

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CF PEDRO JOSÉ RAMOS JUNIOR

**A GEOPOLÍTICA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS:
O Brasil em meio ao cenário de transição no século 21.**

Rio de Janeiro

2024

CF PEDRO JOSÉ RAMOS JUNIOR

**A GEOPOLÍTICA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS:
O Brasil em meio ao cenário de transição no século 21.**

Dissertação apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores.

Orientador: CF Miguel Henrique
Alexandre Dias Alves

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2024

DECLARAÇÃO DA NÃO EXISTÊNCIA DE APROPRIAÇÃO INTELECTUAL IRREGULAR

Declaro que este trabalho acadêmico: a) corresponde ao resultado de investigação por mim desenvolvida, enquanto discente da Escola de Guerra Naval (EGN); b) é um trabalho original, ou seja, que não foi por mim anteriormente utilizado para fins acadêmicos ou quaisquer outros; c) é inédito, isto é, não foi ainda objeto de publicação; e d) é de minha integral e exclusiva autoria.

Declaro também que tenho ciência de que a utilização de ideias ou palavras de autoria de outrem, sem a devida identificação da fonte, e o uso de recursos de inteligência artificial no processo de escrita constituem grave falta ética, moral, legal e disciplinar. Ademais, assumo o compromisso de que este trabalho possa, a qualquer tempo, ser analisado para verificação de sua originalidade e ineditismo, por meio de ferramentas de detecção de similaridades ou por profissionais qualificados.

Os direitos morais e patrimoniais deste trabalho acadêmico, nos termos da Lei 9.610/1998, pertencem ao seu Autor, sendo vedado o uso comercial sem prévia autorização. É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos e ideias expressas neste trabalho acadêmico são de responsabilidade do Autor e não retratam qualquer orientação institucional da EGN ou da Marinha do Brasil.

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos familiares, meu pai Pedro José Ramos (*in memorian*), minha mãe Ozana de Lima Ramos (*in memorian*) e ao meu irmão Cristiano de Lima Ramos (*in memorian*), pelos ensinamentos, convivência, amor, carinho e dedicação que tiveram por mim, enquanto presentes ainda neste plano terreno. Vocês me ajudaram a forjar meu caráter e me proporcionaram uma vida digna, feliz e honrada mesmo em todos os períodos de dificuldades. Seguirei com os ensinamentos de todos vocês e tenho certeza de que estão olhando por mim e iluminando meus caminhos.

A minha querida sobrinha Crystal, aos meus queridos tios Oziel e Maria Alice, bem como os meus primos Ricardo, Patrícia e Luciana por me ajudarem a seguir em frente nos momentos difíceis, através do apoio, carinho e conselhos. Contem sempre comigo.

Por fim, a Deus, por me proteger, abençoar e de sempre iluminar o meu caminho, permitindo que eu continuasse nessa jornada com perseverança, saúde e muita paz na minha vida e em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores CF Azevedo e CF Miguel Alves, pela amizade, paciência, orientações precisas e disponibilidade que tiveram comigo para elaboração deste trabalho e aos instrutores da Escola de Guerra Naval (EGN) pelos ensinamentos que me ajudaram na minha carreira na Marinha do Brasil e para vida. Fica aqui registrado um sincero agradecimento.

À Marinha do Brasil, que me proporcionou a fazer muitas amizades e momentos marcantes ao longo da minha carreira. Obrigado pelos ensinamentos e por esta oportunidade ímpar de aprimoramento profissional.

Por fim, aos meus amigos da turma C-EMOS 2024 pelos momentos inesquecíveis que passamos juntos nesta singradura do curso, pela amizade e consideração que levarei para a vida.

“A guerra pela energia está se transformando em uma luta pela sobrevivência.”

Lester Russell Brown

RESUMO

A transição energética no mundo tem redesenhado a geopolítica das energias renováveis. Nesse contexto, o Brasil emerge como um ator significativo devido à sua matriz energética diversificada e potencial para fontes renováveis. Este trabalho analisa o papel do Brasil no cenário de transição energética do século 21, com ênfase na energia solar, nuclear e outras fontes renováveis, e suas implicações geopolíticas, incluindo uma comparação com as matrizes energéticas da China, União Europeia e Estados Unidos da América. O Brasil possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, com significativa participação de fontes renováveis, como a hidroeletricidade. A energia solar no Brasil tem ganhado destaque, com investimentos crescentes e avanços tecnológicos que tornam essa fonte mais acessível e eficiente. A energia nuclear é considerada uma alternativa viável para complementar a matriz energética brasileira através do desenvolvimento do enriquecimento do urânio em ARAMAR pela Marinha do Brasil, oferecendo uma fonte estável e de baixa emissão de carbono. As políticas públicas desempenham um papel primordial na promoção das energias renováveis no Brasil. A segurança energética é uma preocupação mundial e no contexto geopolítico do Atlântico Sul, a Marinha do Brasil desempenha um papel estratégico na proteção das reservas de petróleo e gás offshore e na garantia da soberania nacional nessa região. A transição para energias renováveis pode reduzir a vulnerabilidade energética do país, diminuindo a dependência de combustíveis fósseis e fortalecendo a posição do Brasil no cenário internacional. Em suma, a transição para uma matriz energética mais sustentável e diversificada no Brasil não é apenas uma questão ambiental, mas uma necessidade estratégica. A adoção de energias renováveis, combinada com políticas públicas eficazes e investimentos em infraestrutura, pode assegurar um futuro energético seguro e sustentável para o país. Isso fortalecerá sua posição para se tornar uma Potência Energética no cenário internacional, demonstrando sua capacidade no futuro de realizar sua transição energética.

Palavras-chave: Transição Energética. Geopolítica. Energias Renováveis. Matriz Energética. Brasil. Energia Solar. Energia Nuclear. Sustentabilidade. Segurança Energética. Atlântico Sul. Marinha do Brasil. Soberania. Potência Energética.

ABSTRACT

The Geopolitics of renewable energies: Brazil amidst the transition scenario in the 21st century

The energy transition in the world has redesigned the geopolitics of renewable energy. In this context, Brazil emerges as a significant actor due to its diversified energy matrix and potential for renewable sources. This work analyzes Brazil's role in the 21st century energy transition scenario, with an emphasis on solar energy, nuclear energy and other renewable sources, and its geopolitical implications, including a comparison with the energy matrices of China, the European Union and the United States of America. . Brazil has one of the cleanest energy matrices in the world, with a significant share of renewable sources, such as hydroelectricity. Solar energy in Brazil has gained prominence, with increasing investments and technological advances that make this source more accessible and efficient. Nuclear energy is considered a viable alternative to complement the Brazilian energy matrix through the development of uranium enrichment in ARAMAR by the Brazilian Navy, offering a stable source with low carbon emissions. Public policies play a key role in promoting renewable energy in Brazil. Energy security is a global concern and in the geopolitical context of the South Atlantic, the Brazilian Navy plays a strategic role in protecting offshore oil and gas reserves and guaranteeing national sovereignty in this region. The transition to renewable energy can reduce the country's energy vulnerability, reducing dependence on fossil fuels and strengthening Brazil's position on the international stage. In short, the transition to a more sustainable and diversified energy matrix in Brazil is not just an environmental issue, but a strategic necessity. The adoption of renewable energy, combined with effective public policies and investments in infrastructure, can ensure a secure and sustainable energy future for the country. This will strengthen its position to become an Energy Power on the international stage, demonstrating its ability in the future to carry out its energy transition.

Keywords: Energy Transition. Geopolitics. Renewable energy. Energy matrix. Brazil. Solar energy. Nuclear energy. Sustainability. Energy Security. South Atlantic. Brazilian Navy. Sovereignty. Energy Power.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Matriz Energética Mundial em 2021	30
FIGURA 2 – Matriz Energética do Brasil em 2021	44
FIGURA 3 – Comparação de consumo de fontes renováveis e não renováveis	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Matriz Energética dos EUA em 2021.....	25
TABELA 2 - Matriz Energética da UE em 2021.....	26
TABELA 3 - Matriz Energética da China em 2021.....	28
TABELA 4 - Matriz Energética do Brasil em 2021.....	29
TABELA 5 - Análise Comparativa das Matrizes Energéticas	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	O FUNDAMENTO DA GEOPOLÍTICA DA ENERGIA	14
3	A GEOPOLÍTICA DOS RECURSOS RENOVÁVEIS NO MUNDO	20
4	O PANORAMA MUNDIAL DA GEOPOLÍTICA DA ENERGIA NO SÉCULO 21.....	24
4.1	ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA	24
4.2	UNIÃO EUROPÉIA	26
4.3	CHINA	27
4.4	BRASIL	28
5	BRASIL, POTÊNCIA ENERGÉTICA: DESAFIOS À SEGURANÇA NACIONAL	31
5.1	PETRÓLEO	33
5.2	GÁS NATURAL	34
5.3	ENERGIA NUCLEAR	35
5.4	ENERGIA HIDRELÉTRICA	37
5.5	BIOMASSA	39
5.6	ENERGIA EÓLICA	40
5.7	ENERGIA SOLAR	42
6	ANÁLISE COMPARATIVA DAS MATRIZES ENERGÉTICAS EM RELAÇÃO À BRASILEIRA	45
7	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Os recursos energéticos têm sido uma fonte importante de disputa na geopolítica global, moldando as economias, influenciando as políticas externas e internas dos países e, frequentemente, transformando-se em causa de conflitos entre Estados, além de condutor de estratégias e debates em fóruns internacionais sobre problemas ambientais. Desde a Primeira Revolução Industrial (1760-1850), a busca por recursos energéticos, como o carvão, o petróleo, o gás natural, os minerais raros e, mais recentemente, as fontes de energia renováveis, tem sido essencial para o desenvolvimento social, econômico e militar das nações. Na contemporaneidade, essa dinâmica ainda tem um papel crucial na geopolítica mundial, com implicações significativas para a segurança energética, a economia global e as relações internacionais.

Na era moderna, a geopolítica energética começou a tomar forma com a ascensão do petróleo como principal fonte no início do século 20. Na Primeira e na Segunda Guerra Mundial observou-se a importância estratégica desse combustível fóssil, tendo em vista a disputa entre nações pelo controle das regiões com campos petrolíferos, as mudanças tecnológicas nas indústrias e nos meios militares. Durante a Guerra Fria¹, o petróleo e o gás natural tornaram-se ferramentas geopolíticas na luta entre os blocos liderados pelos Estados Unidos da América (EUA) e pela União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS).

No século 21, a geopolítica energética mundial continua a ser dominada pelo petróleo e pelo gás natural, contudo, a ascensão dos recursos energéticos renováveis começa a moldar uma transição energética global, catalisada pela necessidade premente de mitigar os problemas ambientais e diminuir a dependência de combustíveis fósseis. Tal situação tem elevado essa nova forma de fonte a uma posição central nas discussões sobre segurança energética, sustentabilidade e meio ambiente.

Nesse contexto, a geopolítica das energias renováveis emerge como um campo de estudo essencial para compreender as transformações nas dinâmicas de

¹ A Guerra Fria foi um período marcado por um conflito político-ideológico travado entre Estados Unidos e a ex-União Soviética (URSS), entre 1947 e 1991. Esse período polarizou o mundo em dois grandes blocos, um alinhado ao capitalismo e outro alinhado ao comunismo (National Geographic Brasil, 2022).

poder entre os Estados, fluxos econômicos, infraestrutura e relações internacionais decorrentes da evolução do setor energético, em termos de segurança e sustentabilidade, bem como realizar ações para alterar a atual matriz energética de combustíveis fósseis para de energia renovável, visando mitigar os problemas ambientais.

Devido à sua localização geográfica no mundo e suas características geológicas, o que permite a captação e produção desses recursos, o Brasil vem se apresentando como um dos líderes mundiais na produção de energia renovável, com destaque para a bioenergia e a energia hidrelétrica. Além disso, aumenta progressivamente sua capacidade de geração de energia eólica e solar. Outro fator relevante para o país é o fato de possuir conhecimento para realizar o enriquecimento do urânio para geração de energia nuclear que desempenha um papel significativo no contexto da transição energética do país, especialmente, no que diz respeito ao desenvolvimento, operação e aplicação de tecnologias nacionais para geração desta energia limpa.

Apesar de serem recursos esgotáveis, os combustíveis fósseis ainda desempenham uma posição significativa no cenário mundial. Tal situação começa a ficar ameaçada não só por ser um ativo finito, mas também por suscitar o debate sobre problemas ambientais ocasionados durante o processo de transformação da matéria-prima em energia.

Em contraste com a ampla literatura dedicada à geopolítica do petróleo e do gás natural, o estudo das fontes renováveis de energia tem ganhado importância no século 21. Por se tratar de um tema relevante para o Brasil, torna-se necessária a análise da sua dinâmica, uma vez que os recursos energéticos renováveis podem transformar as formas de interação entre Estados, mercados, parceiros comerciais, além de alterarem padrões de cooperação e dos conflitos entre países.

A posição geopolítica e econômica do Brasil é, portanto, influenciada por sua capacidade de capitalizar esses recursos em um cenário de crescente demanda por energias limpas e sustentáveis. Contudo, no caminho da transição energética dos recursos fósseis para os renováveis, no Brasil, ainda existem inúmeros desafios a serem superados para o país se transformar em uma Potência Energética mundial.

Desta forma, este trabalho busca responder a seguinte questão de pesquisa: qual a capacidade do Brasil de se tornar uma Potência Energética global, diante da comparação com os EUA, União Europeia (UE) e China?

Com isso, o objetivo geral do trabalho é avaliar por meio de uma análise comparativa a matriz energética do Brasil em relação às matrizes dos atores considerados supracitados. Para chegar a este objetivo, os seguintes objetivos específicos são abordados: compor o arcabouço teórico sobre a geopolítica energética e dos recursos renováveis; apresentar as matrizes dos EUA, UE e China; e apresentar a matriz energética do Brasil, bem como suas possibilidades de implementação no futuro para uma matriz de baixo carbono e os desafios para alcançar a transição energética.

Sendo assim, este trabalho está dividido em sete capítulos, sendo o primeiro esta breve introdução. O capítulo dois apresenta uma abordagem da literatura acadêmica sobre os fundamentos da geopolítica de energia que servirá como ponto de partida para as análises dos demais capítulos.

No capítulo três é apresentado, de modo geral, como se desenvolveu o início da mudança da matriz energética no mundo. No capítulo quatro aborda-se o panorama atual da geopolítica energética no mundo, por meio da análise da matriz energética dos EUA, UE, China e Brasil. O capítulo cinco aborda informações relevantes sobre o Brasil em termos de segurança energética e, especificamente, sobre a atual situação da matriz brasileira e seus desafios, para alcançar sua transição energética.

O capítulo seis apresenta uma comparação dos dados levantados nas seções anteriores, visando posicionar a situação da matriz energética brasileira em relação à matriz global.

Por fim, no último capítulo, são reunidos os principais argumentos expostos ao longo do trabalho que demonstra que o Brasil, através de suas ações e seus desafios possui a capacidade de executar sua transição da matriz energética na busca por se tornar uma Potência Energética global.

2 O FUNDAMENTO DA GEOPOLÍTICA DA ENERGIA

O termo *geopolítica* foi utilizado pela primeira vez pelo cientista político sueco Rudolf Kjellén (1864-1922), no início do século 20, inspirado pela obra do geógrafo alemão Friedrich Ratzel (1844-1904), *Geografia Política*, de 1897 (Tosta, 1984).

A geopolítica é um campo de conhecimento multidisciplinar que estuda a relação entre os processos políticos e as características geográficas, tais como localização, topografia, recursos naturais e população nas relações internacionais de poder entre os Estados, bem como as relações destes com sua sociedade. Entre outras palavras, a geopolítica estuda o impacto de características geográficas na política externa de um Estado (Tosta, 1984).

Enquanto a geopolítica clássica tratava principalmente das relações entre poder e ambiente, Estado e território, guerra, conflitos, estratégia e geografia, a geopolítica moderna agregou temas relacionados ao meio ambiente, mudanças climáticas, energia, disputas econômicas, conflitos culturais e ideológicos, mudanças demográficas, guerras cibernéticas. Essa nova visão atua, sobretudo, por meio do poder de influir na tomada de decisão dos Estados sobre o uso do território, uma vez que a conquista destes se tornaram muito caras (Becker, 2005).

Considerando a natureza físico-geográfica das fontes de energia e a sua importância econômica e estratégica para a riqueza e o poder dos Estados, o acesso à grandes reservas colabora para que um país possa manter projeções pacíficas de poder, combater as guerras e manter sua soberania (Bosman; Scholten, 2013).

Sendo assim, a geopolítica energética pode ser definida como um ramo da geopolítica moderna que estuda o impacto dos fluxos de energia sobre o poder e a influência das nações, ou seja, ela estuda a influência dos recursos energéticos nas relações internacionais de poder e nas estratégias políticas envolvendo o Estado e seu território (The Economist, 2018).

Tendo em vista que a energia proporciona poder e riqueza, pois, em regra, os Estados buscam o desenvolvimento, a ampliação do seu poder e a promoção da qualidade de vida do seu povo, dificilmente atingirá estes objetivos sem a oferta de reservas energéticas (Freitas, 2023).

Os recursos energéticos são vitais para o funcionamento das economias modernas. A disponibilidade e o controle desses recursos não apenas determinam a prosperidade econômica de um país, mas também aumentam a capacidade dos Estados exercerem influência e poder no cenário internacional (Freitas, 2023).

Fuertes faz uma menção bem interessante da definição de recursos energéticos e sua importância para os Estados:

Os recursos energéticos são todos os materiais ou elementos que a natureza oferece ao homem para a satisfação de suas necessidades primárias ou fundamentais e secundárias. Eles constituem a base de segurança e de opulência na vida dos povos; são os fundamentos do poder e da riqueza das nações, afetam os destinos dos homens tanto na guerra quanto na paz (Fuertes, 1964, p. 419).

Adicionalmente, a geopolítica energética ajuda a entender como a demanda de energia molda as relações de poder entre os Estados. Este campo de estudo explora a interação entre geografia, política e recursos energéticos, destacando como a localização e a disponibilidade desses insumos influenciam as estratégias políticas e econômicas dos países. A geopolítica energética se desenvolveu particularmente a partir do século 20, quando o petróleo emergiu como um recurso crítico para a industrialização, início de conflitos e a condução da guerra (Freitas, 2023).

A descoberta de novas fontes de energia pode alterar o equilíbrio de poder nas relações internacionais, promovendo o maior desenvolvimento de determinadas nações em razão da posse de recursos energéticos e minerais estratégicos, gerando disputas no Sistema Internacional. Enquanto a Era do Carvão e do Vapor foi o pano de fundo para o Império Britânico, nos séculos 18 e 19, a Era do petróleo foi a conjuntura observada pelos EUA no final do século 19 ao início do século 21 (Klare, 2015).

A energia também está ganhando destaque como instrumento da política internacional ao lado do poder militar, do poder econômico, da diplomacia e da influência ideológica e cultural. Surge, assim, o *energy power*², que consiste no uso

² Termo utilizado para um país ou grupo de países denominados como Potência Energética global (Nye, 2004).

das vantagens da produção e tecnologia de energia de uma nação para promover seus interesses globais e enfraquecer os de seus rivais (Klare, 2015).

O *energy power* pode ser usado, por exemplo, para reforçar laços com os parceiros geoestratégicos, como o acordo nuclear forjado entre os EUA e a Índia, ou para punir um vizinho recalcitrante, como no corte repetido de fornecimento de gás natural à Ucrânia pela Rússia. Outro exemplo que podemos interessante é o fornecimento de energia a amigos e aliados que se tornaram fortemente dependentes de suprimento fornecidos por uma potência hostil, como nos esforços dos EUA para afastar a Europa de sua dependência do gás natural russo (Klare, 2015).

O *energy power* vem ganhado importância como instrumento da política internacional por algumas razões. Primeiramente, há uma relutância em recorrer ao *hard power* (poder duro ou poder coercitivo)³ especialmente contra as grandes potências, por ser uma alternativa perigosa e altamente custosa. Ao mesmo tempo, há uma insatisfação com o *soft power* (poder suave ou poder de convencimento)⁴ que poderia ser uma ferramenta de influência mais potente. Além disso, soma-se ao receio dos crescentes temores sobre a segurança energética e a segurança das redes internacionais de suprimentos (Klare, 2015).

Como uma alternativa ao *hard power*, o *energy power* mostra a seriedade das intenções de uma nação, sem incorrer nos perigos da ação militar, como alternativa ao *soft power*, fornece um grau de alavancagem não disponível na diplomacia sozinha. Embora não seja tão duro quanto o *hard power*, o *energy power* pode envolver políticas que se elevam acima do nível do *soft power*. Por essa razão, o uso do *energy power* não é livre de riscos, podendo provocar, no extremo, uma resposta militar (Klare, 2015).

Com efeitos, a dependência energética entre as nações é um fator que move a geopolítica mundial. Uma breve análise das relações políticas mundiais demonstra a forte dependência de rotas energéticas, principalmente em torno de petróleo e gás natural, a busca pela diversificação das fontes energéticas e a formação de alianças

³ Consiste no uso de meios de coerção, indução e dissuasão, como o poder militar e o poder econômico, para exercer poder ou coagir outros Estados (Nye, 2004).

⁴ Consiste no uso de meios de persuasão e sedução, como a influência ideológica, social e cultural, para influenciar indiretamente outros Estados (Nye, 2004).

ou de surgimento de conflitos entre países para garantir o suprimento energético (Klare, 2015).

A independência energética entre as nações pode ser alcançada a partir da diversificação da sua matriz energética, evitando, assim, a dependência de uma única fonte, como ocorreu com o petróleo nas crises da década de 1970, fato que gerou a vulnerabilidade para alguns países. Ainda podemos colocar como exemplo também a influência da Rússia que utiliza seu vasto suprimento de gás como uma ferramenta de influência política para pressionar os países europeus. Isto mostra como a dependência energética pode ser explorada geopoliticamente (Carmona, 2020).

O ex-secretário de Defesa dos EUA, James Mattis, alertou sobre a vulnerabilidade na guerra causada pelas “correntes de combustível” e, a partir desse momento, as forças armadas estadunidenses passaram a investir em várias tecnologias de energia limpa, como turbinas eólicas, painéis solares e *minigrids*⁵ situados em bases militares para reduzir a dependência do petróleo em suas atividades militares (Klare, 2015).

Nesse contexto, nos últimos anos, a transição para as energias renováveis tem alterado a paisagem da geopolítica energética no mundo. O desenvolvimento de tecnologias de energia solar, eólica e outras fontes renováveis estão mudando a dinâmica do poder energético global. Países que antes dependiam pesadamente das importações de combustíveis fósseis estão investindo cada vez mais em capacidades de energia renovável, buscando maior independência energética e sustentabilidade. A China, por exemplo, emergiu como líder mundial em produção de energia renovável e alto investimento nesse setor, buscando não apenas reduzir sua poluição interna, mas também se posicionar como uma potência energética e tecnológica no mercado global de energia limpa (Carmona, 2020).

Além dos combustíveis fósseis, a energia nuclear surge no século 21 como uma poderosa fonte de energia alternativa, desempenhando um papel significativo na geopolítica energética. Países como os EUA, a França e a China têm investido fortemente em energia nuclear, tanto para reduzir a dependência de combustíveis

⁵ Conjunto de geradores de eletricidade e sistema de armazenamento de energia interligados a uma rede de distribuição que fornece eletricidade a um grupo pequeno e localizado em região e opera independentemente da rede de transmissão nacional (Energylopedia, 2021).

fósseis, quanto para desenvolver capacidades tecnológicas avançadas. No entanto, a proliferação nuclear também levanta preocupações de segurança internacional, como evidenciado nas tensões em torno dos programas nucleares do Irã e da Coreia do Norte (Carmona, 2020).

Jeremy Rifkin vê as energias renováveis não apenas como uma solução técnica para as possíveis crises energéticas de combustíveis fósseis, mas também como um catalisador na transformação econômica, social e ambiental abrangente. O autor acredita que a adoção de fontes de energia limpa é essencial para criar um futuro mais sustentável e equitativo para as sociedades (Rifkin, 2004).

Contudo, essa transição para uma economia de energia renovável não elimina os desafios geopolíticos. A demanda por minerais críticos, como lítio, cobalto e de minerais de terras raras⁶, essenciais para a fabricação de baterias e outras tecnologias de energia limpa, está criando novas áreas de competição, com potencial para a eclosão de conflitos e guerras. Gaston Bouthoul, em sua obra o “Tratado de Polemologia”, alinha-se com tal afirmação, destacando que a guerra apresenta os seguintes aspectos:

Cada guerra é política, porque os governos desempenham uma função nela; religiosa, porque intervém, de uma forma ou de outra, crenças, dogmas e princípios; demográficos, porque usa massas humanas e modifica as estatísticas de mortalidade; econômica, já que não há guerras sem destruição e deslocamento de riqueza, mesmo quando não há rivalidade econômica anterior (BOUTHOU, 1984, p. 76, tradução nossa).⁷

Países com grandes reservas desses minerais, como a Bolívia, a República Democrática do Congo e a China, estão se tornando centrais na nova geopolítica dos recursos energéticos (Carmona, 2020).

Rifkin argumenta que estamos à beira de uma terceira Revolução Industrial, caracterizada pela convergência das tecnologias de comunicação, novas fontes de energia renovável e sistemas de transporte inteligentes. Tal revolução tem o

⁶ Os minerais terras raras são considerados todos aqueles difíceis de se extrair, que possuem utilidade como matéria-prima para a indústria, compostos por cerca de 17 diferentes elementos químicos da família dos lantanídeos, adicionando também o ítrio e o escândio (GEOSCAN, 2022).

⁷ No original: “Cada guerra es a la vez política, puesto que los gobernantes desempeñan en ella una función; religiosa, porque hace intervenir, de un modo u otro, creencias, dogmas y principios; demografía. Porque utiliza masas humanas y modifica las estadísticas de la mortalidade; económica, pues no hay guerra sin destrucción y sin desplazamiento de riquezas, incluso cuando no exista rivalidade económica previa.”

potencial de transformar a economia global, promovendo um crescimento sustentável e criando novas oportunidades de emprego. As energias renováveis, como a solar e a eólica vêm ganhando visibilidade significativa, tendo em vista a capacidade de serem produzidas localmente, permitindo que comunidades e indivíduos gerem sua própria energia e reduzam a dependência de grandes corporações e infraestruturas centralizadas (Rifkin, 2004).

Além disso, a mudança climática está emergindo como um fator negativo e importante na transformação da geopolítica energética. A assinatura do Acordo de Paris em 2015⁸ foi um marco importante, comprometendo os países às metas de redução de emissões de dióxido de carbono (CO₂), incentivando a adoção de energias limpas. No entanto, a implementação dessas metas varia amplamente, tendo em vista que as disputas sobre responsabilidade e financiamento continuam a ser pontos de contenção nas negociações internacionais (Carmona, 2020).

Portanto, percebe-se que existe uma importante interseção entre a geopolítica e a energia, uma vez que a segurança energética e os problemas ambientais oriundos da produção da energia são temas importantes nas relações de poder e nas estratégias políticas envolvendo os Estados, seus territórios e suas sociedades.

Com isso, o controle e o acesso aos recursos energéticos continuam sendo uma fonte de poder e influência no cenário global. Com a crescente importância das energias renováveis e as pressões das mudanças climáticas, as dinâmicas dessa geopolítica estão mudando, apresentando novos desafios e oportunidades para os Estados. O futuro da geopolítica energética dependerá da capacidade dos países de se adaptarem a essas mudanças, investirem maciçamente em tecnologia para superar os desafios e de colaborarem com soluções sustentáveis e seguras na gestão desses recursos.

Com esse entendimento sobre a geopolítica e sua relação com as fontes energéticas como fonte de poder nas relações internacionais, segue-se uma visão sobre o posicionamento dos recursos renováveis no ordenamento global, bem como um panorama sobre as fontes de energia no século 21.

⁸ Acordo de Paris de 2015: Tratado que rege medidas de redução de emissão de dióxido de carbono a partir de 2020, e tem por objetivo fortalecer a resposta à ameaça da mudança do clima e reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos gerados por essa mudança (Organização das Nações Unidas, 2015).

3 A GEOPOLÍTICA DOS RECURSOS RENOVÁVEIS NO MUNDO

Ao longo do século 20, a interseção entre a energia e a geopolítica centrou-se em torno dos combustíveis fósseis. A geopolítica da energia ocupou-se, primordialmente, com a corrida mundial pelo petróleo, um recurso natural não renovável e esgotável, que se tornou a base da matriz energética mundial. Essa premissa de recurso esgotável gera um sentimento de vulnerabilidade para as nações consumidoras (Carmona, 2020).

Um exemplo notável dessa fragilidade, foi a crise do petróleo na década de 1970. Esse evento provocou grandes prejuízos nas economias dependentes de combustíveis fósseis, tendo em vista o aumento do valor desse insumo no mercado internacional devido sua escassez e, com isso, foram estimuladas a buscarem fontes alternativas de energia. A transição energética não é apenas uma questão ambiental, mas uma necessidade estratégica para garantir a segurança energética e econômica dos países (Barbosa, 2020).

No entanto, esse receio de escassez está se alterando, devido a três grandes mudanças no mundo desde o início do século 21. A primeira alteração é a revolução do xisto nos EUA, que colocou o país menos dependente de petróleo importado, além de ter gerado uma abundância de petróleo e gás nos mercados mundiais. A segunda novidade é o processo que está ocorrendo na China, que vem reduzindo a sua demanda de carvão e de petróleo, por meio do emprego de gás e de energias renováveis, acelerando o aproveitamento energético do vento e da luz solar, impedindo o crescimento das emissões de dióxido de carbono. A terceira e última mudança consiste na necessidade de criar um sistema energético com baixa emissão de carbono para combater as mudanças climáticas, pois o tema é relevante nos fóruns e debates internacionais entre nações. Contudo, para isso acontecer, deverão ser investidos trilhões de dólares em energia eólica e solar, baterias, redes elétricas e uma variedade de fontes de energia limpa experimentais, bem como a conscientização da população mundial (The Economist, 2018).

Esses processos estão desencadeando uma transição energética e uma corrida global pelas melhores tecnologias. Entretanto, existem preocupações associadas ao acesso dos elementos de terras raras e dos minerais críticos

necessários para fabricar o *hardware* necessário para as referidas tecnologias. De acordo com Francis O’Sullivan, da *MIT Energy Initiative*, “estamos saindo de um mundo em que o valor da energia está incorporado no recurso onde a tecnologia é o recurso”⁹ (The Economist, 2018, p. 3).

Na Europa, a Alemanha vem se destacando como líder mundial na transição energética, com a iniciativa conhecida como *Energiewende*. Esse programa visa transformar o sistema energético do país, aumentando a participação de energias renováveis, melhorando a eficiência energética e reduzindo a dependência de energia nuclear e de combustíveis fósseis. Em 2020, a energia renovável representou cerca de 45% da produção total de eletricidade da Alemanha (Carmona, 2020).

A transição energética nos EUA está sendo um processo complexo e multifacetado, caracterizado por uma combinação de políticas federais, estaduais e locais, além de esforços significativos do setor privado em termos de investimentos. Embora o país seja um dos maiores consumidores de energia do mundo, bem como importante poluidor ambiental e ainda dependa substancialmente de combustíveis fósseis, há o início de uma mudança significativa e crescente na adoção de fontes renováveis e no aumento na eficiência energética. Tem sido observado um crescimento robusto na capacidade de geração de energia eólica e solar (Carmona, 2020).

Em relação à China, o país está passando por uma transformação significativa em sua matriz energética, impulsionada por preocupações ambientais, necessidades de segurança energética e oportunidades econômicas relacionadas às energias renováveis. O país é o maior produtor de energia renovável do mundo. Em 2020, foi responsável por quase um terço da capacidade global desse tipo de fonte instalada, com destaque para a energia eólica e solar. Em termos de geração de eletricidade, especificamente, as hidrelétricas representam a maioria das fontes renováveis chinesas (Carmona, 2020).

Sendo assim, há como enumerar cinco características geográficas e técnicas dos sistemas de energia baseados em um sistema de fontes renováveis no mundo.

⁹ No original: “we are leaving a world where the value of energy is embedded in the resource where technology is the resource”.

Primeiro, as fontes de energia renováveis não são escassas ou geograficamente restritas como os combustíveis fósseis, e, em regra, a maioria dos países tem acesso a pelo menos alguma forma de energia renovável, seja eólica, solar, biomassa, hidrelétrica ou geotérmica. Contudo, o seu potencial não se espalha igualmente por todo o mundo (Scholten e Bosman, 2016).

Segundo, essas fontes, incluindo as mais potentes (solar e eólica), são intermitentes, o que significa que não estão disponíveis sob demanda e são dependentes do clima, o que mostra a importância de uma região tropical e de litoral. Terceiro, a natureza da tecnologia de geração de energia renovável sugere um sistema muito mais bem distribuído, o que promove a autossuficiência energética de países e de comunidades locais (Scholten e Bosman, 2016).

A quarta característica está relacionada à tecnologia de geração de energia renovável, pois às vezes requer a obtenção dos materiais de terras raras. Esses recursos podem precisar ser importados. A quinta e última característica, pode-se esperar que a eletricidade se torne a transportadora dominante de energia em um mundo alimentado por energia renovável, uma vez que as fontes com maior potencial (solar e eólica) são mais facilmente convertidas em eletricidade (Scholten e Bosman, 2016).

Conforme apresentado nas cinco características geográficas e técnicas dos sistemas de energia supracitadas, observa-se a importância das energias renováveis na matriz energética global. Entretanto, o aumento da produção dessas formas de energia pode trazer implicações significativas para a geopolítica dos Estados, em virtude da necessidade de capturar fontes de energia renováveis, como aquelas relacionadas aos materiais de terra rara, cruciais para certas aplicações de tecnologia limpa, como turbinas eólicas, painéis solares e outros meios de armazenamento. A China detém uma parcela significativa dos recursos de terras raras do mundo e vem adquirindo também os materiais raros no exterior (Scholten e Bosman, 2016).

Na visão de Francis O'Sullivan, o aumento do uso de energia renovável poderá trazer maior previsibilidade em alguns aspectos, mas também maior incerteza em outros, principalmente, por envolver vários tipos de fontes de energia que não são facilmente encontradas no mundo. Apesar da considerável incerteza

envolvida na transição energética para fontes renováveis, o autor acredita que, pelo menos, a longo prazo, um sistema global dominado por esse tipo de energia, será mais estável, pacífico e justo do que um sistema dominado por combustíveis fósseis (The Economist, 2018).

Sendo assim, pode-se esperar que futuramente ocorrerão mudanças profundas na matriz energética mundial, por conta da redução da participação das energias fósseis (carvão e petróleo), do aumento da participação do gás natural e das energias renováveis, principalmente a solar, eólica e biocombustíveis, surgimento de novas tecnologias devido ao aumento de pesquisa e investimentos no setor energético e mudanças nos padrões de consumo nas sociedades.

Conforme o conceito apresentado neste capítulo, pode-se dizer que a geopolítica dos recursos renováveis no mundo está intrinsecamente ligada ao panorama mundial da geopolítica da energia no século 21, uma vez que os principais atores como EUA, UE, China e o Brasil, estão redesenhando suas matrizes energéticas em resposta às demandas de sustentabilidade, segurança energética e problemas ambientais. No próximo capítulo aborda-se especificamente a situação das matrizes energéticas desses Estados.

4 O PANORAMA MUNDIAL DA GEOPOLÍTICA DA ENERGIA NO SÉCULO 21

O estudo da geopolítica da energia tornou-se essencial no século 21, à medida que as questões energéticas se interligam de maneira intrínseca com a política internacional, a economia global e as preocupações ambientais. O panorama mundial da geopolítica da energia abrange uma vasta gama de temas, desde a distribuição e controle de recursos naturais até as estratégias de segurança energética e os impactos das transições para fontes de energia renováveis (Freitas, 2023).

A energia é um dos principais motores do desenvolvimento econômico e da estabilidade social, e seu acesso seguro e sustentável é crucial para as nações. As grandes potências, bem como os países em desenvolvimento, têm interesses estratégicos na garantia de fontes de energia confiáveis e acessíveis, o que frequentemente leva a complexas dinâmicas de cooperação ou até mesmo conflitos (Freitas, 2023).

Para melhor compreender as implicações da transição energética mundial na geopolítica da energia, é importante conhecer o panorama atual de sua matriz. Para isso, utiliza-se como base de referência deste capítulo a matriz energética de quatro atores principais na geopolítica de energia global: EUA, União Europeia, China e Brasil.

4.1 Estados Unidos da América

A produção de petróleo e de gás não convencional (*shale gas e tight oil*) nos EUA reduziu a dependência norte-americana do petróleo do Oriente Médio. Em setembro de 2017, os EUA tiveram mais exportações de gás natural que importações pela primeira vez em seis décadas. Isso graças às inovações de duas frentes: primeira pelo desenvolvimento de métodos não convencionais, como a perfuração horizontal e o faturamento hidráulico, que permitiram às empresas aproveitarem gases anteriormente irrecuperáveis e a extração de gás natural de formações rochosas de xistos. Essas técnicas ajudaram a lançar a chamada “revolução americana do xisto”, permitindo que empresas americanas aumentassem

a produção de “*shale gas*”¹⁰ mais de 11 vezes entre 2011 e 2015; e a segunda pelo desenvolvimento de uma nova maneira de transportar gás natural por meio de sua forma líquida. O gás natural líquido (GNL) pode ser transportado com segurança por meio de navios especializados, e entregue em qualquer localidade com instalações de GNL. Isso representa um passo bastante importante para a segurança energética dos países, aumentando a oferta de GNL (Carmona, 2020).

Conforme a Administração de Informação de Energia dos EUA da sigla em inglês EIA, em 2021, a energia eólica representou cerca de oito por cento da geração total de eletricidade do país, e a energia solar contribuiu com cerca de três por cento (EIA, 2022).

A tabela abaixo apresenta a configuração da matriz energética dos EUA:

Tabela 1 – Matriz Energética dos EUA em 2021.

Matriz Energética dos EUA em 2021	
Gás Natural	32%
Petróleo	36%
Carvão	12%
Nuclear	8%
Renováveis (Eólica, biomassa, solar e hidrelétrica)	12%

Fonte: EIA, 2022.

Portanto, o país tem potencial para exercer o *energy power*, devido suas vastas reservas de petróleo e gás, o aumento significativo de investimento em energias renováveis, como solar, eólica e biomassa. Em relação à tecnologia, a sua indústria de energia é conhecida por sua inovação tecnológica. Isso inclui os avanços em eficiência energética, armazenamento de energia e novas tecnologias para exploração e produção de petróleo e gás. Sua política energética tem variado ao longo do tempo, mas geralmente há um foco em garantir a independência energética e promover a inovação com programas de incentivos e altos investimentos no setor de desenvolvimento de energias renováveis. E, finalmente, a infraestrutura energética americana é bem desenvolvida, com uma vasta rede de oleodutos, gasodutos e sistemas de transmissão elétrica.

¹⁰ O shale gas, também conhecido como gás de xisto ou folhelho, é o gás natural não-convencional encontrado dentro de rochas sólidas de xisto. O xisto é a rocha sedimentar argilosa mais abundante que existe, e em alguns casos, pode conter gás natural (CBIE, 2020).

Esses fatores combinados fazem com que os EUA tenham o potencial de ser uma das maiores potências energéticas globais, tanto em termos de produção quanto de inovação no setor e sustentabilidade.

4.2 União Europeia

A União Europeia (UE)¹¹ possui alta dependência do gás russo, o que torna esta fonte a sua vulnerabilidade, além de controvérsia na política energética do bloco europeu. Atualmente, cerca de um terço do gás europeu vem da Rússia, e Moscou espera aumentar ainda mais sua participação nesse mercado com a construção de dois gasodutos que ligará os mercados do sul da Europa via Turquia e Grécia e outro ligando ao norte da Alemanha (Carmona, 2020).

Entretanto, os países bálticos e nórdicos estão tentando se livrar da dependência das importações do gás russo com a construção de um novo gasoduto, chamado *Balticconnector*, que ligará a Finlândia e a Estônia e desempenhará um papel muito importante na estratégia energética da UE e trará benefícios econômicos e políticos para os países da região, aumentando também a participação de fontes renováveis (Carmona, 2020).

A tabela abaixo, apresenta a configuração de uma maneira geral da matriz energética da UE:

Tabela 2 – Matriz Energética da UE em 2021.

Matriz Energética da UE em 2021	
Gás Natural	24%
Petróleo	32%
Carvão	13%
Nuclear	13%
Renováveis (Eólica, biomassa, solar e hidrelétrica)	18%

Fonte: European Commission, 2023.

¹¹ Os dados da União Europeia são baseados na média da produção absoluta da matriz energética das principais potências do bloco, sem levar em consideração as políticas de energia de cada país (Carmona, 2020).

Observamos que a UE possui potencial de se tornar potência energética, entretanto, precisa enfrentar alguns desafios como, por exemplo: a dependência de Importações significativas de energia, especialmente gás natural e petróleo; a diversidade de políticas nacionais de seus Estados-membros, onde cada país tem suas próprias políticas energéticas e prioridades; e a infraestrutura energética precisa ser expandida e atualizada, incluindo redes de transmissão e sistemas de armazenamento de energia, nas quais são áreas críticas.

Portanto, conseguindo ser independente de combustíveis fósseis, associado a combinação de inovação tecnológica, políticas energéticas favoráveis de bloco único e com o compromisso de sustentabilidade, a UE poderá ser uma forte candidata a se tornar uma potência energética global no futuro.

4.3 China

No que tange à China, a sua alta dependência de combustíveis fósseis reflete uma vulnerabilidade em sua política energética e ambientalista. A China é a maior consumidora mundial de carvão. A segunda maior de petróleo, depois dos EUA. O país produz mais dióxido de carbono do que qualquer outra nação, entretanto, está lidando com essa dependência excessiva de duas formas. A primeira reequilibrando a economia baseada em indústrias extensivas em energia. Segunda, liderando o mundo em energia limpa, com planos ambiciosos para descentralizar e descarbonizar o suprimento de energia. Nos últimos anos, por meio de metas políticas e incentivos à fabricação, a China gastou mais na limpeza de seu sistema energético do que os EUA e UE juntos (The Economist, 2018).

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), a China possui um terço de energia eólica e um quarto de sua capacidade solar do mundo e possui também dos dez fabricantes de painéis solares e quatro dos dez principais fabricantes de turbinas eólicas. O país vende mais veículos elétricos do que o resto do mundo combinado e lidera o mundo na construção de usinas nucleares. A China é o maior consumidor de energia do mundo, com uma matriz energética ainda fortemente dependente de carvão, mas com um rápido crescimento das energias renováveis (The Economist, 2018).

A tabela abaixo apresenta a configuração da matriz energética da China:

Tabela 3 – Matriz Energética da China em 2021.

Matriz Energética da China em 2021	
Carvão	55%
Petróleo	19%
Gás Natural	9%
Nuclear	2%
Renováveis (Eólica, biomassa, solar e hidrelétrica)	15%

Fonte: TRADE, 2022.

A China pode ser considerada uma potência energética por ter um planejamento centralizado, onde a política energética é fortemente influenciada pelo governo central, o que permite a implementação rápida e coordenada de projetos de infraestrutura energética e suas metas ambientais são ambiciosas para reduzir as emissões de carbono e aumentar a proporção de energias renováveis em sua matriz energética. O país investe massivamente em energia hidrelétrica, eólica e solar, refletindo sua estratégia de diversificação energética e redução da poluição do ar. Embora o carvão ainda domine, a crescente participação de fontes renováveis é uma tendência notável.

4.4 Brasil

A matriz energética do Brasil é uma das mais diversificadas e sustentáveis do mundo. A energia hidrelétrica é a principal fonte, aproveitando grandes rios para gerar energia limpa, embora a dependência dessa matriz possa ser um risco em períodos de seca. As fontes fósseis, como petróleo, gás natural e carvão, ainda são utilizadas, mas sua participação tem diminuído. Os desafios incluem a dependência da energia hidrelétrica, a necessidade de modernização da infraestrutura de transmissão e distribuição, e a necessidade de contínuos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (Carmona, 2020).

No entanto, há grandes oportunidades na diversificação com fontes eólicas e solares, na exportação de tecnologia e expertise em bioenergia e hidroeletricidade, e

na implementação de políticas governamentais que incentivem o uso de energias renováveis. Com políticas estratégicas adequadas, o Brasil pode continuar a expandir e diversificar sua matriz energética, fortalecendo sua posição como líder global em energia sustentável (Carmona, 2020).

A tabela abaixo, apresenta a configuração da matriz energética do Brasil:

Tabela 4 – Matriz Energética do Brasil em 2021

Matriz Energética do Brasil em 2021	
Carvão	5%
Petróleo	38%
Gás Natural	10%
Nuclear	1%
Renováveis (Eólica, biomassa, solar e hidrelétrica)	46%

Fonte: EBE, 2023.

As informações relevantes de cada item da matriz energética brasileira serão apresentadas na sessão seis deste trabalho.

Ao analisar as matrizes energéticas dos EUA, EU, China e do Brasil, observamos diferentes prioridades estratégicas, porém convergindo para adoção de medidas focadas em energias renováveis. Os EUA se destacam na preeminência do gás natural; a UE, pelo avanço significativo das energias renováveis para se libertar do combustível russo; a China com um rápido crescimento das fontes renováveis para substituir o carvão; e o Brasil em sua matriz energética bastante diversificada, aumentando consideravelmente em energias renováveis, com predominância na fonte elétrica.

Sendo assim, observamos que o aumento e desenvolvimento das energias renováveis no século 21 tem sido impulsionado por uma combinação de avanços tecnológicos, políticas favoráveis e preocupações ambientais.

As energias solar, eólica, hidrelétrica, biomassa e geotérmica estão desempenhando papéis cada vez mais importantes na matriz energética global, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e promovendo a sustentabilidade. Sendo assim, a transição para um sistema energético baseado em fontes renováveis é não apenas necessária para mitigar as mudanças climáticas, mas também viável e economicamente vantajosa. A contínua inovação e políticas

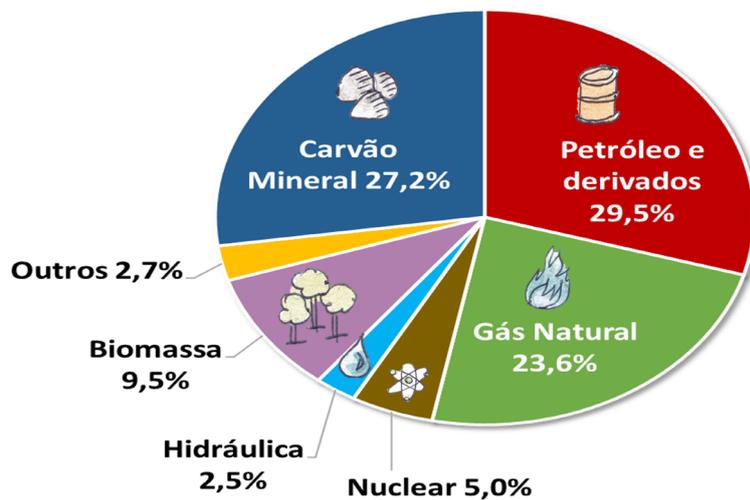
estratégicas eficientes são essenciais para acelerar essa transição e garantir um futuro energético sustentável (Jacobson et al., 2015).

As políticas estratégicas são fundamentais para aumentar os recursos energéticos renováveis. A infraestrutura adequada e o planejamento de longo prazo asseguram que a transição energética seja coordenada e eficiente. Finalmente, países que lideram a transição energética podem se tornar líderes no mercado global de tecnologias renováveis, fortalecendo sua posição econômica e geopolítica (Freitas, 2023).

Portanto, políticas estratégicas bem desenhadas são fundamentais para enfrentar os desafios da transição energética e garantir que os benefícios das energias renováveis sejam plenamente realizados. Com isso, o Brasil pode não apenas fortalecer sua segurança energética e sustentabilidade ambiental, mas também impulsionar o desenvolvimento econômico e se destacar como um líder internacional em energias renováveis.

Conforme a figura 1 a matriz energética do mundo é composta por fontes renováveis¹² e não renováveis.

Figura 1 – Matriz Energética Mundial em 2021.



Fonte: IEA, 2023

¹² Fontes renováveis como solar, eólica e geotérmica juntas correspondem a apenas 2,7% da matriz energética mundial, assinaladas como “Outros” no gráfico.

5 BRASIL, POTÊNCIA ENERGÉTICA: DESAFIOS À SEGURANÇA NACIONAL

Antes de apresentar a potencialidade do Brasil em termos de ações e capacidade energética, é necessário destacar que os órgãos do Estado precisam realizar uma reflexão sobre as consequências geopolíticas da ascensão do Brasil como potência energética, em meio a um cenário internacional caracterizado por vários impasses e tensões. Nessa reflexão deve-se buscar o objetivo de aperfeiçoar a estratégia nacional de energia (Carmona, 2020).

Tendo em vista as reservas energéticas do Brasil serem um dos vetores potenciais mais importantes para o desenvolvimento nacional, faz-se necessário maximizar ganhos para o Estado brasileiro decorrente da monetização de suas reservas. Urge, portanto, intensificar a transformação das reservas em capacidade material que alavanque o desenvolvimento de novas áreas de dinamismo econômico e a segurança nacional, através do fortalecimento da capacidade industrial brasileira, pois não se pode desconsiderar ou negligenciar que o setor energético renovável em breve estará plenamente associado a política de poder das nações, isto é, a geopolítica (Carmona, 2020).

O Brasil possui uma matriz energética diversificada e se apresenta como um dos líderes mundiais na produção de energia a partir de fontes renováveis. A combinação de hidroeletricidade, biomassa, energia eólica, solar, petróleo e gás coloca o país em uma posição única no cenário energético global. Adicionalmente, a energia nuclear começa a ser inserida nos objetivos nacionais. A matriz energética do Brasil reflete a abundância de recursos naturais, contudo, necessita de mais investimentos na infraestrutura e tecnologia (Carmona, 2020).

A energia hidrelétrica é a principal fonte de eletricidade no Brasil, responsável por cerca de 60% da geração total. O país possui vastos rios e uma topografia favorável, que permitem a construção de grandes usinas hidrelétricas sendo a espinha dorsal da geração de eletricidade brasileira, devido à sua capacidade de fornecer energia de forma contínua e com baixos custos operacionais. Algumas das maiores usinas hidrelétricas do mundo, como Itaipu e Belo Monte, estão localizadas no Brasil, destacando a capacidade do país de aproveitar seus recursos hídricos (EPE, 2020).

Além da hidreletricidade, a biomassa desempenha um papel significativo na matriz energética brasileira. A utilização de resíduos agrícolas, especialmente bagaço de cana-de-açúcar, para a geração de energia elétrica e produção de biocombustíveis, como etanol, é uma característica marcante do setor energético do Brasil. O Programa Nacional do Álcool (Proálcool), lançado na década de 1970, foi um marco importante para o desenvolvimento do etanol como alternativa à gasolina, tendo em vista que o país foi o pioneiro na produção do produto a partir de cana-de-açúcar, e a biomassa representa uma solução viável e sustentável para a diversificação da matriz energética. O etanol brasileiro é amplamente utilizado tanto internamente quanto exportado para outros países (Goldemberg, 2007).

A energia eólica tem experimentado um crescimento acelerado no Brasil nos últimos anos. Graças a políticas de incentivo e leilões de energia renovável, a capacidade instalada de energia eólica cresceu significativamente. O Brasil tem um dos melhores recursos eólicos do mundo, com fatores de capacidade que ultrapassam 40% em várias regiões. Os estados do Nordeste, como Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará, são particularmente favoráveis ao desenvolvimento de parques eólicos devido aos ventos constantes e fortes. O crescimento da energia eólica contribui para a diversificação da matriz elétrica e para a redução da dependência de fontes fósseis (ABEEólica, 2021).

A energia solar fotovoltaica também tem ganhado espaço na matriz energética brasileira. Com um grande potencial solar devido à sua localização geográfica, o Brasil tem investido cada vez mais em usinas solares e em sistemas de geração distribuída. A capacidade instalada de energia solar no Brasil ultrapassou 10 GW em 2021, mostrando um crescimento significativo nos últimos anos. A geração distribuída, em particular, tem sido impulsionada por políticas de incentivo que permitem aos consumidores gerar sua própria energia e injetar o excedente na rede elétrica (EPE, 2021).

O petróleo e o gás natural continuam a desempenhar um papel crucial na matriz energética brasileira, especialmente no que diz respeito ao abastecimento de combustíveis e geração térmica de eletricidade. O Brasil é um dos maiores produtores de petróleo do mundo, com grande parte de sua produção proveniente do pré-sal, uma formação geológica rica em hidrocarbonetos localizada em águas

profundas do Oceano Atlântico. A Petrobras, a empresa estatal de petróleo, tem sido fundamental no desenvolvimento dessas reservas. As descobertas no pré-sal transformaram o Brasil em um importante ator no mercado global de petróleo, com produção crescente e exportações significativas. O gás natural, por sua vez, é utilizado tanto na geração de eletricidade quanto na indústria e no transporte (Carmona, 2020).

5.1 PETRÓLEO

O petróleo é uma das principais fontes de energia no mundo e desempenha um papel crucial na economia global. No Brasil, a indústria petrolífera é um setor estratégico que contribui significativamente para o desenvolvimento econômico. A descoberta das reservas do pré-sal, localizadas em águas profundas do Oceano Atlântico, transformou o Brasil em um dos maiores produtores de petróleo do mundo, o que posiciona o Brasil como um importante ator no mercado global de petróleo (Carmona, 2020).

A Petrobras, empresa estatal de petróleo do Brasil, tem desempenhado um papel fundamental na exploração e produção dessas reservas. A companhia tem investido pesadamente em tecnologias avançadas para explorar o petróleo em águas profundas e ultra profundas, superando desafios técnicos e ambientais significativos. A produção do pré-sal tem sido um dos principais motores de crescimento da Petrobras, com a empresa alcançando recordes de produção nos últimos anos e a possível descoberta de uma reserva na faixa equatorial poderá solavancar ainda mais o petróleo brasileiro (Carmona, 2020).

Além de sua importância econômica, o petróleo tem implicações geopolíticas significativas. O controle sobre as reservas existentes é um fator crucial nas relações internacionais, influenciando políticas externas e alianças estratégicas. A segurança do abastecimento de petróleo é uma preocupação central para muitos países, dado o papel vital do petróleo na economia global o que coloca o insumo como uma arma econômica fundamental na luta pela supremacia global (Yergin, 1991).

No entanto, a indústria do petróleo enfrenta desafios significativos, incluindo a volatilidade dos preços e as preocupações ambientais associadas à sua extração e

uso. As emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de combustíveis fósseis contribuem para as mudanças climáticas, levando a um crescente movimento em direção a fontes de energia mais limpas e sustentáveis. A transição para fontes de energia renováveis passa a ser essencial para mitigar os impactos ambientais do uso de petróleo (Goldemberg, 2007).

5.2 GÁS NATURAL

O gás natural é uma fonte de energia fóssil que tem ganhado destaque pela sua eficiência e menor impacto ambiental em comparação com outros combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo. Composto principalmente por metano, o gás natural é utilizado amplamente na geração de eletricidade, aquecimento e como matéria-prima na indústria química. No Brasil, o gás natural desempenha um papel importante na matriz energética, representando uma alternativa para a diversificação e a segurança do abastecimento energético (ANP, 2020).

A produção e o consumo de gás natural no Brasil têm crescido nos últimos anos, impulsionados pela descoberta de reservas no pré-sal e pela ampliação da infraestrutura de transporte e distribuição. A Petrobras, principal produtora de gás natural no país, tem investido significativamente em projetos de exploração e produção para aumentar a oferta no mercado interno (ANP, 2020).

O uso de gás natural oferece vários benefícios ambientais. A queima do gás natural emite menos dióxido de carbono e poluentes atmosféricos em comparação com o carvão e o petróleo, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a melhora da qualidade do ar (Carmona, 2020).

No entanto, o setor de gás natural enfrenta desafios significativos, como a necessidade de expansão da infraestrutura de transporte e a flutuação dos preços internacionais. Além disso, apesar de ser menos poluente que outros combustíveis fósseis, o gás natural ainda contribui para as mudanças climáticas, sendo necessário avançar na transição para fontes de energia renováveis a longo prazo. Portanto, a transição energética deve incluir o gás natural como um combustível de transição, mas com investimentos contínuos em tecnologias renováveis (Carmona, 2020).

5.3 ENERGIA NUCLEAR

O desenvolvimento do enriquecimento de urânio pela Marinha do Brasil é um avanço significativo que pode transformar o cenário energético do país. O Programa Nuclear da Marinha (PNM), iniciado na década de 1970, tem como um de seus principais objetivos a produção de combustível nuclear para propulsão de submarinos. Recentemente, este programa tem ganhado destaque não apenas pela sua importância militar, mas também pelo seu potencial para a geração de energia elétrica, utilizando tecnologia nacional (Kassenova; Florentino; Spektor, 2020).

A propulsão nuclear é uma tecnologia que utiliza reatores nucleares para produzir energia, permitindo que submarinos e navios operem por longos períodos sem reabastecimento. O Brasil, através da Marinha, está desenvolvendo um submarino de propulsão nuclear, o Álvaro Alberto, que representa um marco na capacidade tecnológica do país. O desenvolvimento do submarino nuclear é uma demonstração do avanço científico e tecnológico do Brasil, além de contribuir para a soberania nacional (Kassenova; Florentino; Spektor, 2020).

O enriquecimento de urânio é um processo crucial para a propulsão nuclear, uma vez que o combustível utilizado nos reatores necessita de urânio-235 em uma concentração maior do que a encontrada na natureza. No Brasil, a tecnologia de enriquecimento de urânio está sendo dominada pela Marinha, que opera uma planta piloto de enriquecimento no Centro Experimental Aramar, em Iperó, São Paulo. Esta planta utiliza a tecnologia de ultracentrifugação, que é considerada eficiente e segura e passa a ser uma tecnologia estratégica para o programa nuclear brasileiro (Kassenova; Florentino; Spektor, 2020).

Além do uso militar, o domínio do enriquecimento de urânio possui um grande potencial para a geração de energia elétrica no Brasil. Atualmente, o país possui duas usinas nucleares em operação, Angra 1 e Angra 2, com uma terceira, Angra 3, em construção. Estas usinas utilizam urânio enriquecido importado. Com o desenvolvimento completo da tecnologia de enriquecimento, o Brasil poderá produzir seu próprio combustível nuclear, reduzindo a dependência de fornecedores

estrangeiros e aumentando a segurança energética (Kassenova; Florentino; Spektor, 2020).

A produção de energia nuclear apresenta várias vantagens, incluindo a geração de grandes quantidades de eletricidade com baixos níveis de emissões de gases de efeito estufa. Em um contexto de crescente demanda por energia e necessidade de reduzir a pegada de carbono, a energia nuclear pode complementar outras fontes renováveis, como a solar e a eólica. A energia nuclear é uma solução viável para a diversificação da matriz energética brasileira, oferecendo uma fonte estável e confiável de eletricidade (Kassenova; Florentino; Spektor, 2020).

No entanto, o desenvolvimento do enriquecimento de urânio e a expansão da energia nuclear no Brasil enfrentam desafios significativos. Um dos principais é a questão da segurança nuclear. A operação de reatores nucleares e o manejo de resíduos radioativos requerem rigorosos protocolos de segurança para evitar acidentes e proteger a população e o meio ambiente. A Marinha do Brasil, com sua expertise em tecnologia nuclear, está bem posicionada para garantir altos padrões de segurança em suas operações. A Marinha tem demonstrado capacidade técnica e compromisso com a segurança em seus projetos nucleares (Kassenova; Florentino; Spektor, 2020).

Outro desafio é o investimento necessário para expandir a infraestrutura nuclear. A construção de novas usinas nucleares e a implementação de uma cadeia completa de produção de combustível nuclear demandam recursos significativos. É essencial que o governo brasileiro e o setor privado colaborem para viabilizar esses investimentos. Além disso, é importante desenvolver um marco regulatório claro e estável para atrair investidores e garantir a sustentabilidade econômica dos projetos nucleares (Kassenova; Florentino; Spektor, 2020).

A aceitação pública da energia nuclear é outro fator crucial. A percepção do risco associado à energia nuclear pode gerar resistência entre a população. Portanto, é necessário investir em programas de comunicação e educação para informar a sociedade sobre os benefícios e os riscos da energia nuclear, além de promover a transparência nas operações nucleares (Kassenova; Florentino; Spektor, 2020).

Portanto, o desenvolvimento do enriquecimento de urânio pela Marinha do Brasil para propulsão nuclear é um projeto estratégico com potencial significativo para a geração de energia elétrica. A capacidade de produzir combustível nuclear de forma independente pode aumentar a segurança energética do Brasil, reduzir a dependência de importações e contribuir para a diversificação da matriz energética. No entanto, desafios como a segurança nuclear, os investimentos necessários, o marco regulatório e a aceitação pública devem ser abordados com cuidado. Com o avanço tecnológico e a colaboração entre governo, setor privado e sociedade, o Brasil pode se tornar uma potência energética, aproveitando sua capacidade nuclear para um futuro mais sustentável e autônomo.

5.4 ENERGIA HIDRELÉTRICA

A energia hidrelétrica é uma das principais fontes de eletricidade no mundo e desempenha um papel particularmente importante no Brasil. Esse tipo de energia é gerado a partir do aproveitamento do potencial hidráulico dos rios, utilizando a força da água em movimento para acionar turbinas que, por sua vez, geram eletricidade. O Brasil é um dos países com maior capacidade instalada de energia hidrelétrica, devido à sua geografia favorável de hidrovias e à abundância de recursos hídricos (Freitas, 2023).

A utilização da energia hidrelétrica no Brasil remonta ao início do século 20, mas foi durante as décadas de 1970 e 1980 que o país fez investimentos significativos para desenvolver seu potencial hidrelétrico. Hoje, a energia hidrelétrica representa cerca de 60% da matriz elétrica brasileira, tornando-se a principal fonte de energia elétrica do país. A predominância da hidroeletricidade na matriz elétrica brasileira se deve à disponibilidade de recursos hídricos e à competitividade econômica das usinas hidrelétricas (EPE, 2020).

A usina hidrelétrica de Itaipu, localizada no rio Paraná e operada em conjunto pelo Brasil e Paraguai, é um dos maiores exemplos da capacidade hidrelétrica do Brasil. Inaugurada em 1984, Itaipu é uma das maiores usinas hidrelétricas do mundo em termos de capacidade instalada e produção anual de energia.

Outro projeto significativo é a usina hidrelétrica de Belo Monte, no rio Xingu, que começou a operar parcialmente em 2016. Quando totalmente operacional, Belo Monte será uma das maiores usinas hidrelétricas do mundo, com capacidade instalada de 11.233 MW. A construção de Belo Monte, no entanto, tem sido controversa devido aos seus impactos ambientais e sociais. A construção de grandes barragens pode causar deslocamento de populações, alteração de ecossistemas e perda de biodiversidade, entretanto, os impactos ambientais e sociais das grandes usinas hidrelétricas na Amazônia são significativos e devem ser cuidadosamente considerados na avaliação de novos projetos (EPE, 2020).

Apesar dos desafios, a energia hidrelétrica apresenta várias vantagens. Uma das principais é sua capacidade de fornecer energia de forma contínua e estável, o que é crucial para garantir a segurança do fornecimento elétrico. Além disso, as usinas hidrelétricas têm baixos custos operacionais e de manutenção após a construção inicial. A energia gerada é limpa, sem emissões diretas de gases de efeito estufa, o que contribui para a redução da pegada de carbono do setor elétrico. A hidroeletricidade é uma fonte de energia renovável que combina alta eficiência com baixo impacto ambiental, quando comparada a outras fontes de energia (EPE,2020).

A gestão dos recursos hídricos é um aspecto crucial na operação das usinas hidrelétricas. A variabilidade das chuvas e a ocorrência de secas podem impactar significativamente a geração de energia. Para mitigar esses riscos, o Brasil tem investido em diversificação da matriz energética, incorporando outras fontes renováveis como a eólica e a solar. Além disso, a integração regional por meio de interconexões elétricas permite maior flexibilidade e segurança no fornecimento de energia (EPE, 2020).

Portanto, a energia hidrelétrica é um pilar fundamental da matriz energética brasileira, oferecendo uma fonte de energia limpa, estável e econômica. Embora a construção de grandes barragens possa ter impactos ambientais e sociais, os benefícios da hidroeletricidade são significativos. A contínua gestão sustentável dos recursos hídricos e a diversificação da matriz energética são essenciais para garantir a segurança energética do Brasil no futuro. A hidroeletricidade continuará a desempenhar um papel fundamental no fornecimento de energia do Brasil, mas será

complementada por outras fontes renováveis para assegurar um sistema energético mais resiliente e sustentável.

5.5 BIOMASSA

A biomassa é uma fonte de energia renovável que desempenha um papel crucial na matriz energética de muitos países, especialmente no Brasil. A biomassa é derivada de materiais orgânicos, como resíduos agrícolas, madeira, bagaço de cana-de-açúcar, resíduos florestais e outras substâncias vegetais. No contexto brasileiro, a biomassa tem uma importância particular devido à vasta disponibilidade de recursos naturais e ao histórico de desenvolvimento de biocombustíveis (Goldemberg, 2007).

A produção de energia a partir da biomassa no Brasil é fortemente associada ao setor sucroalcooleiro, que utiliza a cana-de-açúcar como matéria-prima. O bagaço de cana-de-açúcar, um subproduto da produção de açúcar e etanol, é amplamente utilizado para a geração de energia elétrica em usinas termoelétricas. Esse processo não só contribui para a autossuficiência energética das usinas, mas também para a exportação de excedentes de eletricidade para a rede nacional (Goldemberg, 2007).

O Programa Nacional do Álcool (Proálcool), iniciado na década de 1970, foi um marco importante para o desenvolvimento do setor de biocombustíveis no Brasil. Este programa foi criado em resposta à crise do petróleo, visando reduzir a dependência de combustíveis fósseis e promover a produção de etanol. Como resultado, o Brasil se tornou um dos maiores produtores e consumidores de etanol do mundo. Além de seu uso como combustível para veículos, o etanol também é utilizado em misturas com gasolina, o que contribui para a redução da poluição e da dependência de combustíveis fósseis importados (Freitas, 2023).

Outro exemplo significativo de utilização da biomassa no Brasil é a produção de biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais, gorduras animais e resíduos de óleo de cozinha. A produção de biodiesel é incentivada por políticas governamentais que estabelecem a obrigatoriedade da mistura de biodiesel no diesel fóssil. A introdução do biodiesel no mercado brasileiro tem contribuído para a

diversificação da matriz energética e para o desenvolvimento sustentável, ao promover a utilização de matérias-primas renováveis e reduzir as emissões de poluentes (Freitas, 2023).

A utilização de resíduos agrícolas e florestais como fonte de energia também é uma prática comum no Brasil. Resíduos como cascas de arroz, serragem, restos de colheitas e resíduos de madeira são frequentemente utilizados como combustíveis em caldeiras e fornos industriais. Essa prática não só contribui para a geração de energia, mas também para a gestão sustentável dos resíduos, evitando o descarte inadequado e promovendo a economia circular (Freitas, 2023).

A biomassa também é uma importante fonte de energia para as comunidades rurais e regiões remotas do Brasil, onde o acesso à eletricidade pode ser limitado. Sistemas de bioenergia descentralizados, como biodigestores que produzem biogás a partir de resíduos orgânicos, oferecem uma solução prática e sustentável para essas áreas. O biogás pode ser utilizado para a geração de eletricidade, aquecimento e como combustível para veículos. Os sistemas de bioenergia descentralizados podem proporcionar benefícios significativos para as comunidades rurais, incluindo a redução da dependência de combustíveis fósseis, a melhoria da gestão de resíduos e a geração de renda adicional (Freitas, 2023).

Sendo assim, a biomassa é uma fonte de energia renovável que desempenha um papel vital na matriz energética do Brasil. Sua utilização abrange a produção de eletricidade a partir do bagaço de cana-de-açúcar, a produção de etanol e biodiesel, o aproveitamento de resíduos agrícolas e florestais e a implementação de sistemas de bioenergia descentralizados. Esses usos não só contribuem para a diversificação da matriz energética, mas também promovem a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico.

5.6 ENERGIA EÓLICA

A energia eólica é uma fonte de energia renovável que tem ganhado destaque em todo o mundo, incluindo no Brasil, devido ao seu potencial de geração limpa e sustentável. A energia eólica é obtida a partir do vento, convertido em eletricidade por meio de aerogeradores. Esses equipamentos capturam a energia cinética do

vento e a transformam em energia elétrica por meio de turbinas. A seguir, examinaremos o papel da energia eólica no Brasil, seu desenvolvimento, benefícios e desafios.

O Brasil possui potencial substantivo para a geração de energia eólica, especialmente nas regiões Nordeste e Sul, onde as condições de vento são extremamente favoráveis. Estados como Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará têm se destacado na produção de energia eólica devido aos seus ventos fortes e constantes. O Brasil é um dos países com maior potencial eólico do mundo, e os fatores de capacidade nas regiões mais propícias podem ultrapassar 40%, o que é considerado excelente em termos globais (ABEEólica, 2021).

O crescimento da energia eólica no Brasil foi impulsionado por políticas governamentais e leilões de energia específicos para fontes renováveis. A partir de 2009, com o lançamento do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) e a realização dos primeiros leilões de energia eólica, o setor começou a se expandir rapidamente. Esses leilões garantiram contratos de longo prazo para os produtores de energia eólica, proporcionando segurança e viabilidade econômica para os investimentos. Os leilões de energia renovável no Brasil foram fundamentais para o desenvolvimento do setor eólico, permitindo a contratação de grandes volumes de energia a preços competitivos (Tolmasquim, 2016).

A energia eólica apresenta vários benefícios, sendo um dos principais a redução das emissões de gases de efeito estufa. Ao contrário das fontes fósseis, como o carvão e o petróleo, a geração de energia a partir do vento não produz emissões de CO₂, contribuindo assim para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, a energia eólica não consome água, um recurso cada vez mais escasso e valioso (Tolmasquim, 2016).

A diversificação da matriz energética é outro benefício significativo da energia eólica. A inclusão de fontes renováveis como a eólica ajuda a reduzir a dependência de fontes não-renováveis e a aumentar a resiliência do sistema elétrico. No Brasil, a energia eólica complementa a hidrelétrica, sendo a principal fonte de energia do país. Durante os períodos de seca, quando os reservatórios das usinas hidrelétricas estão baixos, a energia eólica pode fornecer uma alternativa valiosa para garantir o

fornecimento contínuo de eletricidade. A complementaridade entre a energia hidrelétrica e a eólica é uma característica importante do sistema elétrico brasileiro, aumentando a segurança energética (Tolmasquim, 2016).

No entanto, a energia eólica também enfrenta desafios. Um dos principais é a intermitência, já que a geração de energia depende da disponibilidade do vento, que pode variar ao longo do tempo. Para lidar com essa variabilidade, é essencial investir em tecnologias de armazenamento de energia e em um sistema de rede elétrica flexível e bem integrado. Além disso, a localização dos parques eólicos pode ser um desafio, pois as áreas com melhores condições de vento muitas vezes estão distantes dos grandes centros de consumo, exigindo investimentos significativos em infraestrutura de transmissão (Tolmasquim, 2016).

Outro desafio é o impacto ambiental e social dos parques eólicos. A construção e operação dos aerogeradores podem afetar a fauna local, especialmente aves e morcegos, e causar alterações na paisagem natural. É crucial realizar estudos de impacto ambiental detalhados e implementar medidas mitigatórias para minimizar esses efeitos. A avaliação ambiental adequada e a participação das comunidades locais são fundamentais para o desenvolvimento sustentável dos projetos eólicos (Tolmasquim, 2016).

A energia eólica é uma fonte de energia renovável com grande potencial no Brasil, contribuindo para a diversificação da matriz energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Apesar dos desafios associados à intermitência e aos impactos ambientais, os benefícios da energia eólica, como a sustentabilidade e a complementaridade com outras fontes, fazem dela uma peça-chave para o futuro energético do país. (Tolmasquim, 2016).

5.7 ENERGIA SOLAR

A energia solar fotovoltaica tem se destacado como uma das principais fontes de energia renovável no mundo e, particularmente, no Brasil, devido ao seu enorme potencial solar. Este tipo de energia é gerado pela conversão direta da luz solar em eletricidade por meio de células fotovoltaicas, compostas de materiais semicondutores, como o silício. O Brasil, com sua vasta extensão territorial e altos

índices de radiação solar, possui condições ideais para o desenvolvimento dessa tecnologia.

A expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil tem sido significativa nos últimos anos, impulsionada por políticas públicas e pela redução dos custos dos sistemas fotovoltaicos. Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) implementou a Resolução Normativa 482, que estabeleceu o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, permitindo que consumidores instalassem sistemas solares em suas propriedades e compensassem a energia gerada com a energia consumida da rede. A regulamentação foi um marco importante para o crescimento da geração distribuída de energia solar no Brasil (EPE, 2021).

O Brasil atingiu a marca de 10 GW de capacidade instalada de energia solar fotovoltaica em 2021, consolidando-se como um dos líderes mundiais em geração solar. A energia solar fotovoltaica oferece inúmeros benefícios ambientais, econômicos e sociais. Um dos principais benefícios é a redução das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. A energia solar é uma fonte limpa e renovável, que não emite poluentes durante sua operação. A adoção da energia solar fotovoltaica em larga escala pode reduzir significativamente a pegada de carbono do setor elétrico (Mei, 2020).

No entanto, a expansão da energia solar fotovoltaica enfrenta alguns desafios. Um dos principais é a intermitência da geração de energia, uma vez que a produção depende da incidência solar, que varia ao longo do dia e das estações do ano. Para mitigar este problema, é essencial o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia, como baterias, e a integração com outras fontes renováveis. Outro desafio é o custo inicial dos sistemas fotovoltaicos, que, embora tenha diminuído nos últimos anos, ainda pode ser elevado para muitos consumidores. Políticas de financiamento, incentivos fiscais e regulamentação são fundamentais para tornar a energia solar acessível a um maior número de pessoas (Mei, 2020).

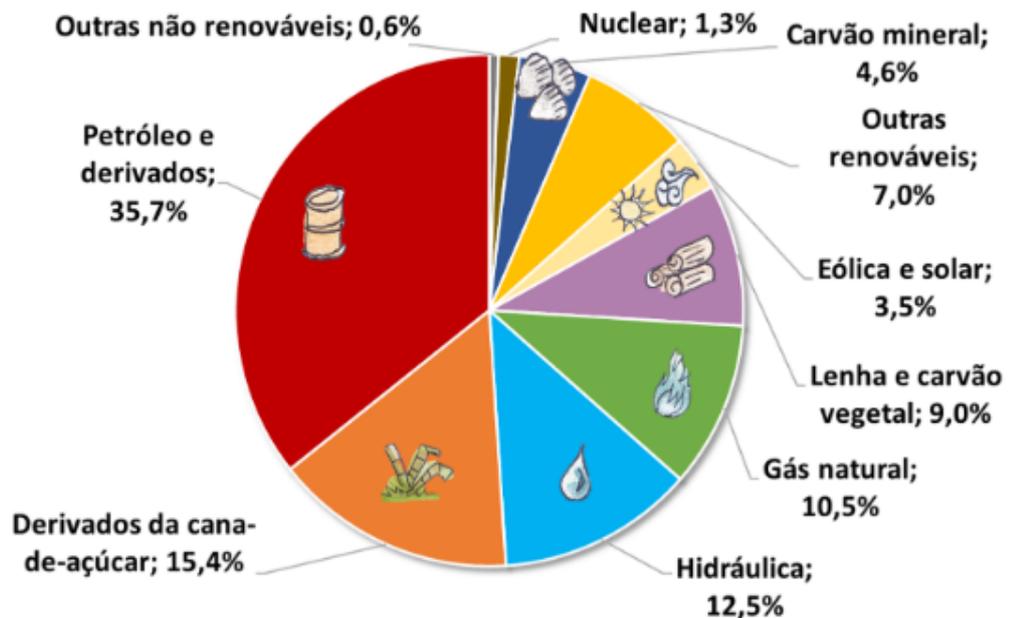
A energia solar fotovoltaica é atualmente a fonte mais competitiva do país e se posiciona como forte propulsora do desenvolvimento social, econômico e ambiental. Conforme afirma Rodrigo Sauaia, CEO da Absolar:

O crescimento acelerado da energia solar é tendência mundial e o avanço brasileiro nesta área é destaque internacional. O Brasil possui um dos melhores recursos solares do planeta e assume cada vez mais protagonismo neste processo de transição energética e combate ao aquecimento global (Sauaia apud Pacheco, 2024, p. 1),

A energia solar fotovoltaica representa uma oportunidade significativa para o Brasil avançar em direção a uma matriz energética mais limpa e sustentável. Com suas condições naturais favoráveis, políticas de incentivo e avanços tecnológicos, o Brasil está bem posicionado para continuar expandindo sua capacidade de geração solar. A energia solar fotovoltaica pode ser uma peça-chave para o futuro energético do Brasil, proporcionando benefícios ambientais, econômicos e sociais de longo prazo.

Portanto, a matriz energética do Brasil é muito diferente da mundial. Pelo fato de usar mais fontes renováveis proporcionalmente à matriz global. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana, eólica e solar e outras renováveis, o país totaliza 47,40%, dessas fontes, quase metade da matriz energética brasileira, como se pode observar na figura 2 abaixo:

Figura 2 - Matriz Energética do Brasil em 2021



Fonte: BEN, 2023

6 ANÁLISE COMPARATIVA DAS MATRIZES ENERGÉTICAS EM RELAÇÃO À BRASILEIRA

A comparação entre a matriz energética global, dos Estados abordados neste trabalho e a matriz energética brasileira revela diferenças significativas na composição e nas fontes de energia utilizadas, refletindo as particularidades econômicas, geográficas e políticas de cada região.

A matriz energética global ainda é dominada por fontes de energia fóssil, como petróleo, carvão e gás natural, que juntas representam a maior parte do consumo energético mundial, como vimos na figura 1. Apesar de esforços crescentes em várias partes do mundo para a transição para fontes de energia renovável, como solar, eólica e hidrelétrica, o ritmo de mudança varia consideravelmente entre as regiões, sendo mais acelerado em países desenvolvidos e em algumas economias emergentes.

A matriz energética do Brasil é notavelmente diversificada, com uma alta participação de fontes renováveis, especialmente hidrelétricas, que historicamente têm sido a espinha dorsal do setor elétrico nacional. Contudo, a vulnerabilidade hídrica e as mudanças climáticas exigem uma diversificação ainda maior. Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica tem emergido como uma solução vital. A expansão da geração distribuída de energia solar não apenas reduz as emissões de carbono, mas também melhora a resiliência da rede elétrica ao descentralizar a produção.

Em comparação, a matriz energética da China é fortemente baseada em carvão, apesar dos esforços recentes para aumentar a participação de energias renováveis e nucleares. A China lidera mundialmente em capacidade instalada de energia solar e eólica, mas a dependência do carvão ainda representa um desafio significativo para a sustentabilidade e redução de emissões de carbono.

Os EUA possuem uma matriz energética diversificada, com uma combinação de gás natural, nuclear, renováveis e carvão. A revolução do gás de xisto transformou o panorama energético dos EUA, reduzindo o consumo do petróleo e a dependência de carvão, promovendo a geração de energia com menores emissões de carbono. O crescimento das energias renováveis, como a solar e eólica, tem sido

notável, impulsionado por políticas de incentivo e avanços tecnológicos, favorecendo as políticas estratégicas para alcançar sua transição e se tornar uma Potência Energética.

A União Europeia, por sua vez, apesar da forte dependência dos combustíveis fósseis da Rússia, vem adotado uma abordagem agressiva em direção à descarbonização, com políticas rigorosas para promover energias renováveis e eficiência energética. A matriz energética na UE inclui uma combinação significativa de energia eólica, solar, biomassa e nuclear, juntamente com políticas robustas de precificação de carbono e regulação ambiental. Entretanto, necessita de uma conscientização política unificada dos Estados-membros para permitir o seu processo de transição energética mais eficiente e acelerado.

Enquanto o mundo enfrenta a urgente necessidade de mitigar as mudanças climáticas, a experiência brasileira pode servir como um modelo de transição energética baseada em recursos renováveis. No entanto, para alcançar uma matriz energética sustentável globalmente, será crucial aumentar a cooperação internacional, investir em tecnologias limpas e implementar políticas públicas eficazes que incentivem a redução da dependência de combustíveis fósseis.

Em resumo, a matriz energética brasileira apresenta uma composição mais sustentável e alinhada com os objetivos de desenvolvimento sustentável em comparação com a matriz global, mas tanto o Brasil quanto o restante do mundo precisam continuar avançando em direção a uma economia de baixo carbono para enfrentar os desafios ambientais do século 21.

De acordo com o levantamento realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), na comparação com o consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo, no ano de 2021, percebe-se pelo gráfico que a matriz energética brasileira é mais renovável do que a matriz mundial (EPE, 2023).

Figura 3 - Comparação de consumo de energia entre fontes renováveis e não renováveis



Fonte: EPE, 2023

Essa característica da matriz brasileira é muito importante. As fontes não renováveis de energia são as maiores responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (GEE). Como consumimos mais energia das fontes renováveis que em outros países, dividindo a emissão de gases de efeito estufa pelo número total de habitantes no Brasil, veremos que nosso país emite menos por habitante que a maioria dos outros países (EPE, 2023).

Especificamente, em relação aos Estados abordados neste trabalho, a tabela 5 ilustra uma comparação das matrizes energéticas dos principais atores que utilizam fontes de energia. Percebe-se que o Brasil está à frente para alcançar a transição energética para uma matriz de baixo carbono e, conseqüentemente, se tornar uma Potência Energética global.

Tabela 5 – Análise comparativa das matrizes energéticas

Fonte	Brasil	EUA	UE	China
Petróleo	38%	36%	32%	19%
Gás Natural	10%	32%	24%	9%
Carvão	5%	12%	13%	55%
Nuclear	1%	8%	13%	2%
Renováveis	46%	12%	18%	15%

Fonte: Elaborada pelo autor

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho, examinou-se a dinâmica da matriz energética brasileira e seu potencial para verificar se o país tem capacidade de ser potência energética global, focando na integração de fontes fósseis, renováveis, energia nuclear e as implicações para a segurança energética e sustentabilidade. Uma análise comparativa com as matrizes energéticas da China, EUA e UE oferece uma visão mais ampla das oportunidades e desafios que o Brasil enfrenta.

A energia nuclear representa uma componente estratégica na matriz energética brasileira, oferecendo uma fonte de energia constante e de baixa emissão de carbono. O Brasil possui um dos maiores potenciais de reservas de urânio do mundo, o que pode ser explorado para reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Um desenvolvimento notável é o reator nuclear da Marinha do Brasil para propulsão de submarinos, que não só fortalece a defesa nacional, mas também demonstra a capacidade do país em desenvolver tecnologia nuclear avançada. Este projeto pode abrir caminhos para futuras aplicações de energia nuclear em outras áreas, impulsionando ainda mais a segurança energética do Brasil.

Na corrida da transição energética mundial, o Brasil vem se destacando por ter uma vasta disponibilidade de recursos naturais, uma geografia bastante atrativa para a pesquisa e o desenvolvimento desses insumos e uma matriz energética diversificada. Isso possibilita ao país exercer um papel estratégico e significativo nessa nova ordem energética global.

Em comparação ao mundo, o Brasil possui maior capacidade de produção energética renovável. Devido ao seu vasto potencial de recursos naturais, o país está bem posicionado para liderar a transição para uma matriz energética mais limpa e sustentável. O aproveitamento das energias renováveis pode não apenas atender às necessidades internas de energia, mas também posicionar o país como um exportador de tecnologias e soluções sustentáveis. A liderança do Brasil no setor de biocombustíveis, por exemplo, demonstra como o país pode combinar inovação tecnológica com sustentabilidade ambiental para criar novas oportunidades econômicas.

A segurança energética do Brasil depende de uma infraestrutura robusta e resiliente. Investimentos em painéis solares, armazenamento de energia em larga escala e interconexões regionais são essenciais para acomodar a variabilidade inerente das fontes renováveis. As políticas públicas devem promover um ambiente regulatório estável e atrativo para investimentos em novas tecnologias e infraestrutura, garantindo uma transição energética eficaz e sustentável. Adicionalmente, incentivos fiscais, subsídios para energias renováveis e programas de financiamento verde podem acelerar a adoção de tecnologias limpas.

Em termos de sustentabilidade, a transição para uma matriz energética mais limpa e diversificada é essencial para mitigar os impactos das mudanças climáticas. A adoção de práticas de eficiência energética e a promoção da economia circular no setor energético também são fundamentais para reduzir a pegada de carbono.

Em suma, o Brasil tem o potencial de se tornar uma potência energética global ao equilibrar a diversificação de sua matriz energética com a implementação de políticas públicas eficazes. A segurança energética, a sustentabilidade e a inovação tecnológica devem ser os pilares dessa estratégia, garantindo um futuro energético robusto, sustentável e economicamente viável para o país.

Sendo assim, o Brasil precisa aprender com suas experiências, adaptando-se às melhores práticas e políticas para seu contexto único, caracterizado por substantivos recursos naturais. A capacidade de desenvolver e aplicar tecnologias avançadas, como o reator nuclear para submarinos, reforça a posição do Brasil na vanguarda da inovação energética, associado à sua diversidade de sua matriz energética, deixa o país em uma posição favorável para se tornar uma Potência Energética global.

Por fim, a importância do Brasil em se tornar uma potência energética é fundamental para a defesa nacional. Ao consolidar uma matriz energética diversificada e sustentável, o país não só garante maior autonomia e segurança energética, mas também fortalece a capacidade operativa de suas Forças Armadas. A Marinha do Brasil, em particular, beneficia-se de um abastecimento energético estável e confiável, essencial para a proteção das águas jurisdicionais brasileiras e para a projeção de poder no Atlântico Sul, contribuindo assim para a soberania e a segurança nacional.

REFERÊNCIAS

- ABEEÓLICA. **Relatório Anual de Energia Eólica 2021**. Associação Brasileira de Energia Eólica. ABEEÓLICA, 2021 Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/07/424_ABEEOLICA_RELATORIO-ANUAL-2021_V3.pdf. Acesso em: 01 jun. 2024.
- ANP. **Relatório Anual de Gás Natural 2020**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. ANP, 29021. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/fase-de-exploracao/raexp_2020.pdf. Acesso em: 25 mai. 2024.
- BARBOSA, Joaquim. **Segurança energética e sustentabilidade: Desafios e perspectivas**. São Paulo: Editora USP, 2020.
- BECKER, B.K.. **Geopolítica da Amazonia**. Estudos Avançados. Scielo, 2005 Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v1953/24081.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- BOSMAN, R; SCHOLTEN, D. **The Geopolitics of renewable energy; a mere shift of landslide in energy dependencies?**, Researchgate, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265694211_The_Geopolitics_of_Renewable_Energy_a_Mere_Shift_or_Landslide_in_Energy_Dependencies. Acesso em: 24 abr. 2024.
- BOUTHOU, Gaston. **Tratado de polemologia**. Madrid: Ediciones Ejército, 1984.
- CARMONA, Ronaldo Gomes. **Geopolítica & Energia**. São Paulo: Synergia, 2020.
- CBIE. **O que é Shale Gás?**. Centro Brasileiro de Infraestrutura, 2020. Disponível em: <https://cbie.com.br/o-que-e-o-shale-gas/>. Acesso em: 15 mai. 2024.
- EIA. **U.S. energy facts explained**. U.S. Energy Information Administration 2022. Disponível em: <https://www.eia.gov/energyexplained/us-energy-facts/>. Acesso em: 24 mai. 2024.
- TRADE. **Statistical Review of China**. Trade, 2022. Disponível em: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/china-energy>. Acesso em: 25 mai. 2024.
- ENERGYEDIA. **Definição e Visão Geral: Minigrids**. Energypedia, 2021. Disponível em: https://energypedia.info/wiki/Mini_Grids.html. Acesso em: 01 jun. 2024.
- EPE. **Balanco Energético Nacional 2020**. Empresa de Pesquisa Energética, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 21 mai. 2024.

EPE. **Balço Energético Nacional 2021**. Empresa de Pesquisa Energética, 2021. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/publicacoesarquivos/publicacao-675>. Acesso em: 25 mai, 2024.

EUROPEAN COMMISSION. **EU Energy in Figures**. European Commission, 2021. Disponível em: https://south.euneighbours.eu/wp-content/uploads/2023/10/eu-energy-in-figures-MJAB23001ENN_compressed.pdf. Acesso em: 29 mai. 2024.

FREITAS, Elisa Pinheiro. **Energia, Poder e Território: A geopolítica dos recursos energéticos sob a hegemonia do capitalismo**. São Paulo: Paco Editorial, 2023.

GEOSCAN. **O que são terras raras e sua importância**. Geoscan, 2021. Disponível em: <https://www.geoscan.com.br/terras-raras/#:~:text=Os%20minerais%20terras%20raras%20s%C3%A3o,o%20%C3%ADrio%20e%20o%20esc%C3%A2ndio>. Acesso em: 10 jun. 2024

GOLDEMBERG, J.. **Ethanol for a sustainable energy future**. Science, 2007. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1137013>. Acesso em: 24 mai. 2024.

IEA. **Balço Energético Nacional 2023**. Empresa de Pesquisa Energética, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 28 mai. 2024.

JACOBSON, M. Z., DELUCCHI, M. A., CAMERON, M. A., & FREW, B. A. **Low-cost solution to the grid reliability problem with 100% penetration of intermittent wind, water, and solar for all purposes**. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(49), 15060-15065, 2015. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1510028112>. Acesso em: 15 mai. 2024.

KASSENOVA, Togzhan; FLORENTINO, Lucas Perez; SPEKTOR, Matias. **Perspectivas para a Governança Nuclear no Brasil**, FGV, 2020. Disponível em: https://ri.fgv.br/sites/default/files/arquivos/Perspectivas%20para%20a%20Governan%C3%A7a%20Nuclear%20no%20Brasil/perspectivas_para_a_governanca_nuclear_no_brasil.pdf. Acesso em: 10 mai. 2024.

KLARE, M. T. **Hard Power; Soft Power; and Energy Power: The new Foreign Policy Tool**. Foreign Affairs, 2015. Disponível em: <https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/2015-03-03/hard-power-soft-power-and-energy-power>. Acesso em: 29 abr. 2024.

MEI, Paulo Roberto. **Energia Solar Fotovoltaica: Oportunidades para o Brasil**. São Paulo: Editora Paulo Roberto Mei, 2020.

NYE, Joseph. **The future of Power**. Nova Iorque: PublicAffairs, 2011.

O'SILLIVAN, Francis. **Clear power is shaking up the global geopolitics of energy**. The Economist, p. 3, 15 de mar. 2018. Disponível em <https://>

www.economist.com/special-report/2018/03/15/clear-power-is-shakig-up-the-global-geopolitics-of-energy.html. Acesso em: 15 mai. 2024.

PACHECO, Paula. **Ranking aponta o Brasil como o terceiro maior mercado mundial de energia solar**. ESG, p. 1, 21 de jun. de 2024. Disponível em: <https://exame.com/esg/ranking-aponta-o-brasil-como-o-terceiro-maior-mercado-mundial-de-energia-solar.html> . Acesso em 05 jun. 2024.

RIFKIN, J.. **“A Era do Hidrogênio.”** São Paulo: Makron Books, 2004.

THE ECONOMIST. **Global power need to the geopolitics out of energy**. The Economist, 2018. Disponível em: <https://www.economist.com/special-report/2018/03/15/global-powers-need-to-take-the-geopolitics-out-of-energy>. Acesso em: 24 abr. 2024.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia no Brasil**: Para um desenvolvimento sustentável. Estud. av., São Paulo, 2016.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia no Brasil**: Para um desenvolvimento sustentável. Estud. av., São Paulo, 2020.

TOSTA, **Octavio. Teorias Geopolíticas**. 1 ed. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1984.

YERGIN, D. **The Prize**: The Epic Quest for Oil, Money & Power. Free Press, 1991.

YERGIN, D. **The Quest: Energy, Security, and the Remaking of the Modern World**. Penguin Books, 2014.