

CAPÍTULO 3

Energias solar e eólica: soluções sustentáveis no combate às mudanças climáticas quando associadas à equidade e seus reflexos socioambientais

*Vitor Calandrini
Paulo Santos de Almeida¹*

RESUMO

Uma das formas de mitigação das mudanças climáticas é por meio da substituição de energias “sujas”, como as derivadas de queima de combustíveis fósseis, por energias consideradas “limpas” e sustentáveis como a eólica e a solar. Este capítulo foi elaborado a partir de pesquisa do tipo exploratória, que utiliza o método hipotético-dedutivo, baseado em literaturas e documentos publicados em periódicos científicos, associados à temática. O objetivo foi diagnosticar a atual situação das fontes de energia eólica e solar fotovoltaica dentro da matriz energética brasileira, sua relação com a NDC, e aspectos da sustentabilidade. Discutiu-se o aproveitamento destes meios energéticos

1 O autor agradece pelo apoio financeiro da Capes/USP no âmbito do Programa Institucional de Internacionalização Print/USP-Capes, na modalidade do Programa de Professor Visitante no Exterior, definido no Edital Print/USP-Capes nº 32/2022.

considerados renováveis no Brasil e as problemáticas associadas à necessidade de incorporação de aspectos socioambientais essenciais para a sustentabilidade. O estudo aborda a temática das ofertas energéticas eólica e solar fotovoltaica, com o olhar da sustentabilidade, e a anexação de externalidades negativas.

Palavras-chave: energia renovável; energia solar; energia eólica; mudanças climáticas; sustentabilidade.

SOLAR AND WIND POWER: SUSTAINABLE SOLUTIONS IN THE FIGHT AGAINST CLIMATE CHANGE WHEN ASSOCIATED WITH EQUITY AND ITS SOCIO-ENVIRONMENTAL REFLEXES

ABSTRACT

One way climate change mitigation is by replacing “dirty” energies, such as those derived from the burning of fossil fuels, with energies considered “clean” and sustainable, such as wind and solar. This exploratory research uses the hypothetical-deductive method, based on the literature and documents published in scientific journals, associated with the theme. The main goal is to diagnose the current situation of sustainable wind and solar photovoltaic energy sources within the Brazilian Energy Matrix, and their relationship with the NDC, and sustainability aspects. The use of these energy sources considered renewable in Brazil and the problems associated with the need to incorporate socio-environmental aspects essential for sustainability were discussed. This study addresses the issue of energy offers considered clean, with a sustainability perspective, and plus of the negative externalities as well.

Keywords: climate changes; renewable energy; solar power; sustainability; wind power.

3.1 INTRODUÇÃO

O homem, desde os primórdios, utiliza-se de energia em seu dia a dia, além da energia absorvida na ingestão de alimentos; e do sol, para manter-se aquecido. Passou por diversas fases e transformações nas formas de utilizar energias disponíveis pela natureza, como a do fogo, que revolucionou a evolução humana, e, atualmente, até mesmo o uso da energia nuclear.

Desde então, o uso de energia por grande parte da sociedade foi o alimentado pelo consumo desenfreado das diversas formas de energia, sem se considerarem os aspectos de limites ecossistêmicos, tema explorado por Steffen *et al.* (2015), e a preocupação com o uso sustentável desses recursos, pensando em sua escassez ou sobre-exploração, haja vista a necessidade de sua oferta não apenas em quantidade, mas em qualidade para as presentes e futuras gerações.

Podemos classificar as atuais fontes de energia para uso humano em dois grupos: o dos renováveis, cujas energias são naturalmente reabastecidas (Presotto, 2021); e o dos não renováveis, cujas energias, uma vez consumidas, não podem ser reaproveitadas.

Nesse sentido, o Brasil, por suas características físicas e hidrológicas, possui forte potencial para uma oferta energética renovável, seja pela sua base energética voltada para a energia hidrelétrica, seja pelas potencialidades relacionadas à energia eólica ou à solar, que crescem na casa dos três dígitos ano após ano (Castro, 2021).

O Brasil, como signatário do Acordo de Paris, firmado em 2015, que possui como foco o combate às mudanças climáticas, em substituição ao protocolo de Kyoto, apresentou metas nada conservadoras, pelas quais se compromete a reduzir as emissões de gases do efeito estufa do país em 37% até 2025, com base no ano de 2005, tendo o Brasil que reduzir a emissão de GEE em 755,9 milhões de toneladas, e 43% até 2030, e a neutralizá-las até 2050. Para atingir as metas, apresenta sua NDC, tendo como uma alternativa para contribuir para esse resultado a continuidade da alteração da matriz energética brasileira com o uso de energias renováveis, dentre elas a eólica e a solar.

As energias eólica e solar são consideradas energias limpas ou renováveis, uma vez que sua produção está associada à disponibilidade de movimentações de massas de ar e incidência de raios solares, respectivamente, mas, mesmo para o uso dessas formas de energia, há a necessidade de implantação de infraestrutura mínima de conversão, transmissão e distribuição, além da dependência de fatores climáticos favoráveis para sua utilização.

Uma problemática na transição da matriz energética para aquelas fontes de energia sustentáveis está exatamente na complexidade da instalação e da manutenção da infraestrutura, assim como a falta de uma análise complexa das externalidades negativas associadas à utilização dessas novas formas de energia, que podem não incluir em sua análise questões sociais e de bem-estar animal.

Assim, o objetivo deste trabalho é diagnosticar a atual situação das fontes de energia eólica e solar fotovoltaica dentro da matriz energética brasileira, sua relação com a NDC, e aspectos da sustentabilidade.

Parte-se da hipótese/do pressuposto de que, mesmo sendo tecnicamente viável, a expansão de energias sustentáveis na matriz energética brasileira passará pela necessidade de investimentos em infraestrutura e acesso a tecnologias necessárias para sua implementação à luz do debate da sustentabilidade, assim como há, ainda, precariedade na valoração dos custos ambientais da implantação dessas formas de energia.

3.2 METODOLOGIA

Para esta pesquisa do tipo exploratório, foi utilizado o método hipotético-dedutivo, partindo-se de uma problemática conhecida, descrita anteriormente, seguindo-se requisitos metodológicos rígidos de critérios comprovados (Gil, 2002); concomitantemente, enquadra-se no tipo qualitativo, pois se buscam, preferencialmente, a compreensão das motivações, percepções, valores e interpretações das pessoas e a extração de novos conhecimentos (Oliveira, 2011).

Para a pesquisa bibliográfica, foram realizadas buscas no banco de dados bibliográficos da Universidade de São Paulo pelo Portal de Busca Integrada (ÁGUA USP), no Balanço Energético Nacional do ano 2023, nos inventários de emissões de gases de efeito estufa, assim como nas legislações nacionais correlatas ao tema. Além de textos e referências associadas diretamente à temática sustentabilidade, foram utilizadas combinações de palavras-chave nas ferramentas de pesquisa existentes, dentre elas: “energia solar”, “energia eólica”, “NDC+Brasil”, “energia sustentável”, “energia limpa”, salientando que, em todas as buscas, serão analisadas as cinco primeiras listas de resultados por relevância, levantamento similar ao realizado por Marques (2018), considerando-se publicações entre 2000 a 2023, totalizando a análise de 200 artigos revisados por pares e legislação federal correlatas ao tema.

Com os resultados da pesquisa e sua análise, foi possível realizar um diagnóstico da atual situação das fontes de energia eólica e solar, seus principais impactos de implantação e expansão; de como o estado brasileiro delimitou sua NDC visando a diminuir as emissões de GEE; e das principais implicações para que, de fato, a energia eólica e a solar sejam consideradas sustentáveis.

3.3 OS ASPECTOS DA SUSTENTABILIDADE E A PRODUÇÃO DE ENERGIA SUSTENTÁVEL

A evolução histórica do contexto de desenvolvimento, no qual a seara ambiental surge muitos anos após uma visão tradicional de desenvolvimento, em que o termo “desenvolvimento” era lido como “desenvolvimento econômico”, e a utilização de re-

recursos naturais era a força motriz para se alcançá-lo, deixa de lado o desenvolvimento qualitativo, muitas vezes confiando que a tecnologia seria sempre capaz de respeitar a resiliência dos ambientes e, dessa forma, manter o crescimento econômico como forma de desenvolvimento social e dos povos (Furtado, 2000).

A visão de desenvolvimento econômico como sinônimo de desenvolvimento começa a definhir quando estudos mostram que essa relação não é direta, pois países desenvolvidos também são aqueles em que se pode ver aumentando as desigualdades sociais, e, embora a renda per capita tenha aumentado, a concentração de renda é comprovada (Nayyar, 2000). Adicionalmente, verifica-se que os recursos são finitos, e seriam necessárias estratégias para se manter o desenvolvimento, mas sem que isso necessariamente fosse ao custo do aumento da degradação ambiental (Ayres, 1998). Chega-se a um limiar em que a única alternativa seria a estagnação, seguindo uma trajetória decrescente do consumo de recursos naturais, buscando-se associá-los diretamente ao desenvolvimento (Amado, 2010).

No sentido da compreensão deste debate, *ad argumentandum*, vale considerar que a pauta sobre o esgotamento dos recursos naturais e seus limites ou fronteiras planetárias traz a Justiça Socioambiental e seu fortalecimento como um elemento fundamental para o desenvolvimento e o equilíbrio global. Por meio do conceito de *fronteira planetária*, incorporado no debate da sustentabilidade em meados de 2009, objetivou-se definir os limites ambientais dentro dos quais a humanidade possa vislumbrar uma operacionalidade mais segura. “Esta abordagem provou ser influente no desenvolvimento de políticas de sustentabilidade global” (Steffen *et al.*, 2015, p. 736).

Considerando-se as fronteiras planetárias, argumenta-se que há de se considerar evolução atualizada de aspectos como exigência de proteger os mais vulneráveis contra danos ambientais, inclusive decorrentes das mudanças climáticas, com foco na transição energética, e a inclusão dos aspectos da Justiça Ambiental como instrumento promotor de equidade e participação socioambiental garantidores da proteção dos recursos ambientais (Rockström *et al.*, 2023). Afirmando, portanto, que:

A estabilidade e a resiliência do sistema terrestre e o bem-estar humano estão inseparavelmente ligadas, mas as suas interdependências são geralmente sub-reconhecidas; consequentemente, muitas vezes são tratados de forma independente. [...] O mais rigoroso dos limites seguros ou justos define o LSP ‘(Limites do Sistema Planetário)’ integrado, seguro e justo. Nossas descobertas mostram que as considerações de justiça restringem mais os LSPs integrados do que as considerações de segurança para o carregamento de aerossóis climáticos e atmosféricos. Sete dos oito LSP seguros e justos quantificados globalmente e pelo menos dois LSP regionais seguros e justos em mais de

metade da área terrestre global já foram excedidos. Propomos que a nossa avaliação forneça uma base quantitativa para salvaguardar os bens comuns globais para todas as pessoas, agora e no futuro (Rockström *et al.*, 2023, p. 102, tradução nossa).

O “justo” e o “sustentável”, integrados, caminham extremamente próximos, especialmente na questão relativa à energia e sua transição.

Dessa forma, há de se raciocinar que, ao se tratar da sustentabilidade, deve-se verificar claramente seu caráter multidisciplinar (Kates, 2011), com base na constatação de que o desenvolvimento não engloba apenas questões econômicas, mas também questões relacionadas a condições de vida, incluindo: saúde, educação, expectativa de vida, que gerou o conceito de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), usado por muitos países para servir como parâmetro de desenvolvimento. Aspectos como diminuição da pobreza e concentração de renda se mostram importantes para o alcance dessas condições (Veiga, 2005).

Em evolução às discussões sobre recursos naturais, em especial o aumento considerável no consumo desses recursos, identifica-se que, de forma geral, o crescimento populacional e o consumo desenfreado de recursos naturais não poderia ser sustentado na mesma escala, pois, se antes o recurso foi disponível em maior oferta, com o aumento populacional, não se mantém a mesma perspectiva de sua utilização, e alguns limites ecossistêmicos podem estar próximos ao colapso, ou seja, de não serem capazes de se recuperarem na mesma velocidade que são consumidos (Steffen *et al.*, 2015)

A partir dos conceitos de desenvolvimento, surge a “componente ambiental” como um dos pilares do que atualmente denominamos *desenvolvimento sustentável*, associando economia, social e meio ambiente; e esse último pilar ganha status mundial com o advento das convenções internacionais, que teve como marco histórico a famosa convenção de Estocolmo, em 1972, que inclusive impulsionou o Brasil para a edição da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6.938/81 (Brasil, 1981).

Diante desse contexto, inicia-se uma discussão sobre quais devem ser os melhores mecanismos para se chegar ao desenvolvimento, levando-se em conta não somente a degradação aparente, mas também incluindo-se nas discussões as chamadas externalidades negativas, aqueles danos decorrentes de degradação ambiental não contabilizados inicialmente a uma atividade, como sofrem principalmente aqueles recursos que chamamos de “comuns”, classificados classicamente como bens rivais e não excludentes (Mankiw, 2019), por exemplo os recursos pesqueiros, o próprio ar, ou a água de um rio.

A alternativa talvez seja a complementaridade entre as ações governamentais, por meio de atividades de “comando e controle”, seja na criação de padrões de poluição, no controle de equipamentos, no controle de produtos etc. (Almeida, 1998), mas também de ações de mercado, pelas quais se buscam alternativas econômicas para se criarem incentivos positivos para pessoas e empresas (Freeman, 2000), a exemplo das certificações ambientais, os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), as Reduções de Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD) e do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), de forma que a soma de ambos consiga incorporar não somente os custos diretos da degradação, mas também das externalidades negativas causadas, valoração que não é um processo simples nem objetivo, pois necessita da análise de diversas formas de valoração, como econômica, ecológica e sociocultural (Igari, *et al.* 2022).

Com base na evolução dos conceitos trazidos e na forma como se relacionam, é possível verificar que a produção de energia limpa é um tema importante no contexto da sustentabilidade, não somente em fornecer diretamente energia sem a necessidade de emissão de gases do efeito estufa (GEE), mas também pela importância na conscientização da sociedade sobre os aspectos mais amplo do termo sustentabilidade.

Sem a inclusão de uma perspectiva de equidade e com inclusão dos atores na apropriação de renovação da planta energética, jamais teremos o equilíbrio socioambiental que promoverá a sensibilização sobre a redução do uso de energias e a concreta sustentabilidade para as futuras gerações. Nessa lógica, afirma Alcoforado (2012, p. 137) que

O desafio de reduzir níveis de emissão de gases do efeito estufa, permitir o crescimento econômico e atender a cerca de um milhão de pessoas sem energia no país requer a utilização de fontes limpas e sustentáveis de energia, como eólica, biomassa, solar fotovoltaica, solar térmica e hidrelétrica, entre outras. O futuro do Brasil e do planeta depende do redirecionamento dos subsídios hoje destinados a fontes convencionais e combustíveis fósseis poluentes – que se esgotarão no futuro – para fontes renováveis [...] No centro dessa revolução, está uma mudança no modo como a energia elétrica é gerada.

3.4 A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

O Brasil, por suas características naturais, teve desde os primórdios sua base energética amparada em uma fonte de energia considerada renovável, a energia hidrelétrica, ao se falar em Oferta Interna de Energia (OIE), que não se resume apenas à energia elétrica, mas também ao demais vetores energéticos. Verificamos que esse cenário é

um diferente, haja vista que, nele, a energia primária considerada de origem renovável chegou a 47,4% no ano de 2022, superando o ano de 2021 em 5,2%. (EPE, 2023).

Em relação a esses 47,4% de energia considerada renovável, podemos subdividi-la por suas fontes em: 15,4% de biomassa de cana, 12,5% de hidráulica, 9,0% de lenha e carvão vegetal e 7,0% em lixo e outras fontes renováveis, tendo ainda 2,3% de origem eólica e 1,2% de solar, sendo que esta última apresentou um aumento de 51,5% entre os anos de 2021 e 2022 (EPE, 2013).

Importante ressaltar que no tocante a seus principais usos, a indústria, que era a responsável pelo maior consumo de toda energia produzida no Brasil no ano de 2021, agora é a segunda representando 32% do consumo, sendo atualmente superada pelo transporte (33%), sendo seguida pelos lares em terceiro lugar, com 10,7%, e na sequência o setor energético (8,7%), agropecuária, (4,8%), setor de serviços (5%) e os usos não energéticos (5,9%)

Os dados demonstram, dessa forma, a tendência nacional à produção de energia sustentável, facilitando assim a sua expansão, muito embora se deva considerar que essa produção precisa ser estendida para os usos além da produção de energia para uso dos lares, que se pretende essencialmente de origem sustentável.

3.4.1 A energia eólica

Dentre as fontes de energia renováveis, a energia eólica surge como uma das alternativas que mais crescem no Brasil, em especial no Nordeste, com destaque para estados como Rio Grande do Norte e Ceará, que contam com uma alta qualidade de vento para a geração de energia eólica, chegando a velocidades médias anuais que atingem a ordem de 9 m/s (Amarante *et al.*, 2001), tendo ainda uma margem para expansão para a capacidade de produção desse modal.

Embora se consolide como um modal de produção de energia, sabe-se que há potencialidade da energia eólica ser intensificada no País, devido a sua capacidade estimada, podendo inclusive ser responsável pela criação de mais de 195 mil empregos/ano (Simas, 2013)

Algumas das problemáticas identificadas para a produção de energia eólica se dão por questões associadas à implantação de parques eólicos, como a alteração de paisagens naturais e culturais, a falta de compensação aos usuários de recursos locais, e a alteração da percepção sensorial e emocional das pessoas que coabitam o ambiente (Loureiro, 2017).

Além dessas questões, outros problemas associados à implantação e operação de parque foram relacionadas por Pinto (2017) como a controversa causa de mortandade de aves que podem vir a colidir com as pás de geração de energia, fato que pode ser

mitigado com um adequado estudo de impacto ambiental, em analisar as principais rotas migratórias, o que diminui mas não impede a mortandade desses animais.

Outra questão associada à produção de energia eólica é a necessidade de grandes áreas para inserção dos parques eólicos e os custos aos moradores do entorno que são indiretamente afetados, por exemplo, o aumento de custo de vida no entorno do local, e a falta de compensação financeira pelo uso da terra (Moreira, 2017).

Muito embora haja essas problemáticas, sem dúvida que ainda é uma possibilidade real a ser implementada e, gradualmente, alterar a Matriz Energética Brasileira para cada vez menos depender de fontes de energia não sustentáveis.

3.4.2 A energia solar

Outra fonte de energia renovável que surge nas discussões referentes à possibilidade de mudanças na matriz energética brasileira se dá por meio da energia obtida por células fotovoltaicas, ou energia solar, que inclusive poderiam surgir como uma alternativa para residências unifamiliares, uma vez que poderia inclusive não precisar de infraestrutura para distribuição, desde que disponham de baterias para armazenamento, e aliado ao fato da energia solar ser fonte primária das formas de energia, ou como narra Silva:

A energia solar fotovoltaica é a conversão direta da energia solar radiante em energia elétrica (em corrente contínua), é basicamente a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (chamado efeito fotovoltaico) através de um dispositivo fabricado com material semicondutor chamado de célula fotovoltaica (Silva, 2019).

Se por um lado a energia solar é uma fonte inesgotável de energia, sem necessidade de instalação de grandes infraestruturas para sua distribuição, por outro lado, ainda há necessidade de investimentos iniciais relativamente altos, o que pode inviabilizar sua instalação em residências, mesmo que no longo prazo se mostre economicamente viável (Carvalho, 2019), muito embora os preços dos módulos solares fotovoltaicos tenham reduzido cerca de 90% desde o final de 2009 (Irena, 2023).

Em termos de capacidade de produção há no Brasil, segundo a Aneel, um total de 8.591 empreendimentos homologados, que possuem potência outorgada de produção de 502 GW, o que representa 2,72% do total fiscalizado pelo órgão (Brasil, 2022).

Muito embora seja uma forma de energia acessível do ponto de vista tecnológico, uma vez que pode ser instalado diretamente em residências unifamiliares, o custo de sua instalação ainda não está acessível para todos. Sua instalação pode custar, segundo matéria veiculada na revista Forbes em 2021, em torno de R\$20mil para

uma residência com dois dormitórios, jardim, e três banheiros , podendo ainda se realizar uma estimativa de valor em relação ao quantitativo de energia produzida, sendo este custo aproximado de 883 U\$/kW(Irena, 2023).

Em relação à produção comercial de energia solar, havia-se muita incerteza jurídica sobre seu financiamento, em especial no tocante ao seu armazenamento e distribuição, considerando a possibilidade da produção doméstica da energia, e mesmo havendo regulamentações sobre o tema como o Decreto nº 2.003, de 10 de Setembro de 1996, que trazia a possibilidade da geração independente (Brasil, 2003) e a Resolução Normativa Aneel nº 482 de 17 de abril de 2012, (Brasil, 2012), foi com a publicação da Lei nº 14.300 de 6 de janeiro de 2022, considerado por alguns como o Marco legal da microgeração e minigeração distribuída – a chamada Geração Distribuída – que estabelece regramento para o fluxo de gestão da geração, distribuição e remuneração da energia solar produzida pelo microgerador de energia (Brasil, 2022).

3.5 A NDC DO BRASIL

A NDC do Brasil, em sua segunda atualização de 7 de abril de 2022, apresentada à ONU com os compromissos assumidos pelo Brasil para fins de atender o acordo de Paris sobre mudanças climáticas, foi vista com perplexidade por muitos, uma vez que, embora otimista do ponto de vista de metas, nas quais se compromete a reduzir as emissões de gases do efeito estufa do País em 37% até 2025 e em 43% até 2030 e a neutralizá-las até 2050, não conseguiu detalhar como se chegar a esses números.

Em se tratando do ponto de vista de matriz energética, e em especial as renováveis, apresentou o país com um grande potencial de ampliar ainda mais o uso de alternativas viáveis para a substituição de combustíveis fósseis, em especial, reforçando o uso de fontes renováveis como a energia solar e eólica, além do uso da biomassa.

O país tem em seu histórico o uso de energias renováveis, tendo sempre a produção hidrelétrica como o carro chefe na produção de energia, mas, cada vez mais abre o espaço com a implementação de novas tecnologias, o que permite a evolução de fontes renováveis diferentes como a solar e eólica, que vem apresentando aumentos significativos em sua utilização, mas ainda sendo baixas para que se possam ser utilizadas como principais fontes de energia no País.

A própria NDC não detalha como essas formas de energia renováveis irão substituir as formas mais poluentes, e nem em quais percentuais, apenas indica os potenciais energéticos que o país detém, mas não deixa claro que essa transição seria por meio de ações de governo ou de mercado, o que impede uma análise da real possibilidade de se aumentar significativamente esses percentuais.

3.6 DISCUSSÃO

Ao analisar-se a evolução das discussões que geraram os atuais conceitos de sustentabilidade, verifica-se de pronto que ele ainda é um conceito em evolução, pois se iniciou em um modal totalmente antrópico, ou seja, voltado para a manutenção não só da vida terrena, mas também na manutenção da sociedade de consumo e busca pelo aumento da capacidade produtiva, mas com a diminuição do uso de recursos naturais e energia, visando não a proteção do recurso, mas sim, a diminuição de custos, o que foi à época chamado de *greenwashing*, quando empresas e organizações se valeram de bandeiras protecionistas para aumentarem lucros, vendendo o ideário da proteção ambiental.

Da mesma forma, a produção e o uso de energia foram incorporados nesse conceito, em que a melhoria de plantas de produção de energia e os avanços tecnológicos da indústria foram apresentadas como alternativas sustentáveis, mas sem diminuir efetivamente o uso de recursos, apenas deixando-o mais eficaz, e em contrapartida aumentando a capacidade produtiva. Ações nessa direção podem ser consideradas como um contrassenso do ponto de vista da efetiva sustentabilidade forte, ou como um passaporte para a tragédia dos comuns narrada por Hardin (1968) e para o atingimento dos limites ecossistêmicos de Steffen (2015), pois têm como base a sustentabilidade fraca, superficial, e com substituição de capital natural por social ou econômico, como se todos pudessem ser igualmente substituídos.

É possível identificar que diferentemente do que é visto em grande parte nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, o Brasil goza de uma matriz energética com forte apelo à ofertas consideradas sustentáveis, muito baseada ainda na energia hidrelétrica, devido suas condições ambientais e climáticas, o que de certa forma facilita muito uma transição cada vez mais fácil para a produção de energia limpa, o que nesse sentido incluiria sem dúvidas a eólica e a solar.

E, no Brasil, em decorrência das condições climáticas favoráveis no ano de 2022 em relação ao ano anterior, especialmente quanto ao aumento da pluviosidade, reduziu-se a geração de energia por meio de termoeletricas, nas seguintes proporções: 51,6% (queima de gás natural), 54,6 (carvão a vapor) e 59,3% (derivados do petróleo), totalizando uma redução de 32,3% na geração térmica neste período, conforme Boletim Energético Nacional (2023).

Importante observar que não estaremos distantes de um ponto no qual não será mais possível modificar a matriz energética se outras mudanças estruturais não forem alteradas, como nosso modal de transportes, por exemplo, pois ainda tendo o transporte terrestre como o principal meio de deslocamento, o país se mantém refém da queima de combustível fóssil, a não ser que haja a substituição real desse

combustível para o derivado de cana-de-açúcar (etanol) ou seja inserido de forma economicamente viável veículos movidos a eletricidade.

Em relação à instalação de parques eólicos é imperioso que se realize uma análise ampla da viabilidade de sua implantação, não considerando apenas critérios objetivos de produção energética, mas considerando todas as externalidades negativas que sua implantação pode apresentar, como a modificação de paisagens, alterações nos ciclos de vida da fauna local que podem sofrer impactos diretos devido a poluição sonora, visual, e até mesmo acidentes envolvendo as pás dos geradores.

Outro grande fator que deve ser analisado antes da instalação de parques eólicos é o impacto as populações locais, que geralmente são aliciadas com a expectativa de geração de empregos e aumento de renda, apesar da baixa possibilidade de que isso ocorra (Mendes, 2015), uma vez que grande parte das vagas de empregos criadas necessitam especialização, que geralmente não são preenchidas pela população local, além do aumento da especulação imobiliária, que pode fazer aumentar os valores de aluguéis e imóveis no entorno desses parques, aumentando assim o custo de vida dessas famílias. Mas ao tratar da produção de energia solar, a maior problemática ainda está associada ao alto custo da instalação das placas solares, considerando a realidade nacional, ainda que seja a forma mais eficaz para a conservação de energia uma que capta direto da fonte primária de energia, e ser possível sua conversão local, até mesmo em nível residencial, é ainda considerada uma tecnologia cara, e restrita a uma parcela mínima da sociedade.

Outra problemática associada ao fomento dessa fonte de energia renovável se dá pela preocupação com a distribuição dos excedentes de produção dessa forma de energia, pois não havia até o início deste ano segurança jurídica sobre o custeio dessa distribuição e ações de incentivo, o que culminou com a publicação da Lei nº 14.300 de 6 de janeiro de 2022 (Brasil, 2022), trazendo um pouco mais de confiança ao setor que agora enxerga a possibilidade de investir nessa forma de energia, e vislumbra benefícios reais na transição para essa forma de produção de energia.

Se, por um lado, é possível identificar a possibilidade técnica e climática para a substituição da nossa matriz energética, é necessário reforçar que ela está se dando por ações muito mais do setor privado do que do setor público, que visualizam oportunidades de não ficarem reféns de variações do preço do petróleo e se tornarem autônomos inclusive de redes de distribuição pública.

Em relação à NDC, é importante mencionar que as metas apresentadas pelo Brasil, embora empolgantes, são pouco factíveis, por não apresentarem as formas de se obterem as metas previstas, não esclarecer os custos e, principalmente, por não mencionarem quem arcará com os custos dessa transição de matriz energética,

que pode estar se apoiando de alterações feitas pela administração privada e, dessa forma, estar fora da governabilidade do estado brasileiro.

Ainda é necessário entender que o Brasil foge à regra dos demais países emergentes, pois sua matriz energética usa relativamente bem menos energia não renovável do que os demais e tem potencial para ampliar seu uso, assim como se tornar referência mundial. Para que isso ocorra de forma sustentável, no entanto, é essencial pautar-se na justiça ambiental e na consideração das externalidades negativas nos projetos de geração de transmissão de energia.

3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A matriz energética brasileira é considerada parcialmente sustentável do ponto de vista de produção de energia limpa, uma vez que 47,4% de sua OIE têm origem em fontes renováveis; mas, para efetivamente ser considerada no âmbito da sustentabilidade, é necessário que se incorporem nos processos de produção e distribuição de energia solar e eólica ações que absorvam os custos das externalidades negativas causadas, como os danos à fauna e à flora e as injustiças ambientais, fatores que podem geralmente não estar sendo considerados para a denominação de uma matriz energética sustentável.

As produções de energia solar e eólica no país estão em claro crescimento, haja vista a evolução tecnológica e as condições climáticas favoráveis. Entretanto, para ser considerada efetivamente sustentável, isso dependerá da inclusão nas discussões a mitigação e absorção das externalidades negativas econômicas e sociais causadas às populações lindeiras, no caso dos parques eólicos, e a problemática da compensação e distribuição, no caso da energia solar.

Sobre as NDC, é importante mencionar que, se cumpridas as metas previstas, o Brasil terá grande contribuição na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, muito embora a falta de detalhamento de como alcançá-las e a dependência do setor privado para esse alcance deixarem o temor de nunca serem atingidas. O que se verifica é que ambas as fontes de energia renováveis são boas alternativas para ir-se alterando nossa matriz energética, desde que as problemáticas associadas e essas fontes sejam efetivamente combatidas.

REFERÊNCIAS

- ALCOFORADO, F. A política energética sustentável requerida para o Brasil. *Nexos Econômicos*, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 121-44, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/revnereco/article/view/9251>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- ALMEIDA, L. T. *Política ambiental: uma análise econômica*. Campinas: Papyrus; São Paulo: Unesp, 1998. p. 27-64.

- AMADO, N. B. *O papel dos recursos naturais na reprodução do processo econômico: contribuição à crítica ecológica do capitalismo*. 2010. 210 f. Tese (Doutorado em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia; Escola Politécnica; Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade; Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- AMARANTE, O. C. *et. al. Atlas do potencial eólico brasileiro*. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2001. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/atlas_eolico_brasil/atlas.html. Acesso em: 10 maio 2023.
- AYRES, R. Turning point – an end to the growth paradigm. In: CHERNI, J. *Economic growth versus the environment*. Londres: Earthscan, 1998. #p. 134-149.
- BRASIL. ANEEL – Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 abril de 2012. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 abr. 2012. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=342518#:~:text=Estabelece%20as%20condi%C3%A7%C3%B5es%20gerais%20para,el%C3%A9trica%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias>. Acesso em: 25 ago. 2023.
- BRASIL. Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996. Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 11 set. 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2003.htm. Acesso em: 25 ago. 2023.
- BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nº 10.848, de 15 de março de 2004, e nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 7 jan. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm. Acesso em: 13 dez. 2022.
- CASTRO, C. P. Hydropower and the geopolitics of renewable energies in the Amazon Basin. *Ambiente & Sociedade*, v. 24, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/XxTMCyf4TBSP3kYVc8JRrXc/?lang=en>. Acesso em: 10 nov. 2022.
- DIAMOND, J. *Collapse: how societies choose to fail or succeed*. Londres: Penguin, 2005.
- DOS REIS, L. B. *Geração de energia elétrica*. São Paulo: Manole, 2017.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanco energético nacional*. Brasília, DF: MME, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>). Acesso em: 25 ago. 2023.
- FREEMAN, M. Economics, incentives and environmental regulation. In: VIG, N. J.; KRAFT, M. E. (Ed.) *Environmental policy: new directions for the twenty-first century*. Washington: CQ Press, 2000. p. 190-209.
- FURTADO, C. Desenvolvimento-subdesenvolvimento: a problemática atual. In: FURTADO, C. *Introdução ao desenvolvimento: enfoque histórico-cultural*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000. p. 21-30.

- GIL, A. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HARDIN, G. The tragedy of the commons. *Science*, v. 162, n. 3859, p. 1243-8, 1968.
- IGARI, Al. T. *et al.* Valoração econômica, ecológica e sociocultural. In: JACOBI, P. R. *et al.* (Org.). *Governança ambiental na macrometrópole paulista face à variabilidade climática*. São Carlos: RiMa, 2022. p.411-25.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Energy flow charts*. Disponível em: <http://www.iea.org/Sankey/index.html>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). *Custos de geração de energia*. 2023. Disponível em: <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Power-generation-costs>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- KATES, R. *et al.* Sustainability science. *Science*, v. 292, n. 5517, p. 641, 2001. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/292/5517/641>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- LOUREIRO, C. V.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Análise comparativa de políticas de implantação e resultados sociais da energia eólica no Brasil e nos Estados Unidos. *RA'EGA – O Espaço Geográfico em Análise*, [S.l.], v. 40, p. 231-247, ago. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/45344>. Acesso em: 13 nov. 2022.
- MANIKW, N. G. *Introdução à economia*. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2019.
- MARQUES, D. R. P. *Em pauta, o tráfico de animais silvestres: a cobertura da Folha de São Paulo e O Globo (2010-2014)*. 2018. Dissertação (Mestrado em Humanidades, Direitos e Outras Legitimidades) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- MENDES, J. S.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Diagnóstico participativo e cartografia social aplicados aos estudos de impactos das usinas eólicas no litoral do Ceará: o caso da Praia de Xavier, Camocim. *Geosaberes*, v. 6, n. 3, p. 243-54, jul. 2015. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/510>. Acesso em: 25 ago. 2023.
- MOREIRA, R. N. *et al.* Sustentabilidade e energia eólica: percepções comunitárias no interior do Ceará – Brasil. *COLÓQUIO – Revista do Desenvolvimento Regional*, v. 14, n. 1, jan./jun. 2017.
- NAYYAR, D. Mundialización y estrategias de desarrollo. In: CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE COMERCIO Y DESARROLLO. X UNCTAD, 2000. Bangkok. *Anais [...]*. Bangkok: Seminario de Alto Nivel sobre Comercio y Desarrollo: Orientaciones para el Siglo XXI, 2000. Disponível em: https://unctad.org/es/Docs/ux_tdxrt1d4.sp.pdf. Acesso em: 18 nov. 2022.
- OLIVEIRA, M. F. *Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em administração*, 2021. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/web/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 9 dez. 2022.
- ONU. *NDC brasileira*. 2022. Disponível em: www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Party.aspx?party=BRA. Acesso em: 7 dez. 2022.

- PRESOTTO, E.; TALAMINI, E. O uso de recursos energéticos renováveis e não renováveis e sua influência na variação da renda nacional. *Economia & Região*, v. 9, n. 2, 2021. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/ecoreg/issue/view/1605>. Acesso em: 13 dez. 2023.
- ROCKSTRÖM, J. *et al.* Safe and just Earth system boundaries. *Nature*, v. 619, p. 102-111, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>. Acesso em: 31 ago. 2023.
- SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. *Estudos Avançados*, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/53955>. Acesso em: 27 dez. 2022.
- SILVA, C. F.; DRACH, P. R. C.; BARBOSA, G. S. Energia solar no meio urbano: análise para diferentes formas urbanas, *R Tecnol Soc*, Curitiba, v. 15, n. 37, p. 546-75, jul./set. 2019.
- STEFFEN, W. *et al.* Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015.
- TOLMASQUIM, M. T. *Alternativas energéticas sustentáveis no Brasil*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004.
- VEIGA, J. E. Como pode ser entendido o desenvolvimento. In: VEIGA, J. E. *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*. Rio de Janeiro: Garamond, 2005. p. 17-82.