-se em corredores verdes para o transporte de gás natural liquefeito e novas infraestruturas de bioenergia. Nesse sentido, o programa não apenas reduz a dependência de combustíveis fósseis, mas cria oportunidades para que regiões brasileiras menos desenvolvidas participem ativamente da nova economia sustentável. Esses corredores verdes, que incluirão novos postos de abastecimento e infraestrutura logística, consolidarão o Brasil como uma referência global em inovação sustentável para o setor de transporte (MME, 2024b).

Com a sanção do programa, o Brasil reforça seu compromisso de liderar a TEJ. Em um momento crucial para o enfrentamento das mudanças climáticas, o Combustível do Futuro e a Política Nacional de Transição Energética impulsionam o Brasil na liderança dessa agenda, fortalecendo a inserção internacional do país e oferecendo um modelo que pode inspirar outros Estados a seguir caminhos semelhantes. O Hidrogênio é outro energético de extrema importância que também vem ganhando atenção do governo brasileiro, contando também com a implementação de novas políticas e parcerias internacionais e é sobre ele que vamos apresentar e analisar melhor nos próximos 2 capítulos.

#### 4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Podemos afirmar, portanto, que a política energética brasileira vem se consolidando como um elemento-chave da sua projeção internacional e do esforço de fortalecimento da autonomia do país. Com a integração crescente de fontes renováveis e o compromisso com a Transição Energética Justa, o Brasil sinaliza um direcionamento que vai além da autossuficiência energética. Suas matrizes energéticas e elétricas predominantemente

renováveis e acima da média mundial e do G20, com destaque para hidrelétrica, eólica, solar e biomassa, fortalece o posicionamento do país em fóruns internacionais de clima e energia, ao mesmo tempo em que reforça a segurança energética e a capacidade de resposta às variações de preços e disponibilidade de combustíveis fósseis no mercado internacional.

Historicamente, o desenvolvimento do setor energético brasileiro foi marcado por respostas a crises e pela busca de soberania, como exemplificado pela criação da Petrobrás e do Proálcool e, mais recentemente, pelo investimento em tecnologias de baixo carbono e em novas fontes como a solar e a eólica. Esse processo, além de diversificar a matriz, conferiu ao Brasil uma posição diferenciada entre as economias emergentes, possibilitando combinar crescimento econômico com justiça social e preservação ambiental. No entanto, o avanço da TEJ impõe o desafio de continuar o ritmo desse crescimento com a sustentabilidade, especialmente em relação à expansão dos biocombustíveis e à preservação de ecossistemas como o Cerrado e a Amazônia, impactados pelo uso de terras para fins energéticos.

Além disso, a diversidade energética brasileira apresenta uma oportunidade para retomar a liderança na integração da América do Sul. Projetos como o Gasoduto Brasil-Bolívia e a Usina Hidrelétrica de Itaipu ilustram como o Brasil utilizou a energia como ferramenta de diplomacia e desenvolvimento. Nesse sentido, os esforços atuais de integração devem não apenas ampliar a oferta de energia e garantir maior estabilidade na região, mas também promover uma convergência regulatória e política que facilite a inserção de toda a América Latina no cenário global de energias renováveis. A superação de barreiras logísticas e a criação de marcos regulatórios comuns seriam essenciais para consolidar essa liderança e fortalecer a resiliência energética da região frente a crises globais.

No contexto internacional, o Brasil encontra-se em uma posição única, com uma matriz elétrica 89% renovável e uma matriz energética total com quase 50% de fontes limpas. Esse diferencial permite ao país não apenas atender às suas necessidades internas de forma sustentável, mas também explorar o potencial de exportação de energia e tecnologias renováveis. A recente Política Nacional de Transição Energética (PNTE) e o Programa Combustível do Futuro reforçam esse intenção, propondo uma reestruturação da indústria energética nacional e a criação de uma infraestrutura de baixa emissão de carbono, que contribua para a democratização do acesso à energia limpa e para a mitigação da pobreza energética. Tais medidas não apenas fortalecem a base econômica e tecnológica do país, mas também sustentam um discurso de liderança ambiental em fóruns como a COP, ampliando a influência do Brasil.



Em um cenário de crise climática e de crescente demanda por soluções energéticas sustentáveis, o Brasil se posiciona como um modelo potencial para países em desenvolvimento, fornecendo um exemplo prático de como a transição energética pode ser implementada de forma inclusiva. Contudo, para que sua posição de liderança seja consolidada, será necessário enfrentar desafios técnicos e sociais relacionados à expansão das fontes renováveis e à adaptação da infraestrutura para uma economia de baixo carbono. O investimento em pesquisa e inovação, especialmente nas áreas de tecnologias de armazenamento e combustíveis verdes, como etanol, biodiesel, SAF e hidrogênio, será fundamental para que o país amplie sua participação no mercado energético global e contribua de maneira significativa para o cumprimento das metas climáticas do Acordo de Paris.

Nesse sentido, acredita-se que a expansão do hidrogênio no Brasil representa a próxima etapa na consolidação de sua liderança energética e ambiental. A importância do hidrogênio como uma fonte energética, que pode ser limpa e mais versátil que os biocombustíveis, potencializa a abordagem brasileira de ser um modelo internacional para a TEJ. O desenvolvimento do hidrogênio reforçaria sua posição, com o potencial de atender tanto às demandas internas de descarbonização quanto de usar o possível excedente de geração de energia para exportar esse recurso para outras regiões, como a União Europeia, que veem no hidrogênio uma importante alternativa para atingir suas metas de emissões.

Os capítulos seguintes irão explorar o que é, quais são suas principais características e rotas de produção e qual o papel do hidrogênio na geopolítica energética. Além disso, serão analisadas as iniciativas nacionais e internacionais do Brasil para também ser um dos possíveis principais fornecedores de Hidrogênio, que na prática podem consolidar uma nova vertente de política externa para energias renováveis, que assim como existe a histórica prioridade da “diplomacia dos biocombustíveis”, pode existir a “diplomacia do Hidrogênio”.

## 5. UM ARCO-ÍRIS DE POSSIBILIDADES: O HIDROGÊNIO E SUAS CORES

Este capítulo apresentará o que é o Hidrogênio (H<sub>2</sub>), de que forma ele pode ser produzido e quais são suas principais características e potencialidades que o destacam como uma alternativa estratégica para a transição energética global. Dessa forma, busca-se compreender sua importância para a Transição Energética (TE) e seus possíveis impactos na geopolítica energética contemporânea.

Para isso, a primeira seção apresenta um histórico sobre seu desenvolvimento e um panorama geral sobre suas características. A segunda seção descreve algumas das suas possíveis cores, ou rotas de produção, que podem influenciar o desenvolvimento de uma Economia do Hidrogênio. A terceira seção analisa quais são seus possíveis impactos e qual é o panorama global de iniciativas que promovem a Economia do Hidrogênio como uma alternativa para a TE, especialmente em um contexto de crise climática, energética e da reconfiguração da ordem internacional.

### 5.1 A HISTÓRIA DO HIDROGÊNIO

Para explorar a história do H<sub>2</sub> e seu papel na TE, é fundamental contextualizar o elemento em sua trajetória desde a descoberta científica até seu atual protagonismo na política energética global. Os trabalhos de James (2009), Melro (2022), Linardi *Et al.* (2022), Castro *Et al.* (2023), Chantre *Et al.* (2023a) e de outros autores nos ajudam a compreender como o H<sub>2</sub> foi inicialmente descoberto e, gradualmente, alçando uma posição estratégica, especialmente em sua forma verde, neutra ou com zero emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE's), considerada uma alternativa para a mitigação das Mudanças Climáticas (MC).

O hidrogênio, representado como H na tabela periódica, é o elemento químico mais leve existente e presente em abundância no universo. Com características físico-químicas únicas, ele tem a menor massa atômica (1 u) e o menor número atômico ( $Z=1$ ). Ele é um dos elementos fundamentais para a formação de estrelas e, através de processos de fusão nuclear, levou à formação de elementos mais pesados na tabela periódica. A descoberta da presença do hidrogênio no Sol em 1861, por meio dos experimentos de Gustav Kirchhoff e Robert Bunsen, fortaleceu a visão de que este elemento compõe a maior parte da matéria visível do cosmos e alimenta as estrelas, incluindo o Sol (Holzle, 2008; Melro, 2022).

O emprego do H<sub>2</sub> como energético não é algo recente. Sua primeira aparição data de 1671, quando Robert Boyle descreveu nos “*New Experiments Touching the Relation Betwixt*

*Flame and Air*”, onde a partir da dissolução do ferro em ácidos diluídos obteve um gás inflamável. Carl Wilhelm Scheele e Joseph Priestley em 1774 teriam descoberto a partir de estudos independentes a mesma substância inflamável e invisível, mas é Henry Cavendish que é creditado pela descoberta oficial da composição do H<sub>2</sub> como um elemento em 1776, onde coletou o gás e descreveu à Real Sociedade de Londres a experiência onde dois gases, por ele chamados de ar “inflamável” e ar “sustentador da vida”, se combinavam a partir uma centelha elétrica e produziam água. Antoine Lavoisier, ao reproduzir a experiência de Cavendish, em 1785, consolidou o conhecimento sobre o hidrogênio ao nomeá-lo com base em suas propriedades aquosas: do grego “hydro” (água) e “genes” (nascido de), dando-lhe o nome que usamos até hoje. (James, 2009; Melro, 2022; Chantre *Et al.*, 2023a).

O primeiro gerador de H<sub>2</sub> foi construído em 1794, em Paris, com o propósito de abastecer balões de reconhecimento. A eletrólise, descoberta em 1800 por William Nicholson e Anthony Carlisle, revolucionou o uso do hidrogênio ao demonstrar que ele podia ser produzido a partir da divisão da água (H<sub>2</sub>O) em hidrogênio (2H<sub>2</sub>) e oxigênio (O<sub>2</sub>) através de uma corrente elétrica e sua liquefação foi obtida por James Dewar em 1889. Este processo se tornaria uma das bases para a produção de hidrogênio verde, fundamental para a descarbonização da matriz energética. (James, 2009; Melro, 2022; Chantre *Et al.*, 2023a)

Em 1838, o químico suíço Christian Friedrich Schönbein descobriu o efeito da célula a combustível e em 1845 o inglês Sir William Robert Grove avançou ainda mais com a descoberta de Schönbein em uma escala prática, criando a bateria de gás voltaico, e ficou conhecido como o pai da célula a combustível, que converte a energia química do hidrogênio diretamente em eletricidade. Este desenvolvimento pioneiro marcou o início das pesquisas que viabilizariam, décadas mais tarde, a utilização do hidrogênio, sendo precursor das células de combustível do século XXI que são o principal dispositivo de reconversão do H<sub>2</sub> em energia elétrica. (James, 2009; Melro, 2022; Coelho, 2018).

Nos anos 1920, o engenheiro alemão Rudolf Erren alterou a combustão interna de caminhões, ônibus e submarinos para usarem hidrogênio e misturas de hidrogênio. Além disso, o emprego do H<sub>2</sub> em balões foi concebido por Ferdinand von Zeppelin em 1900 e largamente utilizado entre 1920 e 1930 (Melro, 2022; Coelho, 2018).

Outra principal referência ao uso energético do H<sub>2</sub> foi proposta em 1923 por J. B. S. Haldane, em uma palestra na Universidade de Cambridge, onde defendeu o potencial do H<sub>2</sub> como combustível do futuro, prevendo até o uso de fontes renováveis para a sua produção. Décadas após essa palestra, podemos observar o uso industrial do H<sub>2</sub> em diferentes segmentos (fertilizantes, petroquímica, siderúrgica, alimentos, eletrônica, geração de energia)

e seu potencial de proporcionar a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na geração de energia elétrica, modernização de diversos segmentos das industriais e transportes, incluindo a produção de combustíveis sintéticos e a capacidade de exportar recursos renováveis. (Melro, 2022; Chantre *Et al.*, 2023a)

A ideia de Haldane antecipa o que hoje conhecemos como economia do hidrogênio, onde a produção de H<sub>2</sub> figura como uma resposta aos combustíveis fósseis e ao imperativo da descarbonização. Contudo, o desastre do dirigível Hindenburg em 1937, que utilizava hidrogênio para voo, enfraqueceu temporariamente a confiança pública neste elemento, já que sua inflamabilidade passou a ser vista como um risco significativo, desencorajando o uso em larga escala. Inclusive, na época, os Estados Unidos alteraram uma lei que proibia a exportação do gás hidrogênio por questões de segurança e trazia a necessidade de reestruturar sua utilização (Melro, 2022).

A noção de uma “economia do hidrogênio” só ganhou força de fato nos anos 1970, quando o eletroquímico John O’Mara Bockris promoveu a visão de uma sociedade movida a hidrogênio em seu livro “Energia: a alternativa do Hidrogênio Solar”. Esse interesse foi amplificado pelos choques de petróleo de 1973, que expôs a vulnerabilidade dos países dependentes de combustíveis fósseis importados. O aumento exponencial dos preços do petróleo forçou governos a reconsiderarem suas políticas energéticas e a investirem em alternativas, inclusive o hidrogênio. (Dunn, 2002; Melro, 2022)

Em resposta a essa crise, conferências internacionais passaram a ser realizadas, consolidando redes de cientistas focados no desenvolvimento dessa alternativa. Podemos citar em 1974 a realização em Miami da *The Hydrogen Economy Miami Energy Conference* (THEME), considerada a primeira conferência internacional para discutir a energia de H<sub>2</sub>, depois, foi criada a *International Association for Hydrogen Energy* (IAHE), assim como a *International Energy Agency* (IEA), que entre suas atividades têm foco no desenvolvimento de tecnologias de H<sub>2</sub>. (James, 2009; Melro, 2022; IEA, 2022b).

A partir do final dos anos 1990 e início dos anos 2000, o H<sub>2</sub> voltou ao centro das discussões sobre alternativas energéticas limpas, impulsionado pelos avanços na tecnologia de células a combustível e pela crescente preocupação com as emissões de GEE’s. Esses avanços na produção e no uso do hidrogênio não foram apenas marcos tecnológicos, mas também ilustraram o papel da ciência na expansão das possibilidades energéticas. Cada descoberta abriu novos caminhos, permitindo que o H<sub>2</sub> se tornasse uma alternativa para o abastecimento energético, mesmo que os desafios de produção e armazenamento tenham permanecido como obstáculos até o século XXI. A tecnologia de células a combustível, que converte H<sub>2</sub> em

eletricidade, é central para uso do H<sub>2</sub> como vetor de energia. De acordo com Linardi *Et al.* (2022), as células a combustível não apenas promovem uma maior eficiência energética, mas também oferecem uma alternativa viável para regiões e comunidades distantes das redes de energia elétrica tradicionais, favorecendo um modelo descentralizado de geração de energia.

No entanto, a implementação de uma economia baseada no H<sub>2</sub> enfrenta desafios consideráveis. Além do alto custo atual da produção de células a combustível e da infraestrutura necessária para o armazenamento e transporte do hidrogênio, a questão da segurança é um ponto crítico. Linardi *Et al.* (2022) comparam esses obstáculos ao desenvolvimento dos automóveis no início do século XX. Assim como foi necessário construir uma rede de estradas, postos de combustível e sistemas de segurança para viabilizar o transporte rodoviário, a economia do hidrogênio exige um investimento significativo para alcançar uma infraestrutura adequada. Essa “curva de aprendizado” é, entretanto, superável com a expansão do mercado e a consequente redução de custos (Linardi *Et al.*, 2022)

Como afirmamos nos capítulos anteriores, historicamente, a sociedade evoluiu por meio de transições energéticas que refletem avanços tecnológicos e novas demandas econômicas. A madeira foi uma das primeiras fontes largamente utilizadas, seguida pelo carvão, que impulsionou a Revolução Industrial e possibilitou o surgimento das economias modernas. Com o advento do petróleo no início do século XX, as sociedades avançaram para um modelo energético que permanece dominante até hoje. A transição para uma economia do hidrogênio representa a continuidade dessa tendência, com a expectativa de que o H<sub>2</sub> se torne o substituto final do petróleo e do gás natural. A produção de hidrogênio a partir de fontes renováveis — o chamado hidrogênio verde, renovável, ou de baixa emissão — poderia não só reduzir as emissões de GEE's, mas também solucionar desafios de segurança energética, permitindo que países dependam menos de importações de petróleo e gás.

Dessa forma, a história do hidrogênio mostra que, embora suas propriedades tenham sido descobertas há séculos, seu potencial energético tem sido desenvolvido de forma gradual, moldado por avanços científicos, desafios econômicos e interesses políticos. Hoje, o H<sub>2</sub> representa uma alternativa estratégica para a descarbonização global, especialmente em setores de difícil eletrificação, como transporte pesado e indústrias de base. Assim, ao olhar para o futuro, é provável que o H<sub>2</sub> continue a desempenhar um papel central na TE para uma economia de baixo carbono.

## 5.2 CORES E ROTAS DE PRODUÇÃO DE H<sub>2</sub>

Antes de apresentarmos as iniciativas e evoluções recentes da Economia do H<sub>2</sub> e sua relevância geopolítica, é interessante apresentar brevemente as possíveis diferentes formas de se obter esse energético, pois, a própria definição do que é ou não “sustentável” ou “limpo” pode variar a partir do ponto de vista técnico ou dos interesses de determinados atores.

Segundo Linardi *Et al.* (2022), o H<sub>2</sub> é único em seu papel como vetor energético, pois ele não está presente de forma significativa e isolada na natureza e, portanto, deve ser extraído de compostos através de processos que consomem energia. Sua capacidade de ser produzido a partir de várias fontes primárias, incluindo água, biomassa, gás natural e eletricidade de fontes renováveis, é um dos fatores que o torna atraente para uma matriz energética diversificada e flexível.

A flexibilidade do hidrogênio permite que ele seja produzido a partir de fontes diversas, adequando-se às condições e capacidades energéticas de cada país. Esse fator é fundamental para reduzir a dependência de fontes energéticas localizadas e promover uma independência energética mais equilibrada entre os Estados. Linardi *Et al.* (2022) ressaltam que países com características energéticas específicas, como o Brasil com o bioetanol, podem explorar o hidrogênio conforme suas disponibilidades, fortalecendo suas economias e reduzindo pressões externas para importação de energia.

Esse fenômeno é particularmente relevante no contexto geopolítico, onde a competição por recursos fósseis gera conflitos e tensões. Ao democratizar a produção de energia, a economia do hidrogênio pode criar uma redistribuição de poder no cenário internacional. Países atualmente dependentes de importação de energia podem fortalecer suas economias, enquanto exportadores de fontes fósseis enfrentarão dificuldades e pressões.

O trabalho de Serra *Et al.* (2023) é extremamente relevante para nos auxiliar a compreender os diferentes tipos de categorização do H<sub>2</sub>. Os autores apresentam as possíveis tecnologias de produção de hidrogênio, que podem ser divididas em três principais rotas: térmicas, fotolíticas e eletrolíticas, as quais podem ser divididas em sete processos principais, como Eletrólise da Água, Reforma de Gás Natural, Reforma de bioderivados, Gaseificação do carvão e de biomassa, Decomposição térmica da água, Decomposição fotoeletroquímica e Decomposição fotobiológica. Além disso, para simplificar, o H<sub>2</sub> também pode ser classificado a partir da divisão da sua produção de origem fóssil ou renovável. Entretanto, não cabe neste trabalho explicar minuciosamente o funcionamento e a diferença de cada um desses processos, e como a utilização de H<sub>2</sub> está sendo impulsionada de diversas formas para

as metas de descarbonização, a literatura geralmente caracteriza suas diferenças a partir de cores, de acordo com o nível de poluição de determinada tecnologia de produção. Na figura 12 a seguir, temos algumas das principais divisões do H2.

**FIGURA 12:** Classificação do Hidrogênio a partir da tecnologia de produção.

<b>CINZA</b>	Combustível fóssil sem CCUS
Produzido pela reforma de gás natural ou gaseificação do carvão sem tecnologia CCUS (Carbon Capture, Usage, and Storage).	
<b>PRETO</b>	Hulha (carvão preto) sem CCUS
Variação do hidrogênio cinza produzido pela gaseificação do "carvão preto" (carvão betuminoso ou hulha, que resulta no coque).	
<b>MARROM</b>	Lignito (carvão marrom) sem CCUS
Variação do hidrogênio cinza produzido pela gaseificação do "carvão marrom" (lignito, formado a partir da turfa).	
<b>AZUL</b>	Combustível fóssil com CCUS
Majoritariamente pela reforma por vapor do gás natural. Os principais produtos são H <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> . O CO <sub>2</sub> deve ser parcialmente capturado por tecnologia CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage).	
<b>TURQUESA</b>	Metano
Produzido a partir do processo de pirólise do metano, gerando hidrogênio e carbono sólido; não gera CO <sub>2</sub> .	
<b>VERDE</b>	Energias renováveis + Água
Produzido a partir da eletrólise da água com energias renováveis (eólica, solar e hídrica)	
<b>ROSA</b>	Energia nuclear + Água
Produzido a partir da eletrólise da água alimentado por energia nuclear.	
<b>AMARELO</b>	Energia do SIN + Água
Produzido a partir da eletrólise alimentado pela eletricidade fornecida pelo sistema nacional. Algumas referências indicam esta cor como hidrogênio produzido com energia nuclear ou até mesmo energia solar.	
<b>BRANCO</b>	Não aplicável
Produzido pela reforma de gás natural ou gaseificação do carvão sem tecnologia CCUS (Carbon Capture, Usage, and Storage).	
<b>Legenda</b>	
<b>COR</b>	Matéria prima / Fonte de energia
Descrição do processo	

**FONTE:** Serra *Et al.* (2023) adaptado de EPE, 2021.

Percebe-se que realmente existe um “arco íris” de possibilidades de produção do H<sub>2</sub>, onde cada cor, ou rota, pode ser adotada a partir das capacidades ou necessidades específicas dos sistemas econômicos. Entretanto, podemos especificar algumas das principais cores ou alternativas que estão sendo desenvolvidas. A primeira e mais tradicional é o H<sub>2</sub> cinza. Ele é obtido através da queima de combustíveis fósseis, como gás natural e petróleo e é capturado como um dos resíduos. Essa forma é a mais barata comercialmente e domina grande parte da produção do hidrogênio no mundo. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2024a), o H<sub>2</sub> produzido a partir de combustíveis poluentes representa mais de 90% da produção global. Ele geralmente é utilizado na indústria química para o refino de petróleo e produção de insumos fertilizantes. O maior problema da produção desse tipo é a quantidade de poluentes que é liberada quando ele é extraído, permanecendo como um poluente.

A segunda principal forma é o H<sub>2</sub> azul. Ele é obtido da mesma forma que o cinza, a partir de combustíveis fósseis, principalmente gás natural. Entretanto, existe a captura de poluentes, principalmente carbono, como uma etapa extra em seu processo de produção, fazendo com que eles sejam armazenados em terra. Esse processo é conhecido como CCUS (carbon capture usage and storage, ou captura e sequestro/armazenamento de carbono). Dos mais de 90% da produção global de H<sub>2</sub> vinda de combustíveis fósseis, pouco mais de 60% acontecem com CCUS (IEA, 2024a). Esse processo vem sendo questionado pois existem grupos que afirmam que ocorre a liberação de outros gases, como o metano, fazendo com que o processo seja muito mais poluente do que se pensava. Segundo um estudo publicado pela *Energy Science and Engineering*, descobriu-se que, embora o H<sub>2</sub> azul emitisse de 9% a 12% menos dióxido de carbono do que o hidrogênio cinza, ele na verdade emite mais metano do que o próprio gás natural. Além disso, eles concluíram que a pegada de GEE's do H<sub>2</sub> azul foi 20% maior do que a queima de gás natural ou carvão para aquecimento e 60% maior do que a queima de óleo diesel para o aquecimento (CNN Brasil, 2021).

Santos (2022) afirma que apesar desse tipo de H<sub>2</sub> reduzir os custos do que ocorreria com a transição direta para outras formas de H<sub>2</sub>, além de aproveitar parte da infraestrutura existente para a produção de H<sub>2</sub> cinza, implementar o CCUS pode envolver barreiras técnicas e problemas relacionados ao nível de aceitação social. Além disso, as diferentes taxas de captura de CO<sub>2</sub> para discernir entre H<sub>2</sub> cinza e azul são, muitas vezes, divergentes. Elas podem variar entre 70% e 95%, dependendo da tecnologia e do estágio da operação. Essas controvérsias, no entanto, não diminuem a importância da utilização do CCSU auxiliando na mitigação de emissão de GEE's e no processo de TE.



A terceira e mais promissora forma é o hidrogênio verde (H2V). Ela é gerada a partir da eletrólise da água e, devido a isso, não gera nenhum tipo de resíduo poluente. O processo funciona da forma explicada anteriormente, onde a água (H2O) recebe uma alta carga de eletricidade e os elementos se separam formando os gases hidrogênio (H2) e Oxigênio (O2). Dessa forma, não existe formação de outros resíduos, evidenciando sua importância como combustível limpo. No entanto, esse processo tem um rendimento reduzido, pois a quantidade de gás produzida é inferior a energia utilizada para obtê-lo. A possível solução para isso, é utilizar de fontes renováveis e constantes para produzir H2 verde que pode ser estocado de diferentes formas e transportado de maneira mais fácil que a eletricidade gerada por usinas hidrelétricas, eólicas e solares. A utilização dessa energia para gerar o H2 que justificam a sua característica “verde” já que é um subproduto de uma outra fonte limpa e renovável.

Existe também o hidrogênio “musgo” que seria feito a partir da bioenergia de fontes como o Biogás e o Etanol. Freitas (2023) afirma que essa diferenciação de cores muitas vezes pode criar “amarras tecnológicas” que dificultam o desenvolvimento de outras iniciativas, criando uma dependência do entendimento de que determinadas rotas de produção seriam “mais sustentáveis” ou “melhores” do que outras. Isso gera uma série de dificuldades para a harmonização global de requisitos para certificação de origem, além de incertezas e atrasos em projetos que impulsionariam a Economia do H2. Uma das principais alternativas, seria a adoção do conceito de Hidrogênio de Baixo Carbono, que abre margem para um possível consenso na comunidade internacional. Com base nesse conceito, seriam estabelecidos critérios e objetivos para quantificar as emissões vinculadas à produção de H2, e a partir de determinado limite de GEE's, seria considerado ou não Hidrogênio de Baixo Carbono. Freitas (2023) afirma que os principais ganhos desta abordagem seriam a transparência na contabilização das emissões vinculadas ao processo produtivo e a flexibilidade para que diversas rotas tecnológicas possam ser aproveitadas com as potencialidades de cada país.

Outra forma de hidrogênio que está começando a ser explorada é o hidrogênio geológico (ou natural) que está presente em reservas subterrâneas, possibilitando menor custo de produção (Fontão, 2022). A descoberta do hidrogênio geológico começou a ganhar destaque em 1987, no Mali, quando a empresa Petroma (atual Hydroma) encontrou, de forma acidental, um reservatório de hidrogênio de alta pureza próximo a Bamako, capital do país. Esse reservatório, com 97% de pureza, permitiu a instalação de motores movidos a hidrogênio, utilizados para fornecer energia a vilarejos locais, demonstrando que o gás extraído era contínuo, dada a manutenção da pressão constante nos poços. Este caso destacou o potencial do H2 natural como fonte utilizável (Moretti, Webber, 2021).

O Brasil se mostra uma alternativa para a exploração do hidrogênio natural, com reservas detectadas em estados como Ceará, Minas Gerais, Roraima e Tocantins. Embora ainda em fase exploratória, as perspectivas para a extração desse recurso são crescentes. As peculiaridades geológicas brasileiras, como áreas com possíveis “círculos de fadas” (formações geomorfológicas associadas a vazamentos de H<sub>2</sub>), sugerem que o país pode ter reservas substanciais e exploráveis no futuro (COPPE-UFRJ, 2018).

A Petrobras, ciente desse potencial, iniciou em 2023 um projeto de pesquisa sobre hidrogênio natural na Bahia, com planos de expandir para outras regiões. Este projeto, inclui um investimento inicial de R\$ 20 milhões e conta com parcerias nacionais e internacionais, visando não apenas explorar o hidrogênio geológico, mas também capacitar tecnicamente sua equipe e desenvolver tecnologias adequadas para sua exploração. Essa iniciativa insere o Brasil em um contexto de pesquisas avançadas na área e fortalece o compromisso com uma economia de baixo carbono, alinhando-se às metas de descarbonização (Petrobrás, 2024).

Apesar das promissoras descobertas, o hidrogênio natural enfrenta desafios em termos de regulamentação e viabilidade econômica. Há uma necessidade urgente de regulamentar a atividade e incentivar o desenvolvimento de tecnologias para prospecção, purificação e distribuição do hidrogênio natural. Outro desafio inclui a logística e o transporte em escala industrial, que são complexos devido à baixa densidade do H<sub>2</sub> e exigem investimentos em infraestrutura especializada.

Serra *Et al.* (2023) explicam os diferentes tipos de armazenamento, transporte e distribuição de H<sub>2</sub>. Os custos e os desafios tecnológicos associados a sua transformação são substanciais e variam de acordo com o tipo de hidrogênio produzido e com as demandas de cada setor da cadeia produtiva. Atualmente, o H<sub>2</sub>V destaca-se como a alternativa mais sustentável, mas também como uma das mais caras, comparada tanto ao hidrogênio cinza quanto a outras cores. O custo de produção do H<sub>2</sub>V pode variar entre 4 e 7 dólares por quilograma, refletindo tanto o preço elevado da eletricidade renovável quanto as limitações de eficiência dos eletrolisadores, que não ultrapassam 70%. Em contraponto, o hidrogênio cinza pode custar menos de 2 dólares por quilograma, revelando uma disparidade significativa entre as opções (Serra *Et al.*, 2023; Fernandes *Et al.*, 2024).

Para mitigar esses custos, países com potencial renovável em expansão, como energia solar e eólica, possuem vantagens estratégicas que podem reduzir o custo de produção do H<sub>2</sub> verde a longo prazo. A instalação de grandes parques solares e eólicos, combinados com eletrolisadores avançados, têm o potencial de não apenas garantir a sustentabilidade da produção de hidrogênio, mas também de torná-lo competitivo em mercados globais.

Tecnologias em desenvolvimento, como os eletrolisadores de óxido sólido, prometem maior eficiência e durabilidade, ainda que sua comercialização em larga escala esteja em fase inicial e requeira novos investimentos (Serra *Et al.*, 2023).

No entanto, o armazenamento e transporte do hidrogênio também representam desafios consideráveis, pois sua baixa densidade volumétrica exige soluções específicas e custosas. O hidrogênio pode ser armazenado comprimido em altas pressões ou liquefeito a temperaturas extremamente baixas. A compressão permite a estocagem de grandes volumes em cilindros de alta resistência, mas requer infraestrutura robusta para suportar pressões que podem chegar a 700 bar, elevando o custo e impactando a viabilidade econômica. Já a liquefação, apesar de ser uma opção prática para o transporte, consome até 30% do conteúdo energético do próprio H<sub>2</sub>, afetando a eficiência do processo e exigindo tanques criogênicos avançados, o que aumenta ainda mais os custos operacionais (Serra *Et al.*, 2023).

Como alternativa, o uso de portadores químicos de hidrogênio, como amônia e metanol, tem ganhado atenção, pois facilita o transporte e o armazenamento ao estabilizar o hidrogênio em moléculas líquidas mais fáceis de manejar. No entanto, essa opção exige etapas adicionais de conversão para liberar o H<sub>2</sub> novamente, introduzindo novos custos e demandas tecnológicas que podem ser onerosas. A amônia, por exemplo, pode ser transportada em estado líquido a temperaturas mais moderadas, mas a etapa de reconversão ainda apresenta desafios de eficiência energética (Serra *Et al.*, 2023).

Esses diferentes métodos de armazenamento influenciam diretamente as modalidades de transporte viáveis. O transporte por gasodutos, eficiente em distâncias curtas, enfrenta limitações técnicas e financeiras em percursos longos, pois requer materiais que suportem a permeabilidade do hidrogênio e evitam vazamentos. Apesar disso, utilizar a infraestrutura de gás que já existe pode facilitar o desenvolvimento desse modal. Para distâncias maiores, especialmente em rotas intercontinentais, o transporte marítimo de hidrogênio liquefeito ou amônia é uma das principais alternativas. Contudo, ele demanda investimentos elevados em embarcações especializadas e terminais de armazenamento, representando uma barreira para países com infraestrutura portuária limitada (Serra *Et al.*, 2023).

Essas barreiras são especialmente relevantes para o uso do H<sub>2</sub> em setores como siderurgia, indústria química e transporte pesado, áreas em que o energético pode substituir insumos e combustíveis fósseis. No entanto, viabilizar essas aplicações exige tanto a redução dos custos de produção quanto o aprimoramento das infraestruturas de distribuição e armazenamento. Na siderurgia, por exemplo, o H<sub>2</sub> pode substituir o coque como agente redutor na produção de ferro, reduzindo drasticamente as emissões de GEE's. No setor de

transportes, ele se destaca como combustível de longo alcance para veículos pesados, como caminhões e embarcações, devido à sua densidade energética superior às baterias elétricas.

Nesse contexto, a concretização desse cenário depende também de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento de tecnologias de produção e uso do H<sub>2</sub>. Exemplos de financiamento e incentivos fiscais, como os implementados pela União Europeia, mostram-se eficazes para fomentar uma indústria competitiva, sustentável e voltada para a inovação. Parcerias público-privadas podem atrair investimentos, estabelecer regulamentações para o mercado de H<sub>2</sub> e desenvolver programas de capacitação para a força de trabalho. Somente com essas estratégias será possível superar as limitações de armazenamento e transporte e fazer do hidrogênio uma alternativa viável e competitiva frente aos energéticos convencionais (Serra *Et al.*, 2023).

## 5.2 A ECONOMIA E NOVA GEOPOLÍTICA DO HIDROGÊNIO?

Como afirmamos anteriormente, o H<sub>2</sub> tem sido explorado em usos industriais e químicos, principalmente na síntese de amônia para fertilizantes e no refino de petróleo. No entanto, o potencial do hidrogênio como vetor energético, capaz de armazenar e transportar energia, ganhou destaque somente no século XX, com o avanço das tecnologias de células a combustível. Tais esforços marcaram o início do hidrogênio como um componente estratégico na política energética global.

Além disso, embora o hidrogênio apresente um potencial imenso, sua implementação ainda enfrenta desafios técnicos, econômicos e sociais. Como vimos anteriormente, o custo de produção do hidrogênio, especialmente do verde, permanece elevado em comparação com fontes de energia tradicionais. Além disso, a criação de uma infraestrutura global para armazenamento e transporte seguro ainda não foi desenvolvida e a segurança é uma questão crítica, já que o H<sub>2</sub> é altamente inflamável.

Entretanto, mesmo com desafios, o H<sub>2</sub> vem sendo adotado como uma alternativa para a TE. A fabricante Daimler-Benz, em parceria com a Ballard Sistemas de Energia, investiu mais de 300 milhões de dólares em pesquisa para tornar o H<sub>2</sub> viável no setor de transportes (Mercedes-Benz Group Media, 2007). Ao mesmo tempo, países como Islândia e Alemanha lançaram planos para integrar o hidrogênio em suas matrizes energéticas, sendo pioneiros na construção de infraestrutura para abastecimento e uso de veículos movidos a hidrogênio. Em 2004, foi lançado o primeiro veículo subaquático autônomo, o DeepC, movido a H<sub>2</sub>. Além disso, Honda e Toyota lançaram o FCX Clarity e o Mirai, carros movidos a H<sub>2</sub>. Em 2019, a

Alakai mostrou o Skai, o primeiro transporte aéreo motorizado movido a H<sub>2</sub> (James, 2004, Power Technology, 2020, Melro, 2022).

Nos últimos anos, a integração do hidrogênio na TE foi reforçada por políticas governamentais e novos projetos piloto. Em 2003 nos Estados Unidos, o Presidente George W. Bush investiu 1.2 bilhão de dólares para o desenvolvimento de células a combustível de H<sub>2</sub>, tendo como objetivo que “o primeiro carro dirigido por uma criança nascida hoje possa ser abastecido por baterias” e atualmente, 30 estados nos EUA possuem iniciativas para o desenvolvimento de tecnologia e uso do hidrogênio (Archives.org, 2003).

O Reino Unido, com seu projeto H<sub>2</sub>1, está avaliando a possibilidade de converter sua rede de gás natural para uma rede de hidrogênio (Bankes Hughes, 2022). Já a Companhia Marítima Belga, em parceria com o Porto de Antuérpia, anunciou o Hydro Tug – o primeiro rebocador movido a H<sub>2</sub> do mundo (Anglo Belgian Corporation, 2022). Em 2020, a Holanda iniciou a construção de moradias que utilizam H<sub>2</sub>; a Índia iniciou projetos de ônibus e carros abastecidos por H<sub>2</sub> em Leh e Nova Délhi; e no Japão foi inaugurado o projeto de Pesquisa de Energia do Hidrogênio em Fukushima (Power Technology, 2020). Tais esforços são reflexos da necessidade de reduzir os GEE's e garantir uma TE com Segurança Energética, confirmando a relevância do hidrogênio para as estratégias energéticas atuais (Melro, 2022).

Além disso, a transição para uma Economia do H<sub>2</sub> tem sido impulsionada por diversas iniciativas e parcerias internacionais. Além das citadas anteriormente, um dos principais marcos foi a criação da *International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy* (IPHE). Criada nos Estados Unidos em 2003, inicialmente com o nome *International Partnership for the Hydrogen Economy*, essa organização teve seu nome expandido em 2009 para incluir as células a combustível, refletindo a importância dessas tecnologias no contexto de uma economia de baixo carbono. Hoje a IPHE inclui 23 países e a Comissão Europeia (IPHE, 2024).

A IPHE atua como uma organização de cooperação e compartilhamento de informações e melhores práticas entre os países-membros, com o objetivo de fomentar o desenvolvimento e a padronização de tecnologias de H<sub>2</sub> e células a combustível em larga escala (Linardi *Et al.*, 2022). A partir de uma estrutura organizada em comitês e grupos de trabalho especializados, a IPHE promove a troca de conhecimento sobre políticas públicas, regulamentações e padrões técnicos. Linardi *Et al.* (2022) destacam que o sucesso dessa iniciativa depende de uma ação coordenada em múltiplas frentes, incluindo a criação de infraestruturas, o desenvolvimento de padrões de segurança e regulamentação que favoreça as tecnologias de H<sub>2</sub> de forma eficaz e acessível para as diferentes capacidades dos membros.

Além de criar uma plataforma de cooperação para a transferência de tecnologia, a IPHE busca impulsionar a economia do H<sub>2</sub> ao incentivar a inovação e a redução de custos através da economia de escala. Esse esforço visa atender às demandas ambientais e energéticas, ajudando a reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e contribuindo para a descarbonização de setores críticos, como o transporte, a indústria química e a siderurgia. Essa colaboração, alinhada com as políticas de incentivo à produção de H<sub>2</sub>, pode colocar o energético como uma peça central para o cumprimento das metas climáticas globais e o desenvolvimento de uma estrutura econômica global mais equitativa e resiliente.

Outra importante iniciativa é o *Hydrogen Council*, que é uma coalizão global de empresas e organizações que promovem a Economia do H<sub>2</sub> como uma solução sustentável e viável para enfrentar os desafios energéticos e climáticos do século XXI. Fundado em janeiro de 2017 durante o Fórum Econômico Mundial em Davos, o *Hydrogen Council* é liderado por CEOs de grandes empresas que representam setores estratégicos, como energia, transporte, infraestrutura e manufatura. Ele surgiu com o propósito de reunir lideranças do setor privado para acelerar o desenvolvimento e a implementação de tecnologias de hidrogênio e células a combustível. (Hydrogen Council, 2024).

O principal objetivo do *Hydrogen Council* é promover o H<sub>2</sub> como vetor essencial para a TE e fomentar investimentos em tecnologias associadas ao H<sub>2</sub> em escala global. A visão do conselho é a de que o hidrogênio pode contribuir significativamente para alcançar a neutralidade de carbono, reduzir as emissões e mitigar os efeitos das mudanças climáticas. Eles afirmam que, até 2050, o hidrogênio poderia atender a cerca de 18% da demanda mundial de energia, contribuindo para uma redução de 6 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> por ano (Hydrogen Council, 2017). Para atingir essas metas, suas ações são definidas em três pilares principais: (1) Acelerar o desenvolvimento de tecnologias de hidrogênio; (2) Mobilizar investimentos privados e públicos e (3) Desenvolver um ambiente regulatório favorável.

Desde sua fundação, o *Hydrogen Council* tem publicado diversos relatórios que analisam o papel do hidrogênio em diferentes setores econômicos e suas aplicações potenciais, como transporte, indústria pesada e aquecimento urbano. Esses relatórios fornecem dados fundamentais sobre a viabilidade econômica, o impacto ambiental e as necessidades de investimento para a expansão da economia do hidrogênio.

Um relatório importante é o “*Hydrogen Scaling Up*”, que delineia um plano para a adoção global do H<sub>2</sub>. Nele, o *Hydrogen Council* (2017) estimou que seriam necessários aproximadamente US\$280 bilhões em investimentos até 2030 para que o hidrogênio se tornasse competitivo com outras fontes de energia. Esse estudo propôs uma abordagem de

“clusterização”, na qual centros regionais de produção e consumo de hidrogênio seriam estabelecidos para facilitar a logística e criar economias de escala.

Em outro relatório, "*Path to Hydrogen Competitiveness: A Cost Perspective*" o *Hydrogen Council* (2020), enfatiza como a redução dos custos da tecnologia de hidrogênio é essencial para torná-la economicamente viável em comparação com as tecnologias de combustíveis fósseis. Eles estimam que, com os avanços tecnológicos e o aumento da escala de produção, o custo do hidrogênio poderia cair até 50% nos próximos anos, especialmente se políticas de incentivo e subsídios forem implementados.

Em relação aos principais atores direcionados à promoção da TE e da Economia do H<sub>2</sub>, podemos destacar a China, os Estados Unidos, a União Europeia (UE) e o Brasil. Acontecimentos como a pandemia da COVID-19 e a Guerra na Ucrânia afetaram os mercados e as cadeias globais de suprimento e resultaram na retomada de políticas focadas na Segurança Energética desses países, especialmente da UE.

A China tem se destacado globalmente em investimentos para a TE, sendo um pilar de sua estratégia climática e econômica delineada no 14º Plano Quinquenal (2021-2025). Este plano almeja alcançar um pico de emissões até 2030 e neutralidade de carbono até 2060, estabelecendo como prioridade a inovação tecnológica e o desenvolvimento econômico sustentável. Entre as metas, está a ampliação das energias renováveis na matriz energética para 20% até 2025 (Aguiar; Cardoso, 2024). A política chinesa reforça a redução da intensidade de carbono através do fortalecimento do mercado interno e da chamada "*Dual Circulation Strategy*", que combina a expansão de mercados nacionais com avanços em tecnologias energéticas para reduzir a dependência de importações.

O hidrogênio, por sua vez, desempenha um papel estratégico na TE da China, que busca se posicionar como um líder global em tecnologias de baixo carbono. Investimentos significativos em H<sub>2</sub> incluem a produção e o desenvolvimento de tecnologias de eletrólise, essenciais para a fabricação de H<sub>2</sub>V. A capacidade de produção chinesa está atrelada ao fortalecimento de sua indústria nacional de energias renováveis, como solar e eólica. Além disso, a cadeia de suprimentos do país, que concentra mais de 80% da produção de componentes fotovoltaicos e de turbinas eólicas, fornece a base necessária para o desenvolvimento da Economia do H<sub>2</sub> (Aguiar; Cardoso, 2024).

A importância do H<sub>2</sub> na política chinesa é complementada pela postura geopolítica do país, que vê a TE como uma oportunidade para expandir sua influência. Ao se tornar o maior investidor em tecnologias de baixo carbono, incluindo H<sub>2</sub>, a China ganha uma posição de destaque nas negociações internacionais sobre o clima e promove o desenvolvimento da sua

indústria de tecnologias limpas. Essa estratégia não apenas sustenta suas metas de descarbonização, mas também fortalece a segurança energética e consolida seu papel central na geopolítica da energia de baixo carbono (Aguiar; Cardoso, 2024).

Já nos Estados Unidos, a TE está fortemente alinhada ao *Inflation Reduction Act* (IRA), sancionado em 2022, o qual representa a maior iniciativa industrial em energia limpa desde o New Deal. Essa política promove incentivos fiscais para tecnologias como hidrogênio limpo, além de veículos elétricos e geração de energia renovável, com o objetivo de alcançar uma redução de emissões de até 41% até 2030 (Aguiar; Cardoso, 2024). Além disso, o IRA visa à criação de uma cadeia de suprimentos doméstica e à segurança energética dos EUA, especialmente em um contexto geopolítico em que o país busca reduzir a dependência da cadeia produtiva chinesa.

O H2 desempenha um papel essencial na política dos EUA, com o IRA destinando investimentos significativos para a produção de H2 verde e azul, aproveitando o potencial do país em energias renováveis. Os créditos tributários oferecidos para a produção de H2, dependendo da intensidade de carbono, incentivam a adoção de tecnologias de baixo carbono e atraem investimentos para o desenvolvimento de infraestrutura e inovações no setor (Aguiar; Cardoso, 2024). O país pode se tornar um líder global na produção de H2, aproveitando seus recursos e capacidade industrial doméstica.

A importância do H2 para os EUA vai além da política climática; o país também considera o desenvolvimento desta tecnologia uma questão de segurança nacional. Ao reduzir a dependência de minerais e componentes críticos provenientes da Ásia, a TE liderada pelo H2 reforçaria a posição dos EUA em meio à disputa geopolítica com a China e permitiria que o país assumisse uma liderança na economia de baixo carbono global (Aguiar; Cardoso, 2024). Apesar disso, os EUA também buscam parcerias regionais e internacionais por meio de programas como o “*Clean Hydrogen Partnership*” com o Canadá e o Japão. Essas colaborações, por meio de desenvolvimento conjunto de tecnologia e projetos piloto, visam consolidar sua liderança no mercado de H2, ao mesmo tempo que oferecem alternativas energéticas para seus aliados (IEA, 2024a).

A União Europeia (UE) tem sua política de TE centrada no *European Green Deal* e no *RePowerEU*, lançado em 2022. A partir deste plano, a UE visa reduzir sua dependência de combustíveis fósseis, especialmente russos, e expandir sua matriz renovável para 45% até 2030. A criação de um mercado europeu de H2 é fundamental para essas metas, com o bloco planejando uma produção anual de 10 milhões de toneladas de H2 renovável até 2030 e a



importação também de 10 milhões de toneladas de H<sub>2</sub>, além de uma infraestrutura robusta de dutos e armazenamento (Aguiar; Cardoso, 2024).

O hidrogênio é visto como um elemento-chave para a descarbonização da indústria europeia, incluindo setores difíceis de eletrificar, como o aço e o transporte pesado. A UE promove o desenvolvimento de tecnologias de eletrólise e eletrolisadores, fortalecendo a produção interna para evitar a dependência de países terceiros. Além disso, o *Net Zero Industry Act* estabelece uma meta de fabricação doméstica de pelo menos 40% das tecnologias verdes, incluindo hidrogênio, até 2030, respondendo ao IRA dos EUA e reforçando a capacidade de competição do bloco no mercado de tecnologias limpas (Aguiar; Cardoso, 2024).

Em sua política, a UE integra o hidrogênio como uma resposta à crescente instabilidade geopolítica. A dependência de energia russa e os desafios climáticos fazem do H<sub>2</sub> uma solução estratégica para reduzir vulnerabilidades externas e fortalecer a autonomia energética do bloco, ao mesmo tempo em que a Europa projeta sua influência geopolítica na transição energética global (Aguiar; Cardoso, 2024). Além disso, a UE e seus membros têm buscado acordos de cooperação com países na África e América Latina, como Marrocos, Chile e Brasil, para desenvolver projetos de produção de H<sub>2</sub>. Essa estratégia é uma tentativa de diversificar as fontes de energia e reduzir a dependência do gás russo, que se intensificou com as tensões geopolíticas na Europa Oriental e as sanções impostas à Rússia (IEA, 2024a).

Portanto, na economia de baixo carbono, o H<sub>2</sub> pode ser considerado um recurso estratégico, moldando a geopolítica energética global ao permitir que as grandes potências expandam sua influência através de tecnologias limpas. Além da necessidade ambiental, China, EUA e UE investem em hidrogênio como um pilar para consolidar suas posições na nova ordem econômica, uma vez que cada bloco busca reduzir vulnerabilidades e alcançar uma autonomia. A corrida pelo domínio das cadeias de valor do H<sub>2</sub> reflete a competição entre essas potências, que veem na descarbonização mais uma oportunidade de liderança no cenário internacional. Conforme destacado por Aguiar e Cardoso (2024), a TE movida pelo H<sub>2</sub> não apenas contribui para a mitigação das mudanças climáticas, mas também para a redefinição das relações de poder globais, onde o domínio das tecnologias de hidrogênio poderá determinar a estrutura econômica e de segurança das próximas décadas.

No entanto, diversos outros países também estão desenvolvendo suas estratégias e políticas para a TE e para o H<sub>2</sub>. A Agência Internacional de Energia (IEA, 2024a) afirma que em 2024, 60 países já adotaram algum tipo de estratégia ou política voltada para a Economia do H<sub>2</sub>. Esse total pode ser dividido entre 30 economias desenvolvidas, incluindo a UE e 30

em desenvolvimento. Países da América Latina, África e Oriente Médio também podem ser protagonistas no potencial de produção de H2 verde ou de baixa emissão devido a condições geográficas e climáticas favoráveis, como abundância de recursos renováveis e capacidade para instalação de plantas de produção. Na figura 13 a seguir, podemos compreender a evolução da implementação das políticas de hidrogênio dos países.

**FIGURA 13:** Linha do tempo dos anúncios das políticas e estratégias de hidrogênio.

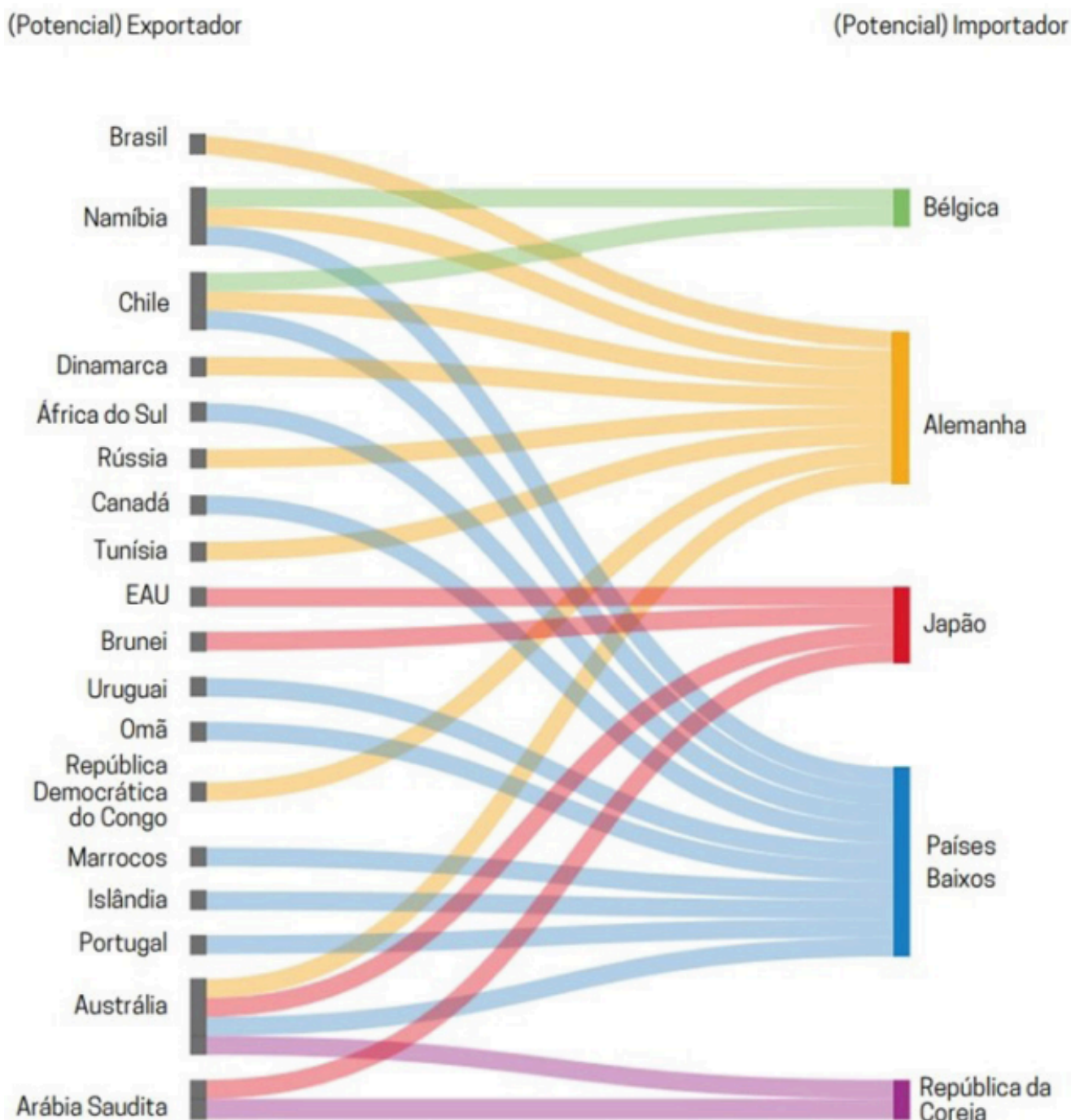
2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Japan	France	Australia Korea	Canada Chile European Union Germany Netherlands Norway Spain Portugal Russia	Belgium Colombia Czech Republic Denmark Hungary Luxembourg Morocco Poland Slovak Republic United Kingdom	Austria China Costa Rica Croatia Namibia Oman South Africa	Algeria Argentina Bhutan Brazil Bulgaria ECOWAS Ecuador Estonia India Indonesia Ireland Israel Kenya Malaysia Mauritania New Zealand Panama Romania Singapore Sri Lanka Türkiye United Arab Emirates United States Uruguay	Iceland Egypt Kazakhstan Lithuania Tunisia Viet Nam

**FONTE:** IEA, 2024a.

Eliziário *Et al.* (2023) afirmam que para desenvolver a Economia do H2, são necessárias um conjunto de estratégias e políticas públicas eficientes. Além disso, a valorização de especificidades das regiões, a necessidade de reduzir a dependência energética, assim como de potencializar as vantagens estratégicas de cada país, vão moldar os rumos do desenvolvimento do H2. Os autores afirmam que o desenvolvimento de cooperações

estratégicas no setor de H2 será muito necessário para cumprir as ambições climáticas de descarbonizar as economias. Na figura 14 a seguir, podemos observar o fluxo de cooperação internacional entre possíveis países produtores e consumidores de H2.

**FIGURA 14:** Cooperações Internacionais Firmadas com Base em Acordos Bilaterais e em Memorandos de Entendimento (até nov. 2021).



**FONTE:** Eliziário *Et al.* (2023) adaptado de IRENA, 2022.

O relatório “*Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor*” da IRENA (2022) traz uma série de análises sobre como o crescimento da Economia do H2 pode trazer grandes mudanças econômicas e geopolíticas. Eles afirmam que “o fator H2” pode causar uma nova onda de interdependências, que pode levar a maior competição geopolítica ou abrir uma nova era de cooperação internacional melhorada, alterando a geografia do mercado de energia e promovendo a criação de novos centros de influência geopolítica integrados à produção e uso de H2, ao mesmo tempo que impacta o mercado tradicional de energias poluentes.

Diferente do *Hydrogen Council*, a IRENA (2022) afirma que o H2 pode corresponder a 12% do uso energético global até 20250. O mercado Energético que hoje é avaliado em 175 bilhões de dólares pode fazer emergir a competição econômica e política internacional. A IRENA estima que mais de 30% do H2 pode ser comercializado internacionalmente até 2050, algo que seria maior do que o uso de gás natural atualmente.

O Diretor Geral da Irena, Francesco La Camera, afirma que o H2 pode ser o elo que faltava em um futuro energético seguro em termos climáticos. Para ele, o H2 não seria um novo petróleo e a transição energética contemporânea não seria simplesmente a substituição dos combustíveis fósseis, mas a mudança paradigmática para um novo sistema com interrupções Políticas, técnicas, ambientais e econômicas. (Canal Energia, 2022)

No caso específico da América Latina, a IEA destaca a possibilidade de que Brasil, Chile e Argentina se tornarem grandes exportadores de H2V ou de baixa emissão, explorando suas matrizes energéticas limpas e infraestruturas portuárias para exportação (IEA, 2024a). Para esses países, o hidrogênio representa uma oportunidade não apenas econômica, mas também de inserção estratégica na agenda climática e energética global. Eles podem consolidar-se como fornecedores de baixo carbono para mercados como o europeu e o asiático, possibilitando o cumprimento das metas de neutralidade de carbono e reforçando o papel do Sul Global na TE. Contudo, o desenvolvimento desses mercados depende de investimentos robustos em infraestrutura, o que coloca desafios para atração de capital estrangeiro e parcerias com países desenvolvidos.

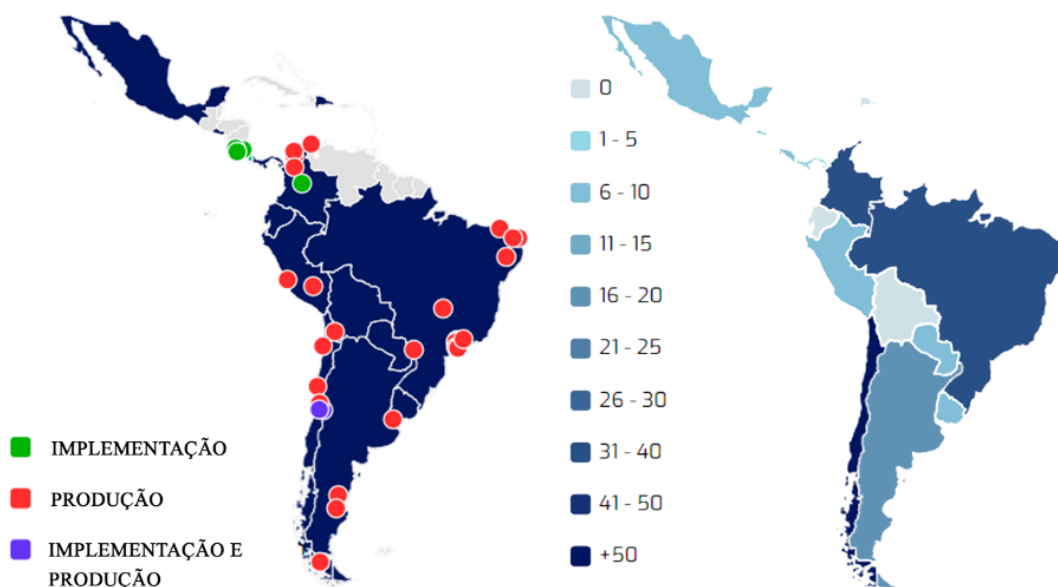
A H2LAC (Hidrogênio Verde para América Latina e Caribe) é uma das principais plataformas de fomento à cooperação regional e internacional e promoção do intercâmbio de conhecimentos, visando a TE para uma economia de hidrogênio verde, na região da América Latina e Caribe (ALC). Ela foi fundada com apoio de instituições como o Programa Euroclima da UE, a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH, o Banco Mundial e a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL). Além

disso, conta com o apoio financeiro do Programa Euroclima e do Ministério Federal de Cooperação Econômica e Desenvolvimento da Alemanha e seus principais parceiros são a IEA, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o *International Power-to-X Hub* e a Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (AECID) (H2LAC, 2024a).

A H2LAC trabalha em colaboração com aproximadamente 50 parceiros de 16 países da América Latina, incluindo organismos públicos, empresas, associações de energias renováveis e instituições de pesquisa, buscando transformar o potencial do H2V em uma resposta concreta aos desafios climáticos e econômicos da região. Por meio do diálogo político, capacitação e transferência de conhecimento, a H2LAC tem contribuído para o desenvolvimento de um ecossistema que integra diversos agentes interessados em promover uma economia baseada em energias limpas. Em linha com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 da ONU (ODS 7). Seus principais objetivos são: Facilitar o intercâmbio de informações sobre o desenvolvimento do hidrogênio verde; Promover a colaboração regional; Fomentar o diálogo multinível; Posicionar a América Latina e Caribe como líder na produção e exportação de hidrogênio verde; Fortalecer a compreensão da cadeia de valor do hidrogênio na região (H2LAC, 2024a).

Na figura 15 a seguir, podemos ter um panorama geral do desenvolvimento dos projetos de H2 verde na região.

**FIGURA 15:** Projetos de Hidrogênio Verde na América Latina



**FONTE:** Adaptado de H2LAC, 2024b.

Percebe-se que Chile, Colômbia, Brasil e Argentina lideram com a maior quantidade de projetos, sendo 68 totais com 8 em funcionamento no Chile, 27 totais com 5 em funcionamento na Colômbia, 35 totais com 12 em funcionamento no Brasil e 17 totais com 3 em funcionamento na Argentina (H2LAC, 2024b).

Por fim, como afirmamos parcialmente anteriormente, para que o hidrogênio seja reconhecido como de baixo carbono, há uma necessidade crescente de certificações internacionais que garantam a rastreabilidade e os atributos ambientais. No entanto, os sistemas de certificação ainda são inconsistentes entre países, criando risco de fragmentação de mercado. A COP28 trouxe um avanço com a promessa de reconhecimento mútuo de esquemas de certificação entre 37 países, além de uma padronização proposta pela ISO para medir emissões na produção de hidrogênio (IEA, 2024a).

Caso essas regulamentações não sejam harmonizadas, existe o risco de uma competição desleal, onde produtos de H<sub>2</sub> produzidos sob regulamentações menos rigorosas possam ter preços mais baixos e conquistar maiores fatias de mercado. Essa padronização é crucial não só para garantir a competitividade de projetos de baixo carbono, mas também para assegurar que os objetivos climáticos globais sejam cumpridos (IEA, 2024a). Portanto, a falta de alinhamento e consenso, inclusive na América Latina, pode ditar os rumos da Economia do H<sub>2</sub>, criando mercados e iniciativas fragmentadas que competem entre si. Por outro lado, caso o consenso seja fortalecido, pode ocorrer uma cooperação e integração entre as economias de forma mais equitativa.

### 5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, examinamos o potencial do hidrogênio como vetor energético, suas rotas de produção e o papel crescente na reconfiguração da geopolítica energética. Inicialmente, a análise do desenvolvimento histórico do H<sub>2</sub> destacou como este elemento, amplamente presente no universo e com características físico-químicas únicas, foi gradualmente incorporado às estratégias energéticas de vários países. Desde as primeiras aplicações no século XVIII até seu renascimento como uma solução para a descarbonização, o H<sub>2</sub> tem sido apontado como alternativa viável para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e apoiar a construção de economias de baixo carbono. Esse contexto histórico reforça que suas características versáteis o posicionam como um componente essencial para setores industriais e de transporte, especialmente em um cenário de crise climática.

Avançamos para a análise das rotas de produção do H<sub>2</sub>, identificadas a partir de um “arco-íris” de cores – como o hidrogênio cinza, azul, verde e musgo – que indicam o nível de sustentabilidade de cada processo. Esta diversidade de rotas representa não só uma oportunidade tecnológica, mas também um desafio para definir padrões globais e garantir a expansão da Economia do Hidrogênio de forma justa e acessível. Entre as opções, o hidrogênio verde surge como a forma mais sustentável, obtido por eletrólise da água a partir de fontes renováveis, embora ainda enfrente obstáculos de custo e eficiência que limitam sua adoção em larga escala. Esse dilema entre viabilidade econômica e sustentabilidade é central para o futuro do H<sub>2</sub>, destacando a importância de políticas de incentivo e inovação tecnológica para tornar suas opções com zero ou baixas emissões alternativas competitivas.

Além disso, a exploração do H<sub>2</sub> na TE envolve complexas interações geopolíticas. A democratização da produção energética, possibilitada pela diversificação das rotas do hidrogênio, pode gerar uma redistribuição de poder no Sistema Internacional. Para países importadores de energia, como muitos da União Europeia, o H<sub>2</sub> representa um passo estratégico rumo à segurança energética e à mitigação climática. No entanto, para países tradicionalmente exportadores de combustíveis fósseis, essa transição exige uma adaptação substancial para manter sua relevância no mercado global. As iniciativas de integração e certificação de hidrogênio de baixo carbono, como as promovidas pela IPHE, pelo *Hydrogen Council*, pela IEA e pela H2LAC sinalizam um movimento coordenado entre governos e empresas para superar os desafios técnicos e econômicos do H<sub>2</sub>, fortalecendo o compromisso global com a descarbonização de forma cooperativa.

Ao final deste capítulo, entendemos que o H<sub>2</sub> ocupa uma posição única na agenda mundial. Além de ser uma alternativa para a transição, ele fortalece a segurança energética e a autonomia estratégica de países com potencial de produção de energias renováveis. O Brasil, com uma matriz energética e elétrica amplamente renovável, encontra-se em posição vantajosa para expandir sua liderança no mercado de H<sub>2</sub>, em especial o verde e o musgo, considerando suas vantagens em energia renovável e bioenergia.

No próximo e último capítulo, será detalhado o papel do H<sub>2</sub> na política interna e externa do Brasil, com foco em como o país pode utilizar essa fonte energética para reforçar sua diplomacia e expandir sua influência internacional. Serão abordadas o histórico das iniciativas nacionais de H<sub>2</sub> e a implementação de novas políticas que possibilitam a exportação desse energético. Por fim, pretende-se concluir com a análise da formação de um novo conceito, a “diplomacia do hidrogênio”, que, a exemplo da diplomacia dos biocombustíveis, pode consolidar o Brasil como um ator chave na Transição Energética Justa.

## 6. A CONSTRUÇÃO DA DIPLOMACIA DO HIDROGÊNIO?

Este capítulo apresentará de que forma o Hidrogênio (H<sub>2</sub>) está inserido na política interna e externa do Brasil e como ele vem sendo trabalhado para promover a inserção internacional do país como uma liderança na transição para uma economia de baixo carbono. Dessa forma, busca-se examinar as estratégias adotadas pelo Brasil de 2003 a 2024 em relação ao Hidrogênio como uma alternativa para a Transição Energética Justa (TEJ).

Para isso, a primeira seção apresenta as principais iniciativas de desenvolvimento de H<sub>2</sub> no Brasil, demonstrando seus principais marcos de desenvolvimento, com centros de pesquisa, projetos piloto, assim como as últimas legislações e políticas institucionais com foco em H<sub>2</sub>. A segunda seção descreve as iniciativas internacionais de cooperação e desenvolvimento do setor de H<sub>2</sub> que demonstram o interesse ativo do Brasil em promover esse energético em sua tentativa de liderar o processo de TEJ globalmente.

### 6.1 O HIDROGÊNIO NA POLÍTICA INTERNA BRASILEIRA

Buscando demonstrar qual é o cenário do uso de H<sub>2</sub> no Brasil, explorando as capacidades internas que o país possui, como centros de pesquisa, plantas piloto e regulamentações e políticas específicas, podemos compreender melhor se internacionalmente o país conseguiria validar seu discurso de liderança na TEJ e no setor de H<sub>2</sub>. Os trabalhos de Aguiar e Cardoso (2024), Oliveira (2022), Chantre *Et al.* (2022b) e Fontão, Santos e Melro (2022) são fundamentais para compreender a realidade interna brasileira no uso de H<sub>2</sub>, desde seu início no final da década de 90, até os dias atuais.

Podemos afirmar que o País tem interesse de investimento no setor de H<sub>2</sub> desde 1995, quando as primeiras discussões iniciaram-se no Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (MME, 2021a). Em 1998, foi implementado o Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio (CENEH) e em 2002 o MCTI elaborou o Programa Brasileiro de Células a Combustível (ProCaC). O ProCaC foi um dos primeiros esforços governamentais voltados ao H<sub>2</sub>, com foco na formação de parcerias entre universidades, instituições de pesquisa e empresas do setor privado. Em 2005, o programa foi ampliado e passou a se chamar Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio (ProH<sub>2</sub>), com a meta de fortalecer a capacidade do Brasil em tecnologias relacionadas a células a combustível e a produção de H<sub>2</sub> a partir de diferentes fontes energéticas, como a eletrólise, a reforma de gás natural e a bioenergia (Chantre *Et al.*, 2022b; Oliveira, 2022).



Segundo Chantre *Et al.* (2022b), em 2003, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) implantou o Laboratório de Células a Combustível e Hidrogênio a partir do projeto “Desenvolvimento de Novas Tecnologias de Geração Distribuída de Energia Elétrica – Células a Combustível de Membrana Polimérica de Baixa Potência” da ANEEL para a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), que permanece ativo até os dias de hoje e realizando projetos no tema para as empresas do grupo Eletrobras.

Em 2005, o Ministério de Minas e Energia (MME) estabeleceu o “Roteiro para Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil”, um documento estratégico que já apresentava uma análise de toda a cadeia produtiva de H<sub>2</sub>, passando da produção a partir de renováveis, até o uso/consumo final. Além disso ele apontava: i) a importância das diferentes rotas tecnológicas nas quais o Brasil pudesse ter vantagens competitivas; ii) o papel do gás natural na transição até o domínio do hidrogênio verde; e iii) a difusão nos mercados de geração distribuída, regiões isoladas e ônibus urbanos. Ou seja, delineava as alternativas que fortaleceriam as vantagens do país. (Chantre *Et al.*, 2022b; Oliveira, 2022; MME, 2021a).

Visto que em 2005 as tecnologias de produção de energia renovável não eram tão suficientemente competitivas econômica e tecnologicamente, o roteiro propôs uma visão de longo prazo com etapas focadas na viabilidade econômica da produção de H<sub>2</sub> a partir de gás natural até 2015, produção de H<sub>2</sub> a partir da eletrólise da água até 2020, produção de H<sub>2</sub> a partir da reforma do etanol e uso da biomassa até 2025 e produção de H<sub>2</sub> a partir de processos alternativos até 2030 (MME, 2021a). Esse planejamento inicial, embora ambicioso, enfrentou desafios técnicos e econômicos, uma vez que o custo das tecnologias era elevado e a produção de H<sub>2</sub>V ainda se encontrava em estágios iniciais de desenvolvimento no Brasil (Chantre *Et al.*, 2022b; Oliveira, 2022)

Segundo Oliveira (2022) em 2010, o MCTI e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) apresentam os principais gargalos identificados no documento “Hidrogênio energético no Brasil: Subsídios para políticas de competitividade: 2010-2025”, demonstrando o pequeno volume de investimento no setor, a necessidade de continuidade dos programas de P&D em H<sub>2</sub>, o incentivo a empresas de base tecnológica etc. Depois disso, apenas em 2018 que o MCTI publicou o “Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação em Energias Renováveis e Biocombustíveis 2018-2022”, visando promover estudos sobre o potencial das energias oceânicas, heliotérmicas, eólica offshore e hidrogênio.

O MME (2021) afirma que em 2012, no Workshop Internacional sobre Hidrogênio e Células a Combustível (WICaC), mostrou questões chave após dez anos de investimentos, sendo elas: i) uma “euforia” no início dos anos 2000, que perdurou até 2008 e ii) após esse

período, uma desaceleração de investimentos em H2. No Brasil, essa alteração de prioridades foi observada e em parte motivada pelas descobertas de petróleo e gás na camada geológica do pré-sal em 2006, e com isso, muitos projetos de H2 realizados com concessionárias de energia foram descontinuados. A criação da Associação Brasileira do Hidrogênio (ABH2) em 2017 foi uma iniciativa que buscou reorganizar as ações e os recursos (públicos e privados) para o H2. Isso gerou bons resultados e promoveu a coordenação de ações entre MCTI, MEC, MME, ANEEL, ANP, Eletrobras e entre outros órgãos do governo federal (MME, 2021a)

Chantre *Et al.* (2022b) afirmam que apesar da temática de H2 ter perdido prioridade com a descoberta do pré-sal, foram percebidos avanços no âmbito da Pesquisa e Desenvolvimento. A partir do levantamento dos projetos de pesquisa associados ao H2 e células a combustível nas bases da ANEEL, da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), no período de 2013 a 2018, os autores identificaram 91 projetos, que totalizaram um financiamento na ordem de 34 milhões de reais (Chantre *Et al.*, 2022b).

Além disso, o Brasil tem desenvolvido projetos inovadores em hidrogênio, como o “Armazenamento de Energia” da Companhia Energética de São Paulo (CESP), iniciado em 2017. Esse projeto visa produzir H2V por eletrólise, utilizando excedentes de energia solar e hidrelétrica, que são então armazenados para suprir demandas energéticas nos horários de pico. Outro exemplo é a planta de H2V da Furnas Centrais Elétricas, inaugurada em 2021 na Usina Hidrelétrica de Itumbiara, Goiás, também baseada na sinergia entre energia solar e hidrelétrica. Com um investimento de R\$ 45 milhões, essa planta permite armazenar H2 e convertê-lo em eletricidade por meio de células a combustível, reforçando o Sistema Interligado Nacional (Chantre *Et al.*, 2022b).

Além disso, projetos demonstrativos no setor de transportes mostram o potencial do H2 como combustível sustentável. Em parceria com a Unicamp, a Nissan desenvolveu uma célula de combustível de óxido sólido para veículos, e a Hytron criou um sistema de produção de H2 a partir do etanol. Outro destaque é o projeto “Ônibus Brasileiro a Hidrogênio”, que, com apoio do MME e de um consórcio de empresas, produziu quatro ônibus movidos a células a combustível e instalou uma estação de produção de H2 em São Paulo, tornando o Brasil o primeiro país latino-americano a operar ônibus com H2 (Chantre *Et al.*, 2022b).

Em 2020, o MME apresentou o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE), documento que identifica o potencial de energias renováveis no Brasil, que é superior a aproximadamente dezessete vezes à sua demanda em energia em 2050, como apresentamos nos capítulos anteriores. Além disso, o PNE 2050 apresentou entre as primeiras tecnologias disruptivas,

destaque para o hidrogênio, consolidando seu papel na matriz energética brasileira a longo prazo. O documento afirma que o principal desafio é a elaboração de normatização para seu uso, transporte e armazenamento. Entre as prioridades do PNE, destaca-se também a necessidade de desenvolvimento de normatizações que garantam a segurança e a eficiência no manuseio e transporte de hidrogênio, o que indica um compromisso contínuo do governo com a expansão ordenada dessa fonte energética dentro do país, inclusive, incluindo o uso de gasodutos para reduzir os custos de implementação dessa tecnologia (EPE, 2020).

Além disso, outra recomendação é articular com outras instituições internacionais que tenham iniciativas na área de H2. Já falamos sobre algumas delas no capítulo anterior, mas vamos nos aprofundar na atuação do Brasil no nível internacional na próxima sessão do capítulo. Segundo a EPE (2020) o aumento da cooperação internacional e entre setores é uma condição fundamental para assegurar uma inserção do H2 na economia brasileira. Além disso, as iniciativas internacionais, podem ajudar a avançar na curva de aprendizagem e alavancar os benefícios de transbordamento de conhecimento na área.

Em março de 2021, foi anunciada a instalação da Frente Parlamentar de Energia Renovável, com mais de 200 parlamentares, algumas das prioridades são a promoção da TE e o desenvolvimento do H2 (Chantre *Et al.*, 2023b). Em agosto de 2022, um estudo intitulado “Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira” foi publicado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI). Chantre *Et al.* (2023b) afirmam que, dada a centralidade da indústria no desenvolvimento do H2, essa iniciativa apresenta iniciativas internacionais e nacionais, assim como possíveis desafios, oportunidades, propostas e recomendações para a consolidação de um mercado de H2 sustentável.

Em 2021, o Brasil reforçou sua estratégia para o desenvolvimento do H2 como parte essencial de sua política energética, refletindo o potencial desse recurso na transição para uma economia de baixo carbono. Esse movimento teve início com a publicação da Resolução nº 2 pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), em 2021, que priorizou a destinação de recursos para pesquisa e desenvolvimento (P&D) em setores estratégicos, incluindo o H2. A Resolução nº 6/2021 do CNPE determinou a formulação das diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), que visa consolidar o H2 como um vetor energético central no Brasil. Algum tempo depois a proposta de diretrizes foi publicada, e foi orientada por três pilares: (1) políticas públicas, (2) condições tecnológicas e (3) condições de mercado (Oliveira, 2022; Chantre *Et al.*, 2023b; MME, 2021a).

Assim, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) publicou em 2021 as "Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio", um documento que destaca os desafios

do setor e as oportunidades econômicas associadas ao H2. Nele, a EPE propõe uma visão abrangente para o H2, sugerindo a utilização do “hidrogênio arco-íris”, termo que inclui todas as rotas de produção possíveis. A EPE também publicou, em 2022, notas técnicas detalhando métodos de produção, com as diferentes cores de H2, como o cinza, azul e turquesa (Chantre *Et al.*, 2023b). Em consonância com essas orientações, vários estados brasileiros, como Ceará e Minas Gerais, começaram a desenvolver suas próprias estratégias para atrair investimentos e promover o H2, especialmente o verde, estabelecendo hubs de produção e infraestrutura para exportação, o que evidencia uma expansão do PNH2 no território nacional (Oliveira, 2022).

Em 23 de junho de 2022 a resolução nº 6/2022 do CNPE oficializou o PNH2, que definiu seis eixos temáticos que incluem (1) o fortalecimento das bases tecnológicas, (2) capacitação de recursos humanos, (3) planejamento energético, (4) arcabouço regulatório, (5) crescimento do mercado e competitividade, e (6) cooperação internacional. O PNH2 é estruturado para dar competitividade ao H2 brasileiro, incentivando parcerias e sinergias com outras fontes de energia renovável, como biocombustíveis, e promovendo avanços tecnológicos em infraestrutura e armazenamento (MME, 2021a). Além disso, o PNH2 prevê a criação de um comitê técnico e de uma plataforma digital de informações sobre H2, com o objetivo de facilitar a coordenação entre agentes de mercado, acadêmicos e investidores, promovendo, assim, o desenvolvimento de uma economia sustentável e o alinhamento com as metas de descarbonização (Oliveira, 2022; MME, 2021a).

Essa plataforma digital já está disponível no site da EPE e apresenta diversas informações interessantes sobre o H2 no Brasil (EPE, 2024c). No momento de escrita dessa monografia, o site afirma que existem 31 projetos cadastrados e que os principais projetos de Hub de Hidrogênio estão sendo realizados com foco em H2V no Estado do Ceará no Porto de Pecém; em Pernambuco no Porto de Suape; e no Rio de Janeiro no Porto do Açú. Tais projetos estão em fase de estudos de viabilidade técnica e econômica. Além disso, o site apresenta diversos mapas interativos com o potencial de recursos para a produção de H2, principalmente a partir de Eólicas, Solar, Hidráulica, Etanol, Biomassa, Resíduos agropecuários, Hidrogênio Natural, Energia Nuclear, Gás Natural e Carvão Mineral.

Outra importante diretriz foi publicada em 2023, o “Plano de Trabalho Trienal 2023-2025” do PNH2 (MME, 2023b). Além dos 3 pilares e 6 eixos temáticos apresentados anteriormente, o Plano de Trabalho Trienal (PTT) apresentou as 3 principais prioridades para o fortalecimento da Economia do H2 no Brasil até 2025: (1) definir um marco legal-regulatório nacional; (2) intensificar investimentos em PD&I, com foco na redução de custos; e (3) ampliar acesso a financiamento. Ações também estão sendo desenvolvidas pelo

Comitê Gestor do Programa Nacional do Hidrogênio (Coges-PNH2) que coordena as seguintes Câmaras Temáticas: (1) Fortalecimento das Bases Científico-tecnológicas; (2) Capacitação de Recursos Humanos; (3) Planejamento Energético; (4) Arcabouço Legal e Regulatório-Normativo; e (5) Neoindustrialização, Mercado e Competitividade.

Além disso, reconhecendo que o país tem potencial técnico de produzir até 1,8 gigatonelada de H2 por ano e com o menor custo de produção, foram elaborados 3 marcos temporais para direcionar os rumos das iniciativas no Brasil, onde, até 2025, pretende-se disseminar plantas piloto de H2 de baixo carbono em todas as regiões do país, até 2030, consolidar o Brasil como o país com o menor custo de produção de H2 de baixa emissão do mundo, e até 2035, consolidar polos (hubs) de H2 de baixa emissão no Brasil para criação em escala que supra a indústria nacional e permita a exportação. Para viabilizar isso, o PTT afirma que seria necessário passar dos R\$ 29 milhões de investimentos públicos e publicamente orientados em H2 e células a combustível no Brasil do ano de 2020 para pelo menos 200 milhões de reais até 2025, aumentando em até 7 vezes mais o valor de investimentos em P&D até o final do PTT 2023-2025.

Além do nível Federal, os estados membros da federação brasileira têm desempenhado papel importante na criação de hubs de H2V, atraindo investimentos que fortalecem a infraestrutura e a produção regional. O estado do Ceará tem se consolidado como um importante centro para a produção de H2V, sobretudo com o desenvolvimento do Complexo Industrial do Porto do Pecém. Em parceria com universidades, empresas nacionais e multinacionais, o Porto do Pecém tem firmado memorandos de entendimento com empresas como EDP Renováveis e Fortescue Future Industries, com o intuito de criar plantas-piloto de H2V alimentadas por energias solar e eólica, ampliando o potencial do estado para abastecer o mercado interno e externo. Essa atuação mostra um exemplo de como os esforços locais podem contribuir para o desenvolvimento do setor (Oliveira, 2022; Chantre *Et al.*, 2022b).

Similarmente, o Rio de Janeiro tem desenvolvido sua infraestrutura com o Porto do Açu, que busca se tornar um hub de exportação de H2V no Brasil. A parceria entre o Porto do Açu e a empresa Fortescue Future Industries tem como objetivo a criação de uma planta de produção com capacidade instalada de 300 MW, além de prever a integração de geração eólica e solar offshore. Existem também iniciativas nos portos de Suape (PE) e Camaçari (BA) e de plantas-piloto em São Paulo, Paraná, Goiás e Minas Gerais. Essas iniciativas complementam as políticas federais e demonstram a integração de esforços locais para consolidar o H2 como parte essencial da TE brasileira. Além de criar empregos e atrair novos

investimentos, esses hubs ampliam as oportunidades de exportação e inserem o Brasil na economia de H<sub>2</sub> (Castro *Et al.*, 2022; Fontão; Santos; Melro, 2022; Chantre *Et al.*, 2022b).

As Hidrelétricas podem ter peso especial no desenvolvimento da economia de H<sub>2</sub> no Brasil. O PNE 2050 evidencia a importância da Usina de Itaipu e de duas outras usinas menores (Itumbiara e Porto Primavera) que têm capacidade de produção e utilização experimental de H<sub>2</sub> (EPE, 2020). Nesse sentido, é importante destacar a proficiência do Parque Tecnológico Itaipu que, desde 2011, atua como um centro de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao uso de H<sub>2</sub>. Sua importância também pode ser evidenciada devido a participação internacional com a apresentação de projetos na ONU. Além disso, o PTI tem participação direta, apoiando o MME, nas diretrizes do PNH<sub>2</sub> e em outras normas e diretrizes técnicas que padronizam e estimulam modelos de produção e viabilização efetiva em escala do H<sub>2</sub> combustível e de tecnologias relacionadas a armazenamento, e transporte de energia (PTI, 2021)

Existe uma movimentação recente do Governo Brasileiro para estimular a produção de H<sub>2</sub> na Itaipu. O presidente Lula afirmou em discurso que existem intenções de produzir H<sub>2</sub> na região, maximizando a produção tanto em relação à energia elétrica, quanto em H<sub>2</sub> combustível, a partir da eletrização da própria água do rio Paraná. Isso ocorreu na mesma ocasião que foi abordado a necessidade da revisão do tratado de Itaipu com o Paraguai (Brasil, 2023b; TERRA, 2023). Isso poderia ser um Hub de produção interno, que possibilitaria o fortalecimento da integração regional nos países do conesul a partir do H<sub>2</sub>.

Voltando ao âmbito regulatório, Chantre *Et al.* (2023b) afirma que o Brasil ainda carece de normas específicas suficientes para o H<sub>2</sub>. No entanto, os autores afirmam que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) iniciou, por meio da Comissão de Estudo Especial de Tecnologias de Hidrogênio (ABNT/CEE 067), a discussão sobre a normatização das tecnologias de H<sub>2</sub>, com foco em sistemas e dispositivos para produção, armazenamento, transporte, medição e uso do H<sub>2</sub>, bem como pilhas a combustível.

Oliveira (2022) destaca que o Brasil já possui um conjunto de normas embrionárias e padrões para o uso do H<sub>2</sub>. A autora destaca a ABNT ISO/TR 15916 que define diretrizes para o uso e armazenamento seguro do H<sub>2</sub>. A ABNT NBR ISO 16110-1 que aborda geradores de H<sub>2</sub>. A ABNT NBR ISO 14687-1 que especifica requisitos para combustíveis de H<sub>2</sub> em diferentes aplicações, exceto células a combustível de PEM para veículos rodoviários. As normas ABNT IEC/TS 62282-1 e NBR IEC 62282-2 que tratam das tecnologias de pilhas a combustível, focando nos requisitos mínimos de segurança e desempenho. Já a NBR ISO 17268 regulamenta os dispositivos de conexão para reabastecimento de veículos terrestres

com H<sub>2</sub> gasoso, e a Resolução nº 5.947/2021 da ANTT define normas para o transporte seguro de produtos perigosos, incluindo o H<sub>2</sub>.

Delgado e Da Costa (2021), Fontão, Santos e Melro (2022) e Aguiar e Cardoso (2024) nos ajudam a compreender a importância da regulamentação do H<sub>2</sub> para consolidar a estratégia brasileira de inserção internacional a partir do energético. Os autores analisam o lento andamento dos principais projetos de leis (PL 725/22, PL 1878/22 e PL 2308/23) que buscavam introduzir o H<sub>2</sub> na economia brasileira.

O Projeto de Lei nº 2.308/2023 foi o que concretizou a primeira prioridade do PNH<sub>2</sub> de criar um marco regulatório, sendo sancionado em 02 de agosto de 2024 na forma da Lei 14.948, de 2024. Denominado Marco Legal do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, a lei cria a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, que compreende o Programa Nacional do Hidrogênio; o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC); o Sistema Brasileiro de Certificação do Hidrogênio; e o Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Rehidro) (AGÊNCIA SENADO, 2024a).

Na nova lei, será considerado H<sub>2</sub> de baixa emissão de carbono aquele que, no ciclo de vida do processo produtivo, resulte em valor inicial menor ou igual a 7 quilos de dióxido de carbono equivalente por quilograma de H<sub>2</sub> produzido (7 kgCO<sub>2</sub>eq/kgH<sub>2</sub>). Esse número, a ser adotado até 31 de dezembro de 2030, representa a intensidade de emissão de GEE's e foi aumentado pelo Senado, atendendo aos interesses de fornecedores de etanol. Além disso, é importante comparar que a UE classifica como H<sub>2</sub> de baixo carbono aquele com produção de menos de 4,4 quilos de CO<sub>2</sub> para cada 1 quilo de hidrogênio (H<sub>2</sub>). Na Alemanha, esse limite é de 2,8 quilos (AGÊNCIA SENADO, 2024a). Isso levanta uma clara contradição, mostrando que o H<sub>2</sub> brasileiro, na prática, pode não ser de tão baixo carbono assim.

Pelo texto, o H<sub>2</sub> renovável é aquele obtido com o uso de renováveis por processos produtivos além da eletrólise, como solar, eólica, hidráulica, biomassa, biogás, biometano, gases de aterro, geotérmica, das marés ou oceânica. Já o hidrogênio verde é aquele obtido a partir da eletrólise da água com o uso das fontes listadas.

Além disso, são atribuídos incentivos tributários, onde a lei estende às empresas produtoras de H<sub>2</sub> de baixo carbono incentivos previstos na Lei 11.488, de 2007, que trata do Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (Reidi). Entre esses incentivos incluem a suspensão de impostos de importação em máquinas e equipamentos novos e de materiais de construção destinados aos projetos de hidrogênio.

Os artigos que tratavam dos créditos fiscais e incentivos concretos do Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC) foram vetados pelo presidente Lula. A justificativa argumenta que os dispositivos instituíam incentivos que violavam conceitos da legislação financeira e orçamentária e geravam imprecisões, causando insegurança jurídica na implementação da estratégia de H2.

No entanto, algum tempo depois, a Lei 14.990 de 2024 foi sancionada no dia 27 de Setembro de 2024. Ela complementa a lei anterior, alterando alguns de seus artigos e regulamentando melhor o PHBC. Ela estabelece metas objetivas para o desenvolvimento do mercado interno de H2 de baixa emissão, aplicando incentivos para a descarbonização com o uso de H2 em setores de difícil descarbonização, como o de fertilizantes, siderúrgico, petroquímico e no transporte pesado. O total de crédito fiscal que deverá ser concedido entre 2028 e 2032 será de R\$ 18,3 bilhões, com os limites anuais de créditos de R\$ 1,7 bilhão em 2028, R\$ 2,9 bilhões em 2029, R\$ 4,2 bilhões em 2030, R\$ 4,5 bilhões em 2031 e R\$ 5 bilhões em 2032. (AGÊNCIA SENADO, 2024b)

Além disso, a lei vai permitir a concessão do crédito fiscal após concorrência de projetos de produção que serão beneficiados com uma espécie de subsídio para amortizar a diferença de preço entre o H2 e outras fontes de combustível. Para serem elegíveis, as empresas devem ser beneficiárias do Rehidro e os créditos devem ser decrescentes ao longo do tempo, com a priorização de projetos com menor intensidade de GEE's. Os beneficiados poderão usar os créditos obtidos para compensar valores a pagar de outros tributos federais ou, se não houver tributos a compensar, pedir ressarcimento. Caso o projeto não seja cumprido, pode ocorrer multa de até 20% do valor do crédito e será necessário ressarcir ou compensar os valores obtidos anteriormente. (AGÊNCIA SENADO, 2024b)

A aprovação das Leis 14.948 e 14.990 de 2024 demonstra o compromisso do Brasil com a TE, criando um ambiente regulatório favorável ao investimento e à inovação no setor de H2. Essas leis estabelecem um marco regulatório para o H2, com incentivos fiscais e um regime especial voltado à produção e infraestrutura de hidrogênio, reforçando a estratégia do país de se posicionar no mercado nacional e internacional de H2 e incentivando a cooperação entre diferentes atores públicos e privados. Esse conjunto de iniciativas impulsiona o Brasil na direção da consolidação de uma economia do H2, abrangendo não só políticas federais, mas também esforços estaduais, capacitação de mão de obra e uma regulação voltada à atração de investimentos. Esses elementos indicam que a política brasileira para o H2 é construída com uma visão abrangente e que reforça a liderança do país em energias renováveis e na TE, com o H2 como um dos vetores energéticos centrais nesse processo.



## 6.2 O HIDROGÊNIO NA POLÍTICA EXTERNA BRASILEIRA

Como afirmamos nos capítulos anteriores, a Política Externa Brasileira vem sendo direcionada para uma nova vertente de atuação, onde o H2 vem ganhando cada vez mais relevância nas ações e relações internacionais do país, criando uma política embrionária do que pode ser a nova “Diplomacia do Hidrogênio” do Brasil. Algumas das principais iniciativas na área de Meio Ambiente e de Energia já foram apresentadas, demonstrando a tentativa de Inserção Internacional do país a partir da ação ativa para direcionar os rumos da Transição Energética Justa (TEJ). No entanto, ainda existem ações específicas que não foram devidamente trabalhadas, que reforçam a proatividade do País.

Medeiros (2010), Ribeiro (2014) e Machado (2014) utilizam de uma estrutura similar para demonstrar em seus trabalhos como a energia, com ênfase no biocombustível, impactaram a política externa brasileira, direcionando ações internacionais que moldaram os rumos do país. As autoras aplicaram a conceituação dos Jogos de Dois Níveis de Putnam (2010) para demonstrar como os diferentes níveis de análise podem impactar a Política Externa, é isso que também estamos aplicando aqui. Além disso, um foco especial nas estruturas de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (CID) também é dado pelas autoras, especialmente Ribeiro (2014), que com base nos trabalhos de Milani (2012 e 2013) apresenta os principais marcos e ações do Brasil na CID para os Biocombustíveis. Além disso, o livro de Souza (2014) também é extremamente relevante para o entendimento teórico do que é a CID e das diferentes formas de cooperação e promoção do desenvolvimento, seja ela nas suas formas Norte-Sul, Sul-Sul, Bilateral, Triangular ou Multilateral, ou até de origem privada, pública, com foco financeiro, técnico, humanitário ou outros.

Ao analisar a bibliografia relacionada à CID do H2 no Brasil, podemos afirmar que ela é principalmente Bi lateral, com foco técnico e financeiro e com maior relação entre Brasil e países do Norte, ou seja, sendo uma CID Norte-Sul. As tecnologias de H2 e de produção de energias renováveis e células de combustível são predominantemente de origem de países desenvolvidos, como a Alemanha, Estados Unidos e Reino Unido (MME, 2023b). Com isso, o Brasil se propôs inicialmente a participar em iniciativas promovidas por esse países. O principal deles, e o motivo do recorte temporal da monografia, é a *International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy* (IPHE), que como afirmamos antes, foi fundada em 2003 pelos EUA. O Brasil é membro fundador dessa organização, e isso demonstra seu interesse em participar das primeiras iniciativas internacionais de H2.

Chantre *Et al.* (2023b) afirma que a entrada do Brasil na IPHE impulsionou novas iniciativas e motivou todos os avanços significativos do país no setor desde o início da década de 2000, como apresentamos na seção anterior. Além disso, originalmente, a representação oficial do Brasil na IPHE era de responsabilidade do MME, mas em 2017 ela foi transferida para o MCTI. Desde sua fundação ocorrem semestralmente reuniões entre os membros para atualizar as informações sobre o H2, aglutinando interesse e apoio do governo, da academia e da indústria no setor (EPE, 2021).

Isso fez com que, em 2010, o Brasil fosse reconhecido como líder internacional em projetos de PD&I sobre tecnologias de H2 na América Latina. Mas apesar dessa posição de liderança, os investimentos em H2 não foram suficientes na época para proporcionar o crescimento esperado desse vetor energético. Chantre *Et al.* (2023b) afirmam que Brasil investiu cerca de R\$ 135 milhões em projetos de hidrogênio entre 1999 e 2007, mas que este valor seria pouco se comparado a outros países, sendo quase 25% do investimento da Rússia, Índia e China, e 3% a 5% do Japão, União Europeia e Estados Unidos.

Outro importante fórum internacional que o Brasil faz parte é o *Carbon Sequestration Leadership Forum* (CSLF). Criado em 2003, ele é uma iniciativa internacional de alto nível ministerial focada no desenvolvimento de tecnologias mais eficazes e acessíveis para captura e armazenamento de carbono (CCS), buscando a redução de emissões de GEE's e o avanço dos objetivos climáticos globais. A missão do CSLF é facilitar o desenvolvimento e a implementação dessas tecnologias por meio de cooperação internacional, auxiliando contra desafios técnicos, econômicos e ambientais. O fórum também incentiva o desenvolvimento de ambientes regulatórios, legais e financeiros que suportem essas tecnologias. Entre os principais resultados, destacam-se projetos colaborativos e pesquisas em CCS que refletem as prioridades dos membros. O Brasil, como membro ativo do CSLF, contribui para o avanço dessas tecnologias, reforçando sua posição internacional. (CSLF, 2024)

Quando analisamos o eixo 6 do PNH2 (Cooperação Internacional) o próprio site do governo brasileiro destaca as principais iniciativas de cooperação no setor. Além disso, Oliveira (2022) e Chantre *Et al.* (2023b) também destacam algumas das iniciativas listadas e entre outras de grande importância.

Talvez umas das principais parcerias brasileiras no setor de Energia e H2 seja a Parceria Energética Brasil-Alemanha. O marco da parceria foi o “Acordo sobre Cooperação no setor de Energia”, aprovado pelo Congresso Nacional em dezembro de 2009, e ratificado pela Presidência da República, em março de 2012. Em 2017, a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH foi designada como secretariado da Parceria

Energética Brasil-Alemanha (MME, 2019). A parceria busca a criação de um sistema de energia mais sustentável, com enfoque na descarbonização e na transição para uma economia de baixo carbono ao longo do século XXI. Ela envolve o Ministério Federal da Economia e Energia (BMWi) da Alemanha e o Ministério de Minas e Energia (MME), o Ministério das Relações Exteriores (MRE) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do Brasil, buscando promover a troca de experiências e tecnologias para o desenvolvimento de fontes renováveis e a eficiência energética em ambos os países (Oliveira, 2022).

No centro dessa cooperação está o H2V, essencial para substituir combustíveis fósseis em diversos setores e que contribui para o cumprimento das metas climáticas de neutralidade de carbono. O estudo "Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro: Panorama Atual e Potenciais para o Hidrogênio Verde", publicado em 2021 e desenvolvido com apoio das entidades citadas, foi um dos principais resultados da parceria Brasil-Alemanha. Ele apresenta um panorama detalhado da indústria de H2 no Brasil, examinando a maturidade das tecnologias de H2V no país em comparação com as tecnologias utilizadas pelos outros países, além de incluir as percepções de mais de 100 atores do setor sobre as oportunidades e os desafios para o desenvolvimento da economia de H2 no Brasil (AHK RIO, 2021).

Além disso, a Alemanha, por meio da cooperação técnica da GIZ, está investindo em projetos como o H2Brasil, que visa consolidar as bases legais, institucionais e tecnológicas para o desenvolvimento de H2V no país. Este projeto é parte de uma ampla estratégia de estímulo econômico da Alemanha, que inclui um pacote de €9 bilhões para desenvolver a produção, armazenamento e transporte de hidrogênio, sendo €2 bilhões destinados a parcerias internacionais. O H2Brasil, em particular, foca em cinco áreas estratégicas: aprimoramento da estrutura regulatória, disseminação de conhecimento sobre o H2V, capacitação profissional, fomento a projetos inovadores e expansão do mercado, incluindo a previsão da construção de plantas-piloto de eletrólise (MME, 2021b). Além de fortalecer a economia local, essa cooperação tem como objetivo preparar o Brasil para ser exportador de H2 para a Europa, que tem grande demanda pelo energético para alcançar suas metas climáticas até 2050.

O H2Brasil conta ainda com os seguintes parceiros: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP), Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), empresas, universidades brasileiras e alemãs, empresas privadas e a Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha (AHK).

Com esses investimentos e estratégias, a cooperação Brasil-Alemanha se estabelece como uma parceria de referência no avanço das tecnologias de H2, não só promovendo a

inovação e a sustentabilidade no setor energético brasileiro, mas também contribuindo para a integração do país ao mercado internacional de H2. Essa parceria também reforça o compromisso de ambos os países com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e o Acordo de Paris, apontando para um futuro de descarbonização e cooperação global em tecnologias limpas (Oliveira, 2022; EPE, 2021).

Outra importante parceria é a cooperação brasileira com os EUA. O *U.S.-Brazil Energy Forum* (USBEP) é um fórum de cooperação energética bilateral entre os Estados Unidos e o Brasil, criado com o objetivo de fortalecer as relações no setor energético e promover investimentos sustentáveis em energia limpa. Inicialmente lançado em 2011 como um evento em Houston, Texas, o fórum reuniu líderes governamentais, incluindo a Agência Nacional de Petróleo (ANP) e a Petrobras, e representantes do setor privado e organizações internacionais para discutir comércio e investimentos em petróleo, gás e infraestrutura. Após alguns anos de interrupção, o USBEP foi relançado com uma agenda ampliada e passou a focar em áreas estratégicas para a transição energética (Oliveira, 2022; OIA, 2022).

Na segunda reunião ministerial em Washington, D.C., o fórum reafirmou o compromisso dos dois países com a cooperação energética, abrangendo temas técnicos, regulatórios e de políticas públicas. A colaboração foi estruturada em três áreas principais: Gestão de Carbono e Metano, Energia Nuclear Civil, e Energias Renováveis e Eficiência Energética, incluindo modernização de redes e armazenamento de energia. Nesse contexto, foram estabelecidas parcerias em tecnologias de captura e armazenamento de carbono, geração de energia nuclear e promoção de energias renováveis, especialmente H2 limpo, eólica offshore e combustíveis sustentáveis. (OIA, 2022)

Adicionalmente, foi criado o U.S.-Brazil Clean Energy Industry Dialogue (CEID), um fórum público-privado liderado por indústrias dos dois países para avançar em cinco frentes: hidrogênio limpo, eólica offshore, modernização de redes e armazenamento, combustíveis sustentáveis e gestão de carbono e metano. Juntos, o USBEP e o CEID representam um compromisso abrangente e colaborativo, com o objetivo de enfrentar os desafios de segurança energética e promover o desenvolvimento sustentável nos Estados Unidos, Brasil e em seus parceiros globais. (OIA, 2022).

Oliveira (2022) apresenta também a Cooperação Brasil-Índia em Energias Renováveis, apresentando a assinatura do Memorando de Entendimento entre a República da Índia e a República Federativa do Brasil sobre Cooperação em Bioenergia, Pesquisa e Desenvolvimento em energias renováveis e no campo de biocombustíveis, essa parceria também aparece no site do eixo 6 do PNH2 (MME, 2024c).

No entanto, ainda são escassas as informações sobre uma cooperação específica em hidrogênio, possivelmente devido ao foco da parceria no uso da bioenergia como uma rota viável. Isso é reforçado pela Declaração Conjunta sobre Biocombustíveis e Combustíveis de Aviação Sustentáveis (SAF), assinada em 2024 entre Brasil e Índia (MME, 2024d). Além da bioenergia, o fortalecimento da parceria entre os dois países no setor energético se consolidou com uma recente declaração conjunta publicada pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em setembro de 2024. Durante a visita oficial do Ministro do Petróleo e Gás Natural da Índia, Hardeep S. Puri, ao Brasil, ambos os países reafirmaram o compromisso de enfrentar juntos os desafios globais de energia e sustentabilidade.

Esse acordo fortalece a cooperação em áreas como exploração de petróleo e gás, biocombustíveis e combustíveis sustentáveis, com especial atenção ao desenvolvimento de SAF, como parte da transição para uma aviação de baixo carbono. Além disso, Brasil e Índia se comprometeram a iniciar diálogos para cooperação em minerais críticos e suas cadeias de valor, assim como a promover iniciativas que podem expandir a infraestrutura energética de ambos os países, com potencial para ampliar a produção de etanol e biodiesel e fortalecer a infraestrutura de biocombustíveis de segunda geração (MME, 2024d).

Além disso, Oliveira (2022) também afirma que a *Brics Energy Research Cooperation Platform*, organizada pela Presidência da Índia nos BRICS em 2021, representa a intenção dos países membros em desenvolver a economia de baixo carbono. Durante os dias 20 e 21 de maio de 2021 ocorreu a Primeira Reunião de Altos Funcionários de Energia do BRICS, assim como um Simpósio sobre a promoção de energia renovável nas cidades dos países membros

Outra iniciativa importante dos BRICS que destaca o compromisso do Brasil com o H<sub>2</sub> e a TE é a Declaração de Nova Delhi, emitida durante a XIII Cúpula do grupo. Nessa declaração, Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul concordaram, no ponto 47, sobre a importância do uso sustentável e eficiente de fontes de energia, incluindo combustíveis fósseis, hidrogênio, energia nuclear e renováveis, além de promover a eficiência energética e a adoção de tecnologias essenciais para as transições energéticas de cada país. Os membros afirmam que esses esforços são fundamentais para construir sistemas energéticos confiáveis e fortalecer a segurança energética. E reconhecem também a cooperação prática em andamento no âmbito da Plataforma de Cooperação para a Pesquisa Energética dos BRICS (PCPE) com destaque para o Relatório de Tecnologia de Energia do BRICS 2021. (MRE, 2021b)

Outra iniciativa de cooperação presente no Eixo 6 do PNH<sub>2</sub> é a *Green Hydrogen Organization* (GH<sub>2</sub>). A GH<sub>2</sub> é uma fundação sem fins lucrativos baseada na Suíça. Sua missão é acelerar a produção e o uso do H<sub>2</sub>V em setores críticos, como o aço, cimento,

fertilizantes, transporte marítimo e aviação, que ainda têm desafios para reduzir suas emissões de carbono. A GH2 concentra-se em três áreas prioritárias: a Carta Global do Hidrogênio Verde, o Plano Global de Desenvolvimento do Hidrogênio Verde e uma mesa redonda de CEOs para promover o setor. Esses esforços visam estabelecer padrões e uma estrutura regulatória para o H2V, além de mobilizar investimentos e promover o uso do H2 como uma solução de longo prazo para a transição energética. No site da H2V existe uma aba sobre o Brasil, apresentando as capacidades do país nos rumos da Economia do H2 (GH2, 2024).

Já em 2021, o Brasil co-liderou o Diálogo de Alto Nível das Nações Unidas sobre Energia, e apresentou a proposta do Pacto Energético sobre Hidrogênio e do Pacto Energético sobre Biocombustíveis. Os pactos energéticos são compromissos voluntários que visam a acelerar o cumprimento das metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7), que trata do acesso universal a energias limpas.

Segundo Oliveira (2022), o Pacto Energético Brasileiro sobre Biocombustíveis visa a redução da intensidade de carbono na matriz de transportes brasileira em 10% até 2030. O programa RenovaBio estabeleceu o primeiro mercado de crédito de carbonos em operação no Brasil, pelo qual os distribuidores de combustível devem comprar créditos de descarbonização por biocombustíveis (CBIOs), para cumprirem suas metas de descarbonização.

Já o Pacto Energético sobre Hidrogênio tem como principal objetivo impulsionar o desenvolvimento da indústria e do mercado de H2 no Brasil, promovendo uma base sólida de conhecimento sobre esse vetor energético. A iniciativa está estruturada em três pilares fundamentais: i) fomento às políticas de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I); ii) capacitação e treinamento de profissionais; e iii) criação de uma plataforma digital voltada à consolidação e disseminação de informações sobre o H2 no País (Brasil, 2021a). Para alcançar esses objetivos, o pacto direciona recursos para políticas de PD&I, além de buscar fortalecer a qualificação técnica na área e disponibilizar dados integrados sobre o setor de H2. Além do governo, grandes empresas brasileiras, como a Itaipu Binacional, estão ativamente envolvidas nas discussões do Diálogo de Alto Nível das Nações Unidas sobre Energia e consideram adotar pactos próprios (EPE, 2021; Oliveira, 2022).

Outra importante iniciativa que o Brasil faz parte é a *Clean Energy Ministerial Hydrogen Initiative* (CEM H2I). Ela é uma iniciativa multigovernamental lançada em 2019 durante o 10º Encontro Ministerial de Energia Limpa (CEM10) em Vancouver. Criada para acelerar o papel do H2 e das tecnologias de célula a combustível na transição para uma economia global de baixo carbono, a CEM H2I visa promover a colaboração entre os países

para desenvolver políticas, programas e projetos que avancem a comercialização do hidrogênio em múltiplos setores da economia (IEA, 2024c).

Com a participação de 23 governos, incluindo Austrália, Brasil, Canadá, China, União Europeia e Estados Unidos, a CEM H2I é coordenada pela Agência Internacional de Energia (IEA). Essa iniciativa internacional é estruturada de maneira voluntária e conta com acordos não vinculantes entre os ministérios de energia dos países participantes. Assim como em outras iniciativas, os membros da CEM H2I buscam superar desafios técnicos, econômicos e regulatórios que dificultam a implementação do H2. Seus principais focos são: (1) Descarbonização de Aplicações Industriais; (2) Mobilidade e Transporte; e (3) Comunidades Energéticas e Sistemas de Energia Regionalizados. Para implementar essas estratégias, a CEM H2I desenvolve uma série de projetos, como: (1) Metas Globais para o Hidrogênio; (2) Coalizão Global de Portos; (3) Iniciativa H2 Twin Cities; (4) Certificação de Hidrogênio e (5) Hidrogênio no Setor Marítimo (IEA, 2024c).

Além disso, a CEM H2I colabora com parceiros como o *Hydrogen Council*, o Fórum Econômico Mundial e o programa *Mission Innovation*, que também têm contribuído para o avanço das tecnologias de H2. Esse esforço colaborativo procura transformar o H2 em um recurso energético competitivo, acessível e sustentável, apoiando, assim, o desenvolvimento de uma economia mais verde e resistente às mudanças climáticas (IEA, 2024c).

Vale destacar também que o Brasil é membro do *Mission Innovation* (MI), uma iniciativa global que visa catalisar ações e investimentos em pesquisa, desenvolvimento e demonstração para tornar a energia limpa acessível, atraente e disponível para todos. Esse esforço pode acelerar o progresso em direção às metas do Acordo de Paris para a neutralidade de carbono. A *Mission Innovation* envolve Ministros de Energia e de outros setores fundamentais para a inovação em energia limpa, que estabelecem prioridades para os esforços da iniciativa e se reúnem anualmente no Encontro Ministerial da MI. Nesse evento, é possível avaliar o progresso e discutir com o setor privado e atores internacionais como acelerar a inovação e levar tecnologias de energia limpa e acessível ao mercado (MI, 2024).

A reunião anual da *Clean Energy Ministerial* (CEM15) e da *Mission Innovation* (MI-9) ocorreu de 1 a 4 de outubro de 2024, em Foz do Iguaçu, Paraná, em paralelo às sessões do Grupo de Trabalho de Transições Energéticas (ETWG) do G20. O evento reuniu líderes das maiores economias globais durante a presidência brasileira do G20. Ao longo de quatro dias, foram realizados diversos anúncios e ações que reforçaram os esforços de liderança do Brasil para a TE global, especialmente na promoção do H2 como vetor de descarbonização (MME, 2024e).

No ETWG foi aprovada uma declaração conjunta estabelecendo compromissos de triplicar a capacidade global de energias renováveis até 2030 e dobrar a taxa de eficiência energética. Este consenso foi o primeiro desde 2021 e marca um avanço alcançado após três anos de negociações estagnadas. O documento liderado pelo MME defende a importância da cooperação internacional para acelerar a TEJ (MME, 2024f). Para viabilizar isso, o Brasil incentivou o uso de tecnologias de zero e baixa emissão, como a captura de carbono e o H2. Segundo o ministro Silveira, o consenso alcançado reflete a diplomacia e o comprometimento brasileiro em mobilizar o G20 em torno de ações concretas para a TEJ (MME, 2024f).

Na CEM15 e MI-9, realizadas paralelamente ao G20, o Brasil também consolidou-se como uma liderança ao direcionar a assinatura de outra declaração inédita de compromissos dos países para uma TEJ. Este documento, o primeiro do tipo em 15 anos, comprometeu os países membros a acelerarem o desenvolvimento de “combustíveis do futuro”, como o H2, o diesel verde e o combustível de aviação sustentável (SAF). Além disso, o Brasil lançou também o Plano de Ação para Combustíveis do Futuro, uma iniciativa que se tornará prioridade nas discussões da COP30, e destacou sua intenção de fazer do H2 um pilar de sua política energética. Nesse sentido, foram impulsionados compromissos de investimento no valor de 20 bilhões de dólares para apoiar o desenvolvimento de tecnologias e infraestruturas relacionadas à TE, especialmente o H2 (MME, 2024g).

Reforçando seu protagonismo, o Brasil foi nomeado co-presidente do Fórum de Comércio Internacional de Hidrogênio para o ano de 2025, reconhecendo o avanço das políticas públicas brasileiras no setor. Essa liderança permite ao Brasil influenciar o mercado internacional de H2, estabelecendo diretrizes que facilitem o comércio e investimentos em H2. Além disso, o Brasil ingressou na Missão Transições Urbanas, uma iniciativa que mobiliza diversos atores para promover caminhos sustentáveis para as cidades. O compromisso com a Missão Urbanas, alinhado aos princípios da TEJ demonstra o empenho em liderar uma transição que englobe não apenas inovações energéticas, mas também a integração de práticas de sustentabilidade no planejamento urbano e social. Por fim, o Brasil aderiu à Iniciativa de Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS), promovida pelo *Clean Energy Ministerial*. Isso amplia o papel do Brasil no cenário e fortalece parcerias estratégicas em tecnologia e inovação com países como Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos, como já vínhamos apresentando anteriormente. (MME, 2024g)

Em setembro de 2024, a EPE também oficializou sua adesão ao Programa de Colaboração Tecnológica em Hidrogênio (Hydrogen TCP) da IEA, assumindo o papel de representante oficial do Brasil na iniciativa, juntamente com o MME e o MRE. Esse programa



reúne especialistas e instituições de diversos países para impulsionar o desenvolvimento da indústria de H2, abordando aspectos como rotas de produção, aplicações e regulamentação. Com essa participação, a EPE fortalece seu papel no suporte a políticas públicas e no desenvolvimento do mercado energético brasileiro, promovendo a visão brasileira em discussões internacionais e ampliando o acesso a inovações na cadeia de H2 (EPE, 2024d).

Retornando na temática da cooperação bilateral, podemos destacar a cooperação entre Brasil e Reino Unido no setor de H2, que inclusive ainda não está presente no site do PNH2. Durante a COP28 em Dubai foi estabelecido o “Hub de Hidrogênio Brasil-Reino Unido”. A iniciativa, formalizada pelo ministro brasileiro de Minas e Energia, Alexandre Silveira, e pela secretária de Segurança Energética e Emissões Zero do Reino Unido, Claire Coutinho, promove a criação de uma plataforma estratégica e multilateral de colaboração. O objetivo é promover o desenvolvimento do H2 de baixa emissão por meio de um ecossistema que incentiva a inovação, fortalece as capacidades regulatórias e facilita investimentos. Esse esforço prepara o Brasil para assumir a liderança em discussões globais de energia, como a presidência da COP30 e do G20 2024, ao mesmo tempo em que impulsiona uma economia sustentável com potencial para atrair investimentos e criar empregos (MME, 2024h)

Essa iniciativa já teve resultados, o governo brasileiro, junto com a ONU e a Embaixada Britânica, lançou uma chamada pública para selecionar projetos de hubs de H2 focados na descarbonização industrial, integrando recursos de R\$6 bilhões por meio do *Climate Investment Funds* (CIF). Esse financiamento apoia a TE em setores de difícil abatimento, oferecendo suporte desde a fase de engenharia até a implementação de projetos industriais. Implementado pelo MME e pelo Departamento de Segurança Energética do Reino Unido, e coordenado pela ONU, esse esforço colaborativo marca um avanço significativo na economia do H2, com potencial para catalisar investimentos verdes e posicionar o Brasil no cenário energético global (MME, 2024i).

Por fim, é importante destacar os últimos 2 discursos do Brasil na Abertura da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (AG-ONU). Durante a 78ª Sessão da AG-ONU ocorrida no dia 19 de setembro de 2023 em Nova York, o presidente Lula destacou a importância do país para a Transição Energética e apresentou pela primeira vez em discurso o potencial do país na produção de H2. Isso se repetiu em 24 de setembro de 2024 na 79ª Sessão da AG-ONU, onde foi reafirmado o papel do Brasil na produção de Hidrogênio, Bioenergia e de influenciar os rumos na Transição Energética Justa com uma das matrizes elétricas e energéticas mais limpas do mundo auxiliando também na descarbonização econômica de outros países (MRE, 2023c; 2024b).

### 6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Podemos afirmar, que o Brasil se encontra em um momento crucial para consolidar sua posição no cenário energético global, com o H2 emergindo como um vetor estratégico tanto na sua política interna quanto para sua projeção internacional. Ao longo deste capítulo, discutimos as principais ações adotadas pelo país para integrar o H2 na sua transição para uma economia de baixo carbono, demonstrando seu interesse desde o final da década de 1990 até a criação de marcos regulatórios efetivos, como as Leis 14.948 e 14.990, a oficialização do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), assim como as outras políticas implementadas. Além de promover investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), essas iniciativas articulam uma infraestrutura necessária para ampliar a produção nacional de H2, consolidando uma base que poderá posicionar o Brasil como um dos maiores produtores globais de hidrogênio verde ou de baixo carbono.

Em âmbito interno, destacam-se os avanços na criação de hubs de H2V, como os projetos nos portos de Pecém, Suape e Açú, que integram parcerias entre diferentes atores para viabilizar a produção e exportação de H2. Essas infraestruturas, combinadas com a abundância de recursos renováveis do Brasil, possibilitam não apenas a redução das emissões de GEE's do país, mas também favorecem sua liderança internacional. No entanto, para expandir esses esforços, o Brasil precisará superar desafios consideráveis, como a necessidade de padronização regulatória para transporte e armazenamento de hidrogênio e o alto custo das tecnologias de produção, que ainda limitam a competitividade do H2.

Na política internacional, o H2 direciona a Política Externa Brasileira para uma nova vertente de atuação, a chamada "diplomacia do hidrogênio", o que corrobora com a hipótese proposta no trabalho. A participação ativa em fóruns e parcerias multilaterais, como o *International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy* (IPHE), o *Carbon Sequestration Leadership Forum* (CSLF), e o *Clean Energy Ministerial Hydrogen Initiative* (CEM H2I), demonstra o comprometimento do país com a promoção do H2 como importante vetor energético e amplia sua influência na governança ambiental global. Além disso, tanto os resultados preliminares no Grupo de Trabalho de Transição Energética do G20, quanto os rumos das negociações dos BRICS demonstram o interesse do Brasil de promover a cooperação em H2 como uma alternativa para a Transição Energética Justa, fortalecendo o combate às mudanças climáticas de forma mais equitativa.

Além disso, os diálogos bilaterais estratégicos com Alemanha, Estados Unidos e Reino Unido, reforçam a posição brasileira como um polo exportador para mercados

altamente demandantes, como dos países da União Europeia, que veem no hidrogênio uma alternativa central para atingir suas metas climáticas e assegurar sua segurança energética.

Apesar dos avanços, o Brasil ainda enfrenta desafios importantes na construção da economia de H<sub>2</sub>. Vale destacar a influência política de setores e grupos de interesse, como do etanol, que podem dificultar esse desenvolvimento, isso ocorreu por exemplo na aprovação dos parâmetros das Leis 14.948 e 14.990, onde o H<sub>2</sub> de baixa emissão do Brasil, possui um teto de poluição (7 kgCO<sub>2</sub>eq/kgH<sub>2</sub>) bem superior dos países interessados na importação, como União Europeia (4,4) e Alemanha (2,8).

A implementação de uma infraestrutura nacional de H<sub>2</sub>, especialmente em estados com elevado potencial de geração renovável, demanda um volume expressivo de investimentos contínuos em inovação tecnológica, capacitação de mão de obra especializada e criação de normas de segurança e transporte. Nesse contexto, a criação de hubs e a ampliação de projetos são essenciais para demonstrar que o H<sub>2</sub> é uma alternativa economicamente viável, ambientalmente prudente e socialmente positiva. O Brasil vem desenvolvendo as bases para consolidar isso, mas será necessário garantir políticas públicas de longo prazo.

A participação da sociedade civil e da academia também desempenha um papel central, tanto para a qualificação de recursos humanos quanto para o avanço em pesquisas e inovação. A criação de uma base de conhecimento técnico científica robusta no Brasil possibilita não só a expansão da produção de H<sub>2</sub>, como também a geração de tecnologias próprias que podem ser adaptadas e utilizadas com países parceiros. Assim, o Brasil pode fortalecer também uma cooperação Sul-Sul no futuro, semelhante à cooperação historicamente estabelecida para os biocombustíveis, promovendo o H<sub>2</sub> como uma alternativa inclusiva para o Sul Global, inclusive isso já vem acontecendo no âmbito dos BRICS, como apresentamos no capítulo.

Dessa forma, o desenvolvimento de uma economia de H<sub>2</sub> no Brasil representa um compromisso concreto com a Transição Energética Justa, ao mesmo tempo em que projeta uma nova fase para a diplomacia brasileira no Sistema Internacional. A diplomacia do hidrogênio surge como uma estratégia de inserção internacional que integra os esforços nacionais de descarbonização com um discurso de liderança ambiental. Com uma rede de parcerias internacionais e uma estrutura regulatória progressiva, o Brasil se posiciona como protagonista na governança ambiental global, aproveitando as oportunidades geradas pelos desafios da crise climática para promover crescimento econômico com inclusão social e pode fortalecer a preservação ambiental com os ganhos obtidos.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho investigou o papel do Hidrogênio (H<sub>2</sub>) como um elemento estratégico para a Transição Energética Justa na Política Externa Brasileira entre 2003 e 2024, analisando sua relevância para a inserção internacional do Brasil nas agendas globais de Transição Energética e Desenvolvimento Sustentável. A pesquisa explorou como o H<sub>2</sub> se destaca não só como um recurso energético inovador que possibilita a transição dos combustíveis fósseis para uma realidade neutra ou com zero carbono e com impacto em importantes setores econômicos, mas também como um elemento com impacto direto na diplomacia dos países e na política internacional. Sob essa perspectiva, o estudo aprofundou-se nas implicações do H<sub>2</sub> para a Política Externa Brasileira e na possibilidade de formação de uma nova vertente de atuação do país, voltada à cooperação energética e climática que promova sua liderança.

Com o objetivo geral de analisar a adoção do H<sub>2</sub> como elemento estratégico na Política Externa Brasileira para a Transição Energética Justa, a pesquisa buscou compreender de que modo essa integração poderia transformar o papel do Brasil no cenário internacional. Dessa forma, a questão motivadora da pesquisa foi: “De que forma o hidrogênio é promovido como um elemento para a transição energética justa na política externa brasileira de 2003 a 2024?”. Assim, a investigação foi orientada na análise do H<sub>2</sub> ao longo desse período, sendo adotado como uma solução promissora para a descarbonização da economia e com grande impacto na geopolítica energética contemporânea. Ou seja, possivelmente possibilitando a ampliação das disputas geopolíticas, mas principalmente fortalecendo a cooperação entre os atores, além de promover maior Justiça Climática e Segurança Energética no processo.

Para poder desenvolver o tema, foram elaborados 5 objetivos específicos que foram cumpridos e atendidos ao longo do projeto. O primeiro objetivo era definir o conceito de Transição Energética Justa e ele foi trabalhado durante o primeiro capítulo. Dessa forma, no capítulo 1, apresentamos a construção do que é Transição Energética Justa com base em outros conceitos fundamentais, como Transição Energética, Desenvolvimento Sustentável, Segurança Energética e Justiça climática. Assim, ela foi apresentada como a necessidade de uma mudança dos sistemas de energia de forma a garantir não apenas a redução de GEE's, mas também a equidade social e o desenvolvimento econômico. Além disso, envolve a garantia de que as fontes renováveis sejam confiáveis, resilientes e acessíveis, e que seus custos e benefícios sejam distribuídos de maneira equitativa, especialmente para os mais vulneráveis.

Ainda no primeiro capítulo, apresentamos a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento da análise proposta nos capítulos seguintes. Assim, a partir de uma perspectiva construtivista foi possível compreender como as ideias, identidades, interesses e normas internacionais influenciam e são influenciadas pelos Estados, especialmente na formulação de novas agendas, como é o caso da TEJ. A Análise de Política Externa a partir dos Jogos de Dois Níveis foi apresentada no primeiro e utilizada ao longo de quase todos os capítulos da monografia, onde buscou-se analisar tanto as interações que moldam a política internacional quanto o impacto e influência interna de diferentes grupos, temas e governos.

Também foi apresentado o Acumulado Histórico da Diplomacia Brasileira assim como os Padrões de Conduta do Brasil e a Análise Paradigmática de Amado Cervo. Reforça-se que através da análise realizada, percebe-se que o Estado brasileiro se mantém a partir da perspectiva do Estado Logístico, e seguindo padrões de conduta como o multilateralismo, a ação externa cooperativa, parcerias estratégicas e, principalmente, Desenvolvimento como vetor. A Cooperação Internacional para o Desenvolvimento também foi apresentada como mecanismo essencial para promover alternativas mais equitativas e sua importância foi reafirmada no último capítulo.

Por fim, as lacunas encontradas na não-definição de Política Externa Ambiental e Política Externa Energética foram apresentadas no primeiro capítulo no intuito de direcionar novas pesquisas, partindo do pressuposto que isso pode desenvolver ainda mais os estudos teóricos e práticos sobre Análise de Política Externa no campo das Relações Internacionais.

O segundo objetivo específico era descrever as características ambientais do Brasil em relação à Transição Energética Justa. Assim, o capítulo 2 focou na participação do Brasil na Governança Ambiental Global, apresentando a trajetória do Brasil e de seus governos nos principais fóruns e tratados climáticos internacionais, como a Conferência de Estocolmo, a Rio 92, a Rio+10, a Rio+20, assim como o Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris. Foi possível identificar a mudança de uma visão desenvolvimentista nos anos 1970 para um paradigma voltado para o Desenvolvimento Sustentável, habilitando o Brasil como um protagonista historicamente empenhado na agenda ambiental.

No entanto, o impacto de grupos de interesse e as mudanças de governo refletiram na alteração da postura do país, que iniciando no governo Dilma, mas principalmente durante os Governos Temer e Bolsonaro afastaram-se ao máximo da pauta ambiental e posicionaram o país como um “pária internacional”. Esses avanços e retrocessos podem continuar ocorrendo no futuro, dificultando o desenvolvimento de agendas como o Desenvolvimento Sustentável e a Transição Energética. No entanto, atualmente no terceiro governo Lula, importantes

políticas estão sendo implementadas ou retomadas, como o Plano de Transformação Ecológica, o Programa de Aceleração do Crescimento, o Plano de Ação para Preservação e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, o Comitê Interministerial de Mudança do Clima, o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima e entre outros.

Além disso, foram retomadas diversas iniciativas internacionais pautadas na sustentabilidade, como o retorno do Fundo Amazônia e o fortalecimento das relações bilaterais com Noruega, Alemanha, EUA, Reino Unido, União Europeia e China. Reforça-se também as iniciativas multilaterais, como o Consenso de Brasília com os países Sul-Americanos, a presidência do Brasil no G20, sob o lema “Construindo um mundo justo e um planeta sustentável” e a futura presidência brasileira dos BRICS em 2025, com o lema “Fortalecendo a Cooperação do Sul Global para uma Governança mais Inclusiva e Sustentável”. Por fim, reforçou-se que os setores de energia e indústria representam menos de 25% das emissões de GEE’s do país, que além de ter a capacidade de zerar isso totalmente devido a abundância de renováveis, pode também facilitar a Transição Energética em outros países e utilizar os ganhos obtidos para financiar a sustentabilidade em outros setores.

O terceiro objetivo específico era analisar o histórico de atuação do Brasil em relação à energia. Assim, no Capítulo 3, analisamos a evolução do cenário energético global e alguns dos principais eixos de desenvolvimento da política energética brasileira, e como elas favoreceram sua auto suficiência energética. A análise evidenciou como o Brasil encontra-se em uma posição extremamente favorável em relação à transição Energética, visto que apresenta uma matriz elétrica 89% renovável e uma matriz energética com quase 50% de fontes limpas, superando a média global, a média dos países da OCDE e posicionando o país como uma das matrizes mais renováveis do G20.

Além disso, foi observado a gigante abundância de recursos energéticos que o país possui capacidade de produzir até 2050. Onde, apesar da demanda poder ser de 15 bilhões de Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP), a oferta de produção pode chegar a 280 bilhões TEP, sendo destes, quase 260 bilhões TEP de origem renovável, demonstrando que mesmo que fontes poluentes fossem totalmente consumidas ou não mais utilizadas, o excedente ainda possibilitaria a autossuficiência e a possibilidade de transformar o Brasil em um exportador líquido de energias limpas, provavelmente, a partir de biocombustíveis e hidrogênio. É importante destacar que isso é uma projeção, e diversos desafios podem ser impostos no caminho, como a própria viabilidade econômica ou técnica dos projetos energéticos, assim como desdobramentos regulatórios, impactos socioambientais e interesse dos governos e empresas, mas também representa o direcionamento para um futuro sustentável.

Outro relevante destaque é a 13ª posição do Brasil no *Energy Transition Index* do Fórum Econômico Mundial, sendo classificado em primeiro lugar entre os países em desenvolvimento e em todo o continente americano. O índice, que avalia o desempenho do sistema energético e preparo do país para a transição, demonstra como o país está bem posicionado na promoção da Transição Energética Justa. Isso fica ainda mais evidente com o lançamento da Política Nacional de Transição Energética e do programa Combustível do Futuro, onde são projetados mais de 3,26 trilhões de investimentos nos próximos anos, gerando até 3 milhões de novos empregos e reduzindo em 705 milhões de toneladas de GEE's. Além da promoção de tecnologias inovadoras para a descarbonização, entre elas o hidrogênio, essas políticas têm forte componente social, priorizando a integração com outros setores econômicos, desenvolvendo iniciativas locais e criando espaços de diálogo com a sociedade, como o Fórum Nacional de Transição Energética. Assim, promovendo a construção coletiva e democrática da transição energética, sendo mais equitativa e justa.

O quarto objetivo específico era compreender a importância do Hidrogênio para a Transição Energética. Dessa forma, o Capítulo 4 discutiu a evolução do uso e o impacto do hidrogênio na geopolítica energética. Assim, ele pode ser considerado uma alternativa energética estratégica, evidenciando suas vantagens como substituto dos combustíveis fósseis e de seus derivados. Além disso, foi apresentado o seu “arco-íris” de possibilidades, onde cada rota de produção está relacionada a uma cor e à intensidade de poluição emitida. Além do geológico, do turquesa e das diversas outras cores, podemos destacar o hidrogênio verde como o mais limpo deles e a principal alternativa para a descarbonização, apesar do ainda elevado custo, temos também o Hidrogênio azul como um “intermediário” controverso e o cinza que é o mais poluente e financeiramente atrativo atualmente.

Além disso, foi destacado no quarto capítulo que o hidrogênio não é apenas uma alternativa energética, mas também um fator transformador da política internacional. Observamos que o H<sub>2</sub> pode ter grande impacto na geopolítica energética contemporânea, onde mais de 60 governos já estão implementando políticas e estratégias de H<sub>2</sub>, o que poderia criar um novo ciclo de competição ou uma interdependência com cooperação mais equitativa alinhada às metas globais de descarbonização. Isso ocorre, pois, como vimos durante o capítulo, podem existir diversas rotas de produção de H<sub>2</sub>, que podem ser tanto neutras em GEE's ou extremamente poluente, onde cada país pode adotar uma rota específica para favorecer sua realidade nacional. A própria tecnologia para o Hidrogênio verde, que por exemplo é extremamente valorizado na Europa, pode criar uma nova relação de subordinação e exploração entre os países, onde os detentores das patentes tecnologias favorecem um novo

ciclo vicioso, onde um país exporta a tecnologia de alto valor agregado e quem utiliza essa energia se torna um exportador de uma nova commodity energética.

Por outro lado, os principais países interessados são aqueles com menor capacidade de produção de H<sub>2</sub> e estão financiando e promovendo a cooperação e o desenvolvimento de países terceiros. Essa relação pode ser benéfica para todos os envolvidos, onde países que antes não tinham autossuficiência energética e dependiam de combustíveis fósseis podem se tornar os principais produtores de combustíveis limpos, como os países latino-americanos. O surgimento de diversos fóruns e parcerias de cooperação e promoção do H<sub>2</sub>, como a IPHE, o *Hydrogen Council*, os projetos da IRENA e da IEA, assim como a H2LAC, corroboram com essa ideia, onde ocorre um efeito de transbordamento de conhecimentos na área, ajudando a avançar na curva de aprendizagem e favorecendo o uso de um energético ambientalmente prudente, ao mesmo tempo que promove uma alteração nas capacidades dos Estados do SI.

Finalmente, o quinto e último objetivo específico era examinar as estratégias adotadas pelo Brasil de 2003 a 2024 em relação ao Hidrogênio para a Transição Energética Justa. Assim, o Capítulo 5 abordou tanto as iniciativas internas quanto às estratégias internacionais adotadas pelo Brasil no período para promover o hidrogênio como um elemento viabilizador da Transição Energética Justa. Observamos que, internamente, as primeiras discussões sobre o uso de H<sub>2</sub> começaram no final da década de 1990, onde o Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio foi criado em 1998 e o Programa Brasileiro de Células a Combustível, posteriormente renomeado para Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio, foi criado em 2002. O MME elaborou em 2005 o “Roteiro para Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil” e em 2010 o “Hidrogênio energético no Brasil: Subsídios para políticas de competitividade: 2010-2025”, apresentando as possíveis estratégias para desenvolver o H<sub>2</sub> no Brasil. No entanto, com a descoberta do pré-sal em 2006, ocorreu um esvaziamento nos interesses de desenvolvimento do H<sub>2</sub> no Brasil, onde, mesmo que projetos de pesquisa e desenvolvimento do setor tenham sido desenvolvidos, não avançaram suficientemente.

Com a criação da Associação Brasileira do Hidrogênio (ABH<sub>2</sub>) em 2017 e o maior interesse das empresas e atores internacionais em promover o H<sub>2</sub>, foi publicado em 2020 o Plano Nacional de Energia 2050, onde o H<sub>2</sub> é destacado como uma das principais tecnologias disruptivas para promover a descarbonização de diversos setores. Em 2021 foi criada a Frente Parlamentar de Energia Renovável com foco na TE, com o H<sub>2</sub> inserido, assim como importantes resoluções e documentos estratégicos foram publicados, como as Resolução nº 2 e 6 2021 do CNPE, as "Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio"



publicado pela EPE, e a resolução nº 6/2022 que oficializou o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2). Além disso, em 2023 foi publicado o Plano de Trabalho Trienal 2023-2025 do PNH2, onde foram apresentadas as prioridades do Brasil para o H2. No plano, foram elaborados 3 marcos temporais, onde, até 2025, pretende-se disseminar plantas piloto de H2 de baixo carbono em todas as regiões do país, até 2030, consolidar o Brasil como o país com o menor custo de produção de H2 de baixa emissão do mundo, e até 2035, consolidar polos (hubs) de H2 de baixa emissão no Brasil para criação em escala que supra a indústria nacional e permita a exportação.

Em 2024 foram publicadas as principais regulamentações do H2, as Leis 14.948 e 14.990 que criam a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, o Programa Nacional do Hidrogênio, o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, o Sistema Brasileiro de Certificação do Hidrogênio; e o Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono. Essas leis promovem o arcabouço necessário para viabilizar a Economia de H2 no Brasil, inclusive, totalizando 18,3 bilhões de crédito fiscal até 2032. No entanto, elas não foram excluídas de controvérsias, por exemplo, definindo que o H2 de baixa emissão de carbono do Brasil deve ter durante seu processo produtivo um coeficiente inicial menor ou igual a 7 quilos de dióxido de carbono (7 kgCO<sub>2</sub>eq/kgH<sub>2</sub>), que em comparação com a regulamentação da União Europeia é 4,4 quilos e, especificamente da Alemanha, 2,8 quilos. Isso foi feito principalmente devido ao lobby dos produtores de etanol, e representa que o h2 brasileiro pode chegar a um “teto” que não é tão de baixa emissão de GEE’s.

Já no nível internacional, justificando o recorte temporal proposto da análise, o Brasil é membro fundador desde 2003, da IPHE, uma das mais antigas e importantes iniciativas de H2, representando desde esse período um interesse em desenvolver o H2 e participar ativamente nos rumos desse energético. Além disso, ao longo da segunda metade do capítulo 5 apresentamos diversas outras iniciativas multilaterais que o país integra, como a Carbon Sequestration Leadership Forum em 2003, a *Green Hydrogen Organization*, a *Clean Energy Ministerial Hydrogen Initiative*, a *Mission Innovation* e o Programa de Colaboração Tecnológica em Hidrogênio (Hydrogen TCP) da IEA. Destaca-se também a atuação do Brasil na reunião anual da *Clean Energy Ministerial* (CEM15) e da *Mission Innovation* (MI-9) que ocorreu dos dias 1 a 4 de outubro de 2024, em Foz do Iguaçu, onde o Brasil conseguiu construir um consenso em torno de uma declaração inédita que não ocorria a 15 anos onde os países membros declararam compromisso com uma TEJ, e em desenvolver os “combustíveis do futuro”, como o H2, o diesel verde e o combustível de aviação sustentável (SAF).

Além disso, uma das principais parcerias estratégicas do Brasil na área de H2 é a Parceria Energética Brasil-Alemanha, onde o "Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro: Panorama Atual e Potenciais para o Hidrogênio Verde" foi um dos principais resultados, assim como o projeto H2Brasil. Outra importante parceria é com os EUA, através do *U.S.-Brazil Energy Forum* e o *U.S.-Brazil Clean Energy Industry Dialogue*. Existe também a Parceria com o Reino Unido, firmada na COP28 em Dubai em 2023 quando foi estabelecido o "Hub de Hidrogênio Brasil-Reino Unido", resultando em projetos de cooperação que integram recursos de R\$6 bilhões para a implementação de projetos de H2.s.

Outra importante parceria é a Cooperação Brasil-Índia em Energias Renováveis, com foco em bioenergia e pesquisa e desenvolvimento de outros energéticos, como o H2. Essa relação com a Índia se integra às iniciativas maiores no âmbito dos BRICS, onde existe a Plataforma de Cooperação para a Pesquisa Energética dos BRICS que ocorreu durante a Primeira Reunião de Altos Funcionários de Energia do BRICS em 2021. Além disso, destaca-se o ponto 47 da Declaração de Nova Delhi, emitida durante a XIII Cúpula dos BRICS, onde Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul concordam sobre a importância do uso sustentável e eficiente de fontes de energia para promover a TEJ dos países.

Outras iniciativas propostas pelo Brasil que demonstram a sua possível liderança na TEJ e reorientam sua política externa para um foco no uso do H2 ocorreram quando o país co-liderou o Diálogo de Alto Nível das Nações Unidas sobre Energia em 2021. Na ocasião, foram apresentados 2 pactos energéticos, sendo o primeiro o Pacto Energético sobre Biocombustíveis, representando a continuidade da sua diplomacia dos biocombustíveis, e segundo, o Pacto Energético sobre Hidrogênio, que busca fomentar a importância desse energético no país e internacionalmente. Ambos estão diretamente alinhados com o objetivo do Diálogo de alto Nível em acelerar o cumprimento das metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7), que trata do acesso universal a energias limpas.

Além disso, é extremamente relevante destacar que, nos últimos 2 discursos de abertura da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas, o presidente Lula reforçou o papel de liderança do Brasil no combate às Mudanças Climáticas, tanto em relação à preservação ambiental, quanto no desenvolvimento de energias renováveis, inclusive, citando o hidrogênio em ambos os discursos.

Dessa forma, fica visível o posicionamento ativo e efetivo do Brasil na tentativa de liderança da Transição Energética Justa, com foco também no uso de Hidrogênio. Como afirmamos anteriormente, a hipótese inicial deste trabalho era de que a utilização do hidrogênio como elemento estratégico para a TEJ redireciona a Política Externa Brasileira

para uma nova vertente de atuação: a Diplomacia do Hidrogênio. Com base na análise e discussão dos fatos e eventos apresentados durante os capítulos desta monografia, podemos afirmar que a hipótese foi corroborada. Assim, os resultados indicam que o hidrogênio, além de atuar como importante vetor energético, abre oportunidades para o Brasil liderar a agenda de desenvolvimento sustentável e transição energética justa globalmente. Dessa forma, recomenda-se expandir a organização do Itamaraty para incluir a “Diplomacia do Hidrogênio” como uma quinta nova vertente de política externa para energias renováveis, como já existem a Diplomacia da Bioenergia, a Integração Elétrica Regional, a Transição Energética em Foros Multilaterais e os Diálogos Bilaterais Transversais.

Com a consolidação do hidrogênio como um recurso energético relevante na política internacional e com a emergência das demandas por sustentabilidade, o Brasil encontra-se em uma posição estratégica para liderar pelo exemplo. Isso exigirá um comprometimento com políticas de longo prazo e um alinhamento entre os setores internos, o governo e outros atores internacionais, fortalecendo a cooperação bi e multilateralmente.

A importância de eventos como a COP 29 e a liderança brasileira no G20 2024, assim como a presidência brasileira dos BRICS e da COP 30 em Belém do Pará em 2025, ressalta a necessidade de o Brasil estruturar uma agenda sólida de política externa baseada também no hidrogênio. Esses eventos representam uma oportunidade única para o país influenciar a transição energética global, promovendo o hidrogênio como um pilar para uma economia de baixo carbono e combatendo as mudanças climáticas em nível local, regional e global de forma equitativa. Era de grande interesse inserir a análise da cúpula do G20 2024 e da COP 29 no Azerbaijão, entretanto, a entrega deste trabalho tem como prazo final dia 18 de Novembro de 2024 e a cúpula do G20 acontece justamente nos dias 18 e 19 de novembro e a COP 29 nos dias 11 e 22 de Novembro de 2024.

Podemos citar, por enquanto, as reuniões dos grupos de trabalho do G20, onde o Brasil conseguiu conciliar as discussões para emitir a declaração conjunta do Grupo de trabalho de Transição Energética, que estabelece compromissos de triplicar a capacidade global de energias renováveis e dobrar a taxa de eficiência energética até 2030, um consenso que não era visto desde 2021. Ainda vai ocorrer a Cúpula dos Chefes de Estado do G20, onde essa e outras declarações podem ser reafirmadas e direcionar iniciativas concretas para a TEJ. No entanto, não será possível analisar esses resultados devido ao tempo.

A análise realizada até o momento indica que ainda há um importante caminho a ser trilhado para que o Brasil desenvolva efetivamente sua política externa para a TEJ. Pesquisas futuras poderão aprofundar as estratégias utilizadas pelo país para fortalecer o uso do H2 nos

fóruns internacionais que vão acontecer com a liderança do país. É essencial monitorar os desdobramentos dos futuros acontecimentos e como isso impacta a inserção internacional do Brasil, considerando a intersecção entre política externa, política energética, política ambiental e desenvolvimento.

Por fim, apresentou-se uma ampla análise sobre o tema, contribuindo para futuras discussões sobre o assunto abordado. Além disso, destaca-se que este trabalho auxiliou não apenas na compreensão da Política Externa Brasileira e das diferentes dinâmicas que podem possibilitar a TEJ, mas também ofereceu subsídios para formuladores de políticas e demais atores interessados no aperfeiçoamento destas temáticas. Em um cenário global cada vez mais voltado na busca de soluções para a descarbonização, acredita-se que o hidrogênio desponta como uma oportunidade transformadora tanto para o Brasil, quanto para o restante do mundo, verdadeiramente possibilitando uma transição para energias limpas com um desenvolvimento mais equitativo, que seja seguro e efetivamente sustentável. Talvez o ideal apresentado por Júlio Verne esteja cada dia mais próximo de ser alcançado.

## REFERÊNCIAS

ADLER, Emanuel. O construtivismo no estudo das relações internacionais. **Lua Nova: revista de cultura e política**, p. 201-246, 1999.

AGÊNCIA GOV. **Visões do Sul Global para a agenda climática e transição energética justa**. 2024. Disponível em:

<<https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202404/visoes-do-sul-global-para-a-agenda-climatica-e-transicao-energetica-justa>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

AGÊNCIA SENADO. **Marco legal do hidrogênio de baixo carbono é sancionado**. 2024a. Disponível em

<<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/08/05/marco-legal-do-hidrogenio-de-baixo-carbono-e-sancionado#:~:text=Foi%20sancionada%20na%20sexta-feira,e%20institui%20uma%20certificação%20voluntária.>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

AGÊNCIA SENADO. **Uso do hidrogênio de baixa emissão de carbono agora é lei**. 2024b. Disponível em

<<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/09/30/uso-do-hidrogenio-de-baixa-emissao-de-carbono-agora-e-lei#:~:text=A%20Lei%2014.990%2C%20de%202024,de%20baixa%20emissão%20de%20carbono.>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

AGUIAR, Ana Beatriz Soares; CARDOSO, João Victor Marques. Impactos Das Políticas Internacionais para a Transição Energética no Brasil. FGV Energia. **Caderno FGV Energia de Geopolítica da Energia de Baixo Carbono e seus Impactos para a Transição Energética do Brasil**. 2024. Disponível em:

<<https://fgvenergia.fgv.br/publicacao/caderno-fgv-energia-de-geopolitica-da-energia-de-baixo-carbono-e-seus-impactos-para>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

AHK RIO. Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha do Rio de Janeiro. **Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro**. 2021. Disponível em:

<<http://arquivos.saebrasil.org.br/2021/Mapeamento-H2.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

ANGLO BELGIAN CORPORATION. **CMB.TECH et le Port d'Anvers-Bruges accueillent HYDROTUG 1 en Belgique**. 2022. Disponível em:

<<https://www.abc-engines.com/fr/news/hydrotug-1-arrives-at-port-of-ostend>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

ARCHIVES.GOV. **Fact Sheet: Hydrogen Fuel: a Clean and Secure Energy Future**. 2003. Disponível em:

<https://georgewbush-whitehouse.archives.gov/news/releases/2003/02/text/20030206-2.html>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BACKER HUGHES. **8 Things You Should Know About Hydrogen**. 2022. Disponível em: <https://www.bakerhughes.com/company/energy-forward/8-things-you-should-know-about-hydrogen-energy>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BARBOSA, Monique Maciel. De potência ambiental à pária internacional: uma breve análise da atuação do Brasil no âmbito da governança ambiental. **Working Paper nº 10**. Núcleo de Pesquisa em Relações Internacionais - NUPRI - USP. São Paulo. 2021.

BARROS, Pedro Silva; SCHUTTE, Giorgio Romano; SANNÁ, Pinto Luiz Fernando. **Além da autossuficiência: O Brasil como protagonista no setor energético**. Texto para Discussão, No. 1725, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília. 2012.

BARROS-PLATIAU, Ana Flávia. A política externa ambiental: do desenvolvimentismo ao desenvolvimento sustentável. In: ALTEMANI, H. O.; LESSA, A. C. (Org.). **Relações internacionais do Brasil, temas e agendas**. São Paulo: Saraiva, p. 251-282, 2006.

BARROS-PLATIAU, Ana Flávia. **O Brasil na governança das grandes questões ambientais contemporâneas**. Texto para Discussão, No. 1618, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília. 2012.

BBC. **Mudanças climáticas: o país que se prepara para desaparecer**. 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-59480079>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BEZERRA, Joana Carlos. O papel do meio ambiente na política externa brasileira. **Ideias**, v. 4, n. 1, p. 151-173, 2013.

BRASIL. **Itaipu é fundamental para o desenvolvimento do Brasil e do Paraguai, diz Lula**. 2023b. Disponível em: <<https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2023/03/itaipu-e-fundamental-para-o-desenvolvimento-do-brasil-e-do-paraguai-diz-lula>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BRASIL. **LEI Nº 9.478, DE 6 DE AGOSTO DE 1997**. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1997.

BRASIL. Planalto. **ONU confirma Belém (PA) como sede da COP-30**. Brasília, 2023a. Disponível em: <<https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2023/05/onu-confirma-bel-em-pa-como-sede-da-cop-30-conferencia-para-o-clima>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

CANAL ENERGIA. **IRENA: Crescimento do Hidrogênio trará mudanças econômicas e geopolíticas**. 2022. Disponível em: <<https://www.canalenergia.com.br/noticias/53199817/irena-crescimento-do-hidrogenio-trara-mudancas-economicas-e-geopoliticas#:~:text=A%20nova%20análise%20da%20Agência,uma%20onda%20de%20novas%20interdependências.>>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

CASTRO, Nivalde *Et al.* Desenvolvimento do mercado de hidrogênio verde na América Latina e no Brasil. 2022. Texto para discussão: Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL). UFRJ. Disponível em: <[https://gesel.ie.ufrj.br/wp-content/uploads/2022/12/Castro\\_2022\\_12\\_10.pdf](https://gesel.ie.ufrj.br/wp-content/uploads/2022/12/Castro_2022_12_10.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2024.

CASTRO, Nivalde *Et al.* (Org.). **A Economia do Hidrogênio: transição, descarbonização e oportunidades para o Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2023.

CERVO, Amado Luiz. **Inserção internacional: formação dos conceitos brasileiros.** São Paulo: Saraiva, 2008.

CERVO, Amado Luiz; BUENO, Clodoaldo. **História da política exterior do Brasil.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2002.

CHANTRE, Caroline *Et al.* Experiência nacional. 2023b In: CASTRO, Nivalde *Et al.* (Org.). **A Economia do Hidrogênio: transição, descarbonização e oportunidades para o Brasil.** 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2023.

CHANTRE, Caroline *Et al.* Introdução. 2023a In: CASTRO, Nivalde *Et al.* (Org.). **A Economia do Hidrogênio: transição, descarbonização e oportunidades para o Brasil.** 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2023.

CNN Brasil. **Hidrogênio verde pode ser o combustível do futuro. Mas ainda não deve resolver todos os problemas.** 2021. Disponível em: <[COELHO, P. William Grove. \*\*Inventor da Bateria de Gás Voltaico \(Primeira Célula Combustível\).\*\* In Engquimicasantosp. 2018. Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2018/11/william-grove-inventor-bateria-gas-voltaico.html>. Acesso em: 11 nov. 2024.](https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/o-hidrogenio-verde-pode-ser-o-combustivel-do-futuro-mas-ainda-nao-deve-resolver-todos-os-problemas/#:~:text=Pode%20haver%20um%20futuro%20para,%2C%20disse%20Cowell%20à%20CNN.>. Acesso em: 11 nov. 2024.</p></div><div data-bbox=)

COPPE-UFRJ. **Hidrogênio natural é descoberto em quatro estados brasileiros.** 18 jun. 2018. Disponível em: <https://www.coppe.ufrj.br/pt-br/planeta-coppe-noticias/noticias/hidrogenio-natural-e-descoberto-em-quatro-estados-brasileiros>. Acesso em: 11 nov. 2024.

CSLF. Carbon Sequestration Leadership Forum. About CSLF. 2024. Disponível em: <<https://fossil.energy.gov/archives/cslf/About-CSLF.html>>. Acesso em: 11 nov. 2024.  
**de Diretrizes.** 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-apresenta-ao-cnpe-proposta-de-diretrizes-para-o-programa-nacional-do-hidrogenio-pnh2/HidrognioRelatriodiretrizes.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

DUNN, S. **Hydrogen in History.** In The Globalist. 2002. Disponível em: <https://www.theglobalist.com/hydrogen-in-history/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

ELIZIÁRIO, Sayonara *Et al.* Experiência Internacional. In: CASTRO, Nivalde *Et al.* (Org.). **A Economia do Hidrogênio: transição, descarbonização e oportunidades para o Brasil.** 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2023.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2024.** 2024b. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-723/BEN2024.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **EPE adere ao Programa de Colaboração Tecnológica em Hidrogênio da Agência Internacional de Energia**. 2024d. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-adere-ao-programa-de-colaboracao-tecnologica-em-hidrogenio-da-agencia-internacional-de-energia>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **HIDROGÊNIO NO BRASIL**. 2024c. Disponível em: <<https://gisepeprd2.epe.gov.br/arcgisportal/apps/storymaps/stories/68332aaa3fc64524a656583e1367daa3>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Mudanças climáticas e Transição energética**. 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/clima-e-energia>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório Síntese 2024 do Balanço Energético Nacional 2024**. 2024a. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-723/BEN2024.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano nacional de energia 2050**. 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: 11 nov. 2024.

FAZENDA. Ministério da Fazenda. **Plano de Transformação Ecológica**. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/fazenda/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

FERNANDES, Gláucia *Et al.* **Panorama internacional dos desafios do hidrogênio verde**. FGV Energia. 2024. Disponível em: <https://portal.fgv.br/artigos/panorama-internacional-desafios-hidrogenio-verde>. Acesso em: 11 nov. 2024.

FINNEMORE, Martha; SIKKINK, Kathryn. Taking stock: the constructivist research program in international relations and comparative politics. **Annual review of political science**, v. 4, n. 1, p. 391-416, 2001.

FONTÃO, Christian Lyrion de Barros. **As reservas naturais de hidrogênio e as perspectivas de uma produção contínua**. Blog HGPOL. Dez. 2022. Disponível em: <https://www.hgpol.org/post/a-historia-do-hidrogenio>. Acesso em: 11 nov. 2024.

FONTÃO, Christian Lyrion de Barros; SANTOS, Laila Rava Salvadora; MELRO, Vittoria Campos. **Dossiê: Hidrogênio no Brasil**. Blog HGPOL. Nov. 2022. Disponível em: <<https://www.hgpol.org/post/as-reservas-naturais-de-hidrogenio-e-as-perspectivas-de-uma-producao-continua>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

FREITAS, Frederico. **O Hidrogênio Verde e Amarelo**. FGV Energia. Ago. 2023. Disponível em: <[https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/o\\_hidrogenio\\_verde\\_e\\_amarelo\\_v1.pdf](https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/o_hidrogenio_verde_e_amarelo_v1.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2024.



FUNAG. Fundação Alexandre Gusmão. **Comunicado Conjunto Brasil-Alemanha sobre Ambição e Ação Climáticas**. Brasília, 4 abr. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/funag/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/comunicado-conjunto-brasil-alemha-sobre-ambicao-e-acao-climaticas-brasilia-5-de-junho-de-2023>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

FUSER, Igor. **Energia e Relações Internacionais**. São Paulo, Saraiva, 2013.

G20 BRASIL. **Sobre o G20**. 2024. Disponível em: <<https://www.g20.org/pt-br/sobre-o-g20>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

GH2. **About**. 2024. Disponível em: <<https://gh2.org/about>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. Política energética no Brasil. **Estudos avançados**, v. 19, p. 215-228, 2005.

GONÇALVES, Fernanda Nanci; PINHEIRO, Leticia. **Análise de política externa: o que estudar e por quê?**. Curitiba: Editora Intersaberes, 2020.

H2LAC. **Mapas**. 2024b. Disponível em: <https://h2lac.org/mapas/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

H2LAC. **Quiénes somos**. 2024a. Disponível em: <https://h2lac.org/quienes-somos/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

HOLZLE, L. **Hidrogênio, o primeiro e mais velho**. 2008. In Em Síntese 2008. Disponível em: <https://www.emsintese.com.br/2008/hidrogenio-primeiro-velho/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

HYDROGEN COUNCIL. **Hydrogen scaling up: a sustainable pathway for the global energy transition**. 2017.

HYDROGEN COUNCIL. **Path to hydrogen competitiveness: a cost perspective**. 2020.

IEA. International Energy Agency. **CEM Hydrogen Initiative**. 2024c. Disponível em: <<https://www.iea.org/programmes/cem-hydrogen-initiative>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

IEA. International Energy Agency. **Energy security in energy transitions**. 2022a. Disponível em: <<https://encurtador.com.br/Yiuzr>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

IEA. International Energy Agency. **Global Hydrogen Review 2022**. 2022b. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2022>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

IEA. International Energy Agency. **Global Hydrogen Review 2024**. 2024a. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

IEA. International Energy Agency. **World Energy Outlook 2024**. 2024b. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/c036b390-ba9c-4132-870b-ffb455148b63/WorldEnergyOutlook2024.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

IPHE. International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy. **About**. 2024. Disponível em: <https://www.iphe.net/about>. Acesso em: 11 nov. 2024.

IRENA. International Renewable Energy Agency. **Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor**. Abu Dhabi, 2022.

IRENA. International Renewable Energy Agency. **World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway**. Abu Dhabi. 2023

JAMES, Jonas. **The History of Hydrogen**. AltEnergyMag. 2009. Disponível em: <https://www.altenergymag.com/article/2009/04/the-history-of-hydrogen/555/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

LIMA, Maria Regina Soares de *Et al.*. **Atlas da política brasileira de Defesa**. Buenos Aires/CLACSO; Rio de Janeiro/Latitude Sul, 2017.

LINARDI, Marcelo et al. **O IPEN e a economia do hidrogênio**. São Paulo: Editora SENAI-SP, 2022.

MACHADO, Danilo Vergani. **A Política Externa do Etanol: estratégias do Estado Logístico para inserção internacional dos biocombustíveis brasileiros**. Tese (doutorado em Relações Internacionais) - Instituto de Relações Internacionais (IREL), Universidade de Brasília (UNB). Brasília, p. 270. 2014

MEDEIROS, Daniela Marques. **A energia como variável estratégica da política externa brasileira**. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais), PUC-SP. São Paulo. 2010.

MELRO, Vittoria. **A História do Hidrogênio**. Blog HGPol. Nov. 2022. Disponível em: <https://www.hgpol.org/post/a-história-do-hidrogênio>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MI. Mission Innovation. **About**. 2024. Disponível em: <https://www.mission-innovation.net>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MILANI, C. Aprendendo com a História: críticas à experiência da Cooperação Norte-Sul e atuais desafios à Cooperação Sul-Sul. **Caderno CRH**, Salvador, v 25, n 65, Maio/Agosto, 2012.

MILANI, Carlos R. S. *Et al.*. **Atlas da Política Externa Brasileira**. Rio de Janeiro e Buenos Aires: EDUERJ/CLACSO, 2014.

MILANI, Carlos RS; CARVALHO, Tassia CO. **Cooperação Sul-Sul e política externa: Brasil e China no continente africano**. Estudos internacionais, v. 1, n. 1, p. 11-35, 2013.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Alemanha anuncia R\$ 1 bilhão para ações ambientais no Brasil**. Brasília, 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/alemanha-anuncia-r-1-bilhao-para-acoes-ambientais-no-brasil#:~:text=A%20ministra%20do%20Meio%20Ambiente,para%20ações%20socioambientais%20no%20Brasil.>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Declaração conjunta Brasil-China sobre combate às mudanças climáticas**. Brasília, 2023c. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/declaracao-conjunta-brasil-china-sobre-combate-as-mudancas-climaticas>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **EUA anunciam doação de R\$2,5 bilhões para o Fundo Amazônia**. Brasília, 2023d. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/eua-anunciam-doacao-de-r-2-5-bilhoes-para-o-fundo-amazonia>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Governo Federal lança Novo PAC e Plano de Transição Ecológica**. Brasília, 2023g. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/governo-federal-lanca-novo-pac-e-plano-de-transicao-ecologica>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Governo lança plano de combate ao desmatamento na Amazônia e anuncia atos ambientais**. 2023f. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/governo-lanca-plano-de-combate-ao-desmatamento-na-amazonia-e-anuncia-atos-ambientais#:~:text=Com%20a%20revoga%C3%A7%C3%A3o%20do%20PPCDAm,o%20desmatamento%20zero%20at%C3%A9%202030.>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Marina Silva debate cooperação com Comissão Europeia**. Brasília, 2023a. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/marina-silva-debate-cooperacao-com-representante-da-comissao-europeia>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Reino Unido anuncia R\$ 500 milhões para o Fundo Amazônia**. Brasília, 2023e. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/reino-unido-anuncia-r-500-milhoes-para-o-fundo-amazonia>>. Acesso em: 04 nov. 2023

MME. Ministério de Minas e Energia. **Alexandre Silveira garante declaração conjunta inédita de países pela transição energética**. 2024g. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/alexandre-silveira-garante-declaracao-conjunta-inedita-de-paises-pela-transicao-energetica>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Brasil constrói consenso no G20 de energia e garante esforços para triplicar fontes renováveis**. 2024f. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-constro-i-consenso-no-g20-de-energia-e-garante-esforcos-para-triplicar-fontes-renovaveis>>. Acesso em: 11 nov. 2024..

MME. Ministério de Minas e Energia. **Brasil e Índia publicam declaração conjunta para estimular cooperação no setor de energia e mineração**. 2024d. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-e-india-publicam-declaracao-conjunta-para-estimular-cooperacao-no-setor-de-energia-e-mineracao>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Brasil se torna a grande potência verde do mundo com Combustível do Futuro”, afirma Alexandre Silveira**. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/201cbrasil-se-torna-a-grande-potencia-verde>

do-mundo-com-combustivel-do-futuro201d-afirma-alexandre-silveira. Acesso em: 11 nov. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. **COP 28: Alexandre Silveira formaliza parceria para criação do Hub de Hidrogênio Brasil-Reino Unido.** 2024i. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/cop-28-alexandre-silveira-formaliza-parceria-para-criacao-do-hub-de-hidrogenio-brasil-reino-unido>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Governo brasileiro e entidades parceiras esclarecem sobre a chamada pública de hubs de hidrogênio para a descarbonização da indústria.** 2024h. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/governo-brasileiro-e-entidades-parceiras-esclarecem-sobre-a-chamada-publica-de-hubs-de-hidrogenio-para-a-descarbonizacao-da-industria>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. **H2Brasil - Expansão do Hidrogênio Verde.** 2021b. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/h2-brasil>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Hidrogênio de baixo carbono inaugura nova agenda de desenvolvimento econômico, social e ambiental, destaca Alexandre Silveira.** 2023a. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/hidrogenio-de-baixo-carbono-inaugura-nova-agenda-de-desenvolvimento-economico-social-e-ambiental-destaca-alexandre-silveira>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. **MME destaca avanço das ações brasileiras na área de energia limpa em eventos.** 2024e. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-destaca-avanco-das-acoes-brasileiras-na-area-de-energia-limpa-em-eventos>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Parceria Energética Brasil-Alemanha.** 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1/planodetrabalhotrienalpnh2.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. PNH2. **Plano de Trabalho Trienal 2023-2025 PNH2.** 2023b. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1/planodetrabalhotrienalpnh2.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. PNH2. **Programa Nacional do Hidrogênio: Proposta**

MME. Ministério de Minas e Energia. **PNH2: VI - Cooperação Internacional.** 2024c. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1/vi-cooperacao-internacional>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Presidente Lula e Alexandre Silveira lançam Política Nacional de Transição Energética, com potencial de R\$ 2 trilhões em**

**investimentos.** 2024a. Disponível em:

<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/presidente-lula-e-alexandre-silveira-lancam-politica-nacional-de-transicao-energetica-com-potencial-de-r-2-trilhoes-em-investimentos>.

Acesso em: 11 nov. 2024.

MORETTI, Isabelle; WEBBER, M. E. **Natural hydrogen: a geological curiosity or the primary energy source for a low-carbon future?**. Renewable Matter. 08 jan. 2021.

Disponível em:

<https://www.renewablematter.eu/articles/article/natural-hydrogen-a-geological-curiosity-or-the-primary-energy-source-for-a-low-carbon-future>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MRE. Ministério das Relações Exteriores. **Agência Brasileira de Cooperação.** 2021a.

Disponível em:

<https://www.gov.br/mre/pt-br/assuntos/cooperacao-internacional/agencia-brasileira-de-cooperacao> Acesso em: 24 abr. de 2024.

MRE. Ministério das Relações Exteriores. **Consenso de Brasília.** 2023a. Disponível em:

[https://www.gov.br/mre/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/consenso-de-brasil-2013-30-de-maio-de-2023](https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/consenso-de-brasil-2013-30-de-maio-de-2023). Acesso em: 11 nov. 2024.

MRE. Ministério das Relações Exteriores. **Discurso do presidente Lula na abertura da 79ª Assembleia Geral da ONU, em Nova York.** 2024b. Disponível em:

<https://www.gov.br/mre/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/discursos-artigos-e-entrevistas/presidente-da-republica/presidente-da-republica-federativa-do-brasil-discursos/discurso-do-presidente-lula-na-abertura-da-79a-assembleia-geral-da-onu-em-nova-york>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MRE. Ministério das Relações Exteriores. **Energia.** 2024a. Disponível em:

<https://www.gov.br/mre/pt-br/assuntos/energia>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MRE. Ministério das Relações Exteriores. **NOTA À IMPRENSA N° 110. XIII Cúpula do BRICS – Declaração de Nova Delhi.** 2021b. Disponível em:

[https://www.gov.br/mre/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/xiii-cupula-brics-declaracao-de-nova-delhi#:~:text=Reiteramos%20nosso%20compromisso%20de%20preservar,de%20sua%20presid%C3%ancia%20este%20ano.>](https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/xiii-cupula-brics-declaracao-de-nova-delhi#:~:text=Reiteramos%20nosso%20compromisso%20de%20preservar,de%20sua%20presid%C3%ancia%20este%20ano.>) . Acesso em: 11 nov. 2024.

MRE. Ministério de Relações Exteriores. **Discurso do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva na abertura do Debate Geral da 78ª Sessão da Assembleia Geral da ONU - Nova York.**

2023c. Disponível em:

<https://www.gov.br/mre/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/discursos-artigos-e-entrevistas/presidente-da-republica/presidente-da-republica-federativa-do-brasil-discursos/discurso-do-presidente-luiz-inacio-lula-da-silva-na-abertura-do-debate-geral-da-78a-sessao-da-assembly-a-geral-da-onu-nova-york-19-9-2023>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MRE. Ministério de Relações Exteriores. **Lançamento da Aliança Global para Biocombustíveis.** Nota à imprensa N° 380. 09 set. 2023b. Disponível em:

[https://www.gov.br/mre/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/lancamento-da-alianca-global-para-biocombustiveis#:~:text=A%20iniciativa%20que%20conta%20com,seguirá%20aberta%20a%20novas%20ades%C3%B5es.>](https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/lancamento-da-alianca-global-para-biocombustiveis#:~:text=A%20iniciativa%20que%20conta%20com,seguirá%20aberta%20a%20novas%20ades%C3%B5es.>). Acesso em: 11 nov. 2024.

NORUEGA. Embaixada Real da Noruega no Brasil. **O Fundo Amazônia é reativado**. 2023. Disponível em: <[bit.ly/3WYURKI](https://bit.ly/3WYURKI)>. Acesso em: 11 nov. 2024.

O GLOBO. **Brasil desiste de sediar Conferência do Clima da ONU**. O Globo. 2018. Disponível em: <[glo.bo/3J6RZps](https://glo.bo/3J6RZps)>. Acesso em: 11 nov. 2024.

OIA. Office of International Affairs USA. **United States and Brazil Strengthen Bilateral Cooperation on Energy and Launch a New Public Private Cooperation to Promote Clean Energy**. 2022. Disponível em: <<https://www.energy.gov/ia/articles/united-states-and-brazil-strengthen-bilateral-cooperation-energy-and-launch-new-public>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

OLIVEIRA, Rosana Cavalcante de. **Panorama do Hidrogênio no Brasil**. Texto para Discussão, No. 2787, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília. 2022.

ONU NEWS. **ONU adota resolução sobre responsabilidade dos países para “justiça climática”**. 2023. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2023/03/1812102>> . Acesso em: 11 nov. 2024.

PAIVA, Iure; DE CASTRO, Nivalde; LIMA, Antonio Pedro. Aspectos teóricos e analíticos da segurança energética e os desafios do setor elétrico brasileiro. **Texto de discussão do Setor Elétrico**, v. 71, 2017.

PETROBRÁS. **PETROBRAS investirá R\$ 20 milhões em pesquisas sobre hidrogênio natural**. 2024. Disponível em: <<https://agencia.petrobras.com.br/w/sustentabilidade/petrobras-investira-r-20-milhoes-em-pesquisas-sobre-hidrogenio-natural>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

PIMENTEL, Fernando. **O fim da era do petróleo e a mudança do paradigma energético mundial: perspectivas e desafios para a atuação diplomática brasileira**. Fundação Alexandre de Gusmão (FUNAG), 2011.

PINTO JR, Helder Queiroz (ORG). **Economia da energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

PODER 360. **Brasil tem a matriz elétrica com maior uso de renováveis do G20**. 25 ago. 2024. Disponível em: <<https://www.poder360.com.br/poder-energia/brasil-tem-a-matriz-energetica-com-maior-uso-de-renovaveis-do-g20/>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

POWER TECHNOLOGY. **Hydrogen: Timeline**. 2020. Disponível em: <<https://www.power-technology.com/comment/hydrogen-timeline/>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

PTI. Parque Tecnológico Itaipu. **O que tem sido trabalhado na temática do hidrogênio no Parque Tecnológico Itaipu?**. 2021. Disponível em: <[https://www.itaipuparquetec.org.br/o-que-tem-sido-trabalhado-na-tematica-do-hidrogenio-no-parque-tecnologico-itaipu/#:~:text=Além%20disso%2C%20o%20Parque%20prestou,cenário%3B%20ii\)%20a%20necessidade%20de](https://www.itaipuparquetec.org.br/o-que-tem-sido-trabalhado-na-tematica-do-hidrogenio-no-parque-tecnologico-itaipu/#:~:text=Além%20disso%2C%20o%20Parque%20prestou,cenário%3B%20ii)%20a%20necessidade%20de)>. Acesso em: 11 nov. 2024.

PUTNAM, Robert D. **Diplomacia e política doméstica: a lógica dos jogos de dois níveis**. Revista de Sociologia e política, v. 18, p. 147-174, 2010.

RIBEIRO, Renata Albuquerque. **Inserção internacional e energia: a política externa de Lula para biocombustíveis**. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) - Instituto de Estudos Sociais e Políticos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Rio de Janeiro, p.137. 2014.

SALOMÓN, Mónica; PINHEIRO, Letícia. Análise de Política Externa e Política Externa Brasileira: trajetória, desafios e possibilidades de um campo de estudos. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 56, p. 40-59, 2013.

SANTOS, Laila Rava Salvador. **Afinal de contas, quais são as possíveis cores do hidrogênio – e por que elas importam?**. Blog HGPol. Nov. 2022. Disponível em: <https://www.hgpol.org/post/afinal-de-contas-quais-sao-as-possiveis-cores-do-hidrogenio-e-por-que-elas-importam-1>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SARAIVA, José Flávio Sombra. **Brasil e o Meio Ambiente**. 1. ed. Brasília: FUNAG, 2009.

SCHUMER, Clea; BOEHM Sophie. WRI Brasil. **10 conclusões do Relatório do IPCC sobre Mudanças Climáticas de 2023**. 2023. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/10-conclusoes-do-relatorio-do-ipcc-sobre-mudancas-climaticas-de-2023#:~:text=O%20IPCC%20conclui%2C%20entre%20os,cedo%20-%20entre%202018%20e%202037.>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SEEG. **Sistema de Estimativas de Emissões de Gases do Efeito Estufa**. 2023. Disponível em [plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission](https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission). Acesso em: 11 nov. 2024.

SERRA, Eduardo T. *Et al.* Rotas tecnológicas: considerações técnicas, econômicas e ambientais. In: CASTRO, Nivalde *Et al.*. (Org.). **A Economia do Hidrogênio: transição, descarbonização e oportunidades para o Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2023.

SOUZA, A.M. **Repensando a cooperação internacional para o desenvolvimento**. Brasília: IPEA, 2014.

SOUZA, Matilde de. **Política Ambiental Global e o Brasil**. São Paulo: Editora Contexto, 2024.

TERRA. **LULA promete novo tratado de Itaipu benéfico para Brasil e Paraguai; vê hidrogênio verde como possibilidade**. 2023. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/brasil/lula-promete-novo-tratado-de-itaipu-benefico-para-brasil-e-paraguai-ve-hidrogenio-verde-como-possibilidade,29c9c64fbec5e03b8b0c85cdf275e077xgyptgof.html>. Acesso em: 11 nov. 2024.

UNDP. Annual Report 2008. **Capacity Development: Empowering People and Institutions**. Nações Unidas, 2008. Disponível em: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/UNDP-in-action-2008-en.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

Veja. **Clima de decepção marca política ambiental do governo Lula**. 2024. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/brasil/clima-de-decepcao-marca-politica-ambiental-do-governo-lula>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

VIOLA, Eduardo. A política climática global e o Brasil: 2005-2010. **Revista tempo do mundo**, v. 2, p.91-117, 2010.

VIOLA, Eduardo. O regime internacional de mudança climática e o Brasil. **Revista brasileira de ciências sociais**, v. 17, p. 25-46, 2002.

VIOLA, Eduardo; FRANCHINI, Matías. Governança ambiental: da destruição das florestas até os objetivos de descarbonização. **Revista USP**, n. 134, p. 143-162, 2022.

VIOLA, Eduardo; FRANCHINI, Matías. Os limiares planetários, a Rio+ 20 e o papel do Brasil. **Cadernos Ebape. BR**, v. 10, ed. 3, p. 470-491, 2012.

WCED. World Commission on Environment and Development. **Report Brundtland: Our common future**. 1987.

WEF. WORLD ECONOMIC FORUM. **Fostering Effective Energy Transition 2024: insight report**. Geneva, 2024. Disponível em: <[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Fostering\\_Effective\\_Energy\\_Transition\\_2024.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2024.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2024.

WENDT, Alexander. **Teoria social da política internacional**. Rio de Janeiro: Editora PUCRio, 2014.

WENDT, Alexander. Tradução de ESTRADA, Rodrigo Duque. **A anarquia é o que os Estados fazem dela: a construção social da política de poder**. Monções: Revista de Relações Internacionais da UFGD, v. 2, n. 3, p. 420-473, 2013.