



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANNA BEATHRIZ DE SOUZA XAVIER

**PROPOSTA DE UMA CARTILHA COMO FERRAMENTA DE COMUNICAÇÃO
AMBIENTAL PARA EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIAS
RENOVÁVEIS NO NORDESTE BRASILEIRO**

RECIFE
2023

ANNA BEATHRIZ DE SOUZA XAVIER

**PROPOSTA DE UMA CARTILHA COMO FERRAMENTA DE COMUNICAÇÃO
AMBIENTAL PARA EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIAS
RENOVÁVEIS NO NORDESTE BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Orientadora: Profa. Dra. Maria do Carmo Martins Sobral

RECIFE

2023

Catlogação na fonte:

X3a Xavier, Anna Beathriz de Souza.
Proposta de uma cartilha como ferramenta de comunicação ambiental para empreendimentos de geração de energias renováveis no Nordeste brasileiro. / Anna Beathriz de Souza Xavier. – 2023.
85 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Maria do Carmo Martins Sobral.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Recife, 2023.
Inclui referências e anexos.

1. Gestão e regulação de recursos hídricos. 2. Impacto ambiental. 3. Sustentabilidade.
4. Educação ambiental. I. Sobral, Maria do Carmo Martins (orientadora). II. Título.

333.91 CDD (22. ed.)

UFPE

BCTG/2023-225

ANNA BEATHRIZ DE SOUZA XAVIER

**PROPOSTA DE UMA CARTILHA COMO FERRAMENTA DE COMUNICAÇÃO
AMBIENTAL PARA EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIAS
RENOVÁVEIS NO NORDESTE BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação em Recursos Hídricos. Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Aprovada em: 20/07/2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria do Carmo Martins Sobral (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Roberta Falcão de Cerqueira Paes (Examinadora Externa)
Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF)

Leidjane Maria Maciel de Oliveira (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me permitir participar desse projeto e me conceder forças e proteções para concluir.

Aos meus pais Maria Audenilde e José Pedro, que sempre me apoiaram e incentivaram na realização deste projeto de vida. Gratidão por tudo.

Ao meu companheiro Valnei Visitação. Você tem uma grande participação nessa minha conquista. Gratidão por sempre me apoiar, transmitir forças, amor, dedicação e orações.

A minha orientadora Maria do Carmo e Coorientadora Renata Maria, pelo auxílio na elaboração do trabalho, cuidado, paciência e por todo conhecimento compartilhado. Foi uma satisfação e orgulho ser orientanda de vocês. Muito obrigada!

As empresas que forneceram informações para elaboração de dados e conclusão do trabalho, meu muito obrigada.

Aos colegas de Mestrado e professores da UFPE, foi muito satisfatório e proveitoso todos os conhecimentos adquiridos e compartilhados durante esses dois anos.

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado.

RESUMO

O crescimento da população e o desenvolvimento industrial vem provocando aumento da demanda pela energia, em suas diversas formas. O Brasil ocupa um espaço privilegiado no cenário mundial no que diz respeito à sua matriz energética, com mais de 50% proveniente de hidroelétricas, como também tem aumentado o uso de energia eólica e solar, principalmente no Nordeste brasileiro. Em paralelo, a busca pelo aumento da eficiência energética tem crescido nos últimos anos, e isso se dá, principalmente, pela redução da qualidade ambiental que tem sido comprometida pelas ações antrópicas. Pensar na renovação da matriz energética envolve não só uma maior e melhor geração de energia, como também uma melhor gestão de recursos naturais e a diminuição de impactos ambientais, além do desenvolvimento de políticas de desenvolvimento regional que auxiliem no desenvolvimento de comunidades locais. O objetivo desta dissertação é avaliar o papel da energia renovável na matriz energética brasileira. A metodologia adotada contempla uma revisão bibliográfica com principais documentos e artigos científicos sobre o tema, além de consultas a órgãos de controle ambiental da área e reuniões técnicas com especialistas. Fez-se uma avaliação da participação das fontes de energia hidráulica, solar e eólica nos períodos de escassez hídrica, observando como a energia solar e a eólica auxiliaram na compensação do déficit de energia gerado pela baixa geração de energia hidrelétrica. Observou-se que o crescimento do uso de energia solar e eólica tem sido essencial para a diminuição de impactos relacionados às mudanças climáticas, devido à diversificação da matriz energética. Contudo, é essencial que haja conhecimento por parte da comunidade, e isso pode ser feito através da educação ambiental. O principal produto desta dissertação foi uma cartilha educativa que compilou os principais impactos ambientais, positivos e negativos, e a apresentação de conceitos, simplificação do processo de licenciamento e papel do órgão ambiental e do empreendedor na geração de energia solar, eólica e hidráulica. A cartilha foi apresentada à população de uma cidade no Rio Grande do Norte pensando na melhor comunicação entre empresa e cidade.

Palavras-Chave: impacto ambiental; sustentabilidade; educação ambiental.

ABSTRACT

Population growth and industrial development have been causing an increase in the demand for energy, in its various forms. Brazil occupies a privileged space on the world stage with regard to its energy matrix, with more than 50% coming from hydroelectric plants, as well as increasing the use of wind and solar energy, mainly in the Brazilian Northeast. In parallel, the search for increased energy efficiency has grown in recent years, and this is mainly due to the reduction in environmental quality that has been compromised by anthropic actions. Thinking about renewing the energy matrix involves not only greater and better energy generation, but also better management of natural resources and the reduction of environmental impacts, in addition to the development of regional development policies that help in the development of local communities. The objective of this dissertation is to evaluate the role of renewable energy in the Brazilian energy matrix. The methodology adopted includes a bibliographic review with main documents and scientific articles on the subject, in addition to consultations with environmental control bodies in the area and technical meetings with specialists. An evaluation was made of the participation of hydraulic, solar and wind energy sources in periods of water scarcity, observing how solar and wind energy helped to compensate the energy deficit generated by the low generation of hydroelectric energy. It was observed that the growth in the use of solar and wind energy has been essential for the reduction of impacts related to climate change, due to the diversification of the energy matrix. However, it is essential that there is knowledge on the part of the community, and this can be done through environmental education. The main product of this dissertation was an educational booklet that compiled the main environmental impacts, positive and negative, and the presentation of concepts, simplification of the licensing process and the role of the environmental agency and the entrepreneur in the generation of solar, wind and hydraulic energy. The booklet was presented to the population of a city in Rio Grande do Norte, thinking about better communication between the company and the city.

Keywords: environmental impact; sustainability; environmental education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Emissões brutas brasileiras de GEE por setor (1990-2019)	21
Figura 2 –	Matriz energética brasileira, com base na potência outorgada em kW, por região do país	25
Figura 3 –	Hidrelétricas planejadas (à esquerda) e existentes (à direita) no Brasil	31
Figura 4 –	Parques eólicos planejados (à esquerda) e existentes (à direita) no Brasil	33
Figura 5 –	Parques fotovoltaicos planejados (à esquerda) e existentes (à direita) no Brasil	41
Figura 6 –	Esquema para emissão de Licença junto ao IDEMA	43
Figura 7 –	Localização dos parques de energia solar e eólica em Serra do Mel	47
Figura 8 –	Locais dos aerogeradores e das placas de energia solar antes da instalação, em 2019	52
Figura 9 –	Locais dos aerogeradores e das placas de energia solar após a instalação, em 2023	53
Figura 10 –	Comparativo da geração de energia por fontes eólica, hidráulica e solar na região Nordeste, entre 2015 e 2022, em GWh	60
Figura 11 –	Palestra com funcionários do parque em Serra do Mel/RN	63
Figura 12 –	Atividade com crianças e pais em escola em Serra do Mel/RN	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Participação de cada fonte na matriz energética brasileira.	26
Tabela 2 –	Principais usinas hidrelétricas brasileiras com reservatórios.	28
Tabela 3 –	Capacidade eólica instalada por estado e número de usinas.	30
Tabela 4 –	Geração Hidroelétrica da região Nordeste (GWh).	30
Tabela 5 –	Capacidade instalada de energia eólica no Brasil até outubro de 2018.	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍGLAS

ABEEÓLICA	Associação Brasileira de Energia Eólica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
APEB	Atlas do Potencial Eólico Brasileiro
APP	Área de Preservação Permanente
BEN	Balanço Energético Nacional
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CBIOS	Créditos de Descarbonização
CEPRAM	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CGH	Centrais Geradoras Hidrelétricas
CMMC	Comissão Mista Permanente sobre Mudanças Climáticas
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
COP	Conferência das Partes
CTBE	Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EOL	Usina Eolielétrica de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FIEE	Fornecimento Interno de Energia Elétrica
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
IDEMA	Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte
iNDC	Contribuições Nacionalmente Determinadas
LI	Licença de Instalação
LIO	Licença de Instalação/Operação
LO	Licença de Operação

LP	Licença Prévia
MME	Ministério de Minas e Energia
NOAA	Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OMM	Organização Mundial Meteorológica
ONU	Organização das Nações Unidas
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PIB	Produto Interno Bruto
PIUP	Processos Industriais e Uso de Produtos
Proálcool	Planos de Incentivo à Energia Limpa e o Programa Nacional do Álcool
PROEÓLICA	Programa Emergencial de Energia Eólica
ProGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RAS	Relatório Ambiental Simplificado
RenovaBio	Política Nacional de Biocombustíveis
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RN	Rio Grande do Norte
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SEPRO	Serviço Federal de Processamento de Dados
UFV	Usina Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia
UTN	Usina Termonuclear
WCED	World Commission on Environment and Development

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	BREVE HISTÓRICO DA GERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL.....	16
2.2	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E GERAÇÃO DE ENERGIA.....	19
2.3	IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA	20
2.4	EVOLUÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	24
2.4.1	Atuação da energia hidráulica	27
2.4.2	Atuação da energia eólica.....	31
2.4.3	Atuação da energia solar	38
2.5	LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS UNIDADES DE GERAÇÃO DE ENERGIA	42
2.5.1	Principais impactos ambientais	42
2.5.2	Processo de licenciamento de empreendimentos no Rio Grande do Norte	42
3	MATERIAIS E MÉTODOS	46
3.1	ESTUDO DE CASO	46
3.3	PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1	PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA GERAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS	51
4.2	PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....	55
4.3	A GERAÇÃO DE ENERGIA NO NORDESTE	60
4.4	CARTILHA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL	62
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
	REFERÊNCIAS	68
	ANEXO A – MATRIZ DE LEOPOLD	76
	ANEXO B – LICENÇA DE INSTALAÇÃO	80
	ANEXO C – CHECK LIST DE DOCUMENTOS PARA LICENCIAMENTO	83
	ANEXO D – CARTILHA EDUCATIVA	84

1 INTRODUÇÃO

Conforme apontado por Freire e Fontgalland (2022), “a demanda por energia tem crescido numa ordem quadrática a cada 30 anos”, e dentre os desafios encontrados, tem-se a dificuldade de atender as necessidades mundiais ao mesmo tempo em que se busca um crescimento sustentável, com baixo impacto socioambiental. Ainda assim, atualmente, 85% da energia mundial provém de fontes fósseis, principalmente do petróleo extraído do Oriente Médio.

A preocupação com as questões ambientais tem se tornado cada vez mais presente, principalmente ao se observar que o padrão de consumo e produção atual tem elevado o consumo energético e potencializado a problemática da limitação de recursos fósseis. Com base nisso, tem-se intensificado as cobranças acerca das legislações ambientais e tratados internacionais, visando incentivos para a mudança das fontes energéticas ao redor do globo, e isso não poderia ser diferente no Brasil, país privilegiado na disponibilidade de irradiação solar, de vento, hídrica e até na capacidade de produção de biomassa, o que permite estimar que, até 2023, as fontes da matriz energética renovável representam 84% do total (SILVA; ALVES; RAMALHO, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Novos avanços tecnológicos nos últimos vinte anos impulsionaram uma maior dependência na energia solar, diminuindo os custos, e novos desenvolvimentos tecnológicos prometem aumentar esse uso solar, diminuindo ainda mais os custos e aumentando a eficiência do painel solar. Já a energia hidrelétrica é uma forma de energia que aproveita o poder da água em movimento – como a água que flui sobre uma cachoeira – para gerar eletricidade. As pessoas têm usado essa força por milênios. Mais de dois mil anos atrás, as pessoas na Grécia usavam água corrente para girar a roda de seu moinho para moer trigo em farinha (LORENZO, 2002).

No entanto, a grande parte da energia hidrelétrica também traz desafios, que são exacerbados pelas mudanças climáticas e períodos de seca. Observa-se gargalos regulares que são compensados com combustíveis fósseis. Isso, por sua vez, está levando ao aumento das emissões de gases de efeito estufa e aos preços mais altos da energia. O Brasil está, portanto, planejando expandir outras fontes de energia renovável, como energia solar e eólica, e aumentar sua eficiência energética (SOUZA, 2019).

As previsões projetam que a participação da energia eólica e solar se multiplicará significativamente. No entanto, a expansão também apresenta novos desafios para o planejamento, operação e regulação do setor de energia e eletricidade. Isso ocorre porque as energias eólicas e solares dependem de fatores meteorológicos e flutuam de acordo. Além disso, a eletricidade tem que ser transportada por grandes distâncias – o maior potencial eólico está na região Nordeste, e maior parte da capacidade hidrelétrica está na região Norte, enquanto os principais centros de consumo estão longe no Sudeste (GOMES *et al.*, 2019).

Por esse motivo, é necessária a expansão de outras fontes de energia. Pode-se constatar que a integração de múltiplas fontes de energia é economicamente viável. Poucas pesquisas também focam na integração das múltiplas energias no sistema de potência, e apontam que é preciso mais estratégias para a coordenação das energias a nível nacional (SOUZA, 2019).

Não obstante, para estudar a integração das energias limpas, as pesquisas que paulatinamente estão sendo realizadas visam principalmente melhorar a confiabilidade e flexibilidade do sistema usando a coordenação ótima de energia eólica, energia solar e energia hidrelétrica. Assim, o Brasil se apresenta como referência a nível internacional em recursos energéticos renováveis utilizados na produção de energia, em consonância com as convenções internacionais de desenvolvimento sustentável. Sob outra perspectiva, levando em consideração sua base histórica renovável, a margem para conservar uma matriz predominantemente renovável frente a uma necessidade de expansão, acaba se tornando cada vez mais restrita (LEUZINGER; COUTINHO, 2019).

Todavia, no Brasil, a capacidade instalada de energia eólica aumentou recentemente para mais de 20,10 GW (representando 11,46% da matriz energética do país), representados por cerca de 8.800 aerogeradores em 751 parques eólicos em operação, e majoritariamente instalados em áreas amplas, sobre praias, dunas e morros, e no interior do semiárido em montanhas e planaltos. A região Nordeste do país é a área com maior instalação (responsável por mais de 87% dos parques eólicos do país), geração e dinamismo da tecnologia de energia eólica, segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica. Junto a isso, o Brasil ocupa a 7ª posição mundial em capacidade instalada em energia eólica, e, desde 2018, o país possui a energia eólica como segunda maior fonte de geração elétrica (ABEEÓLICA, 2022).

Deste modo, justifica-se a relevância do tema em virtude de que existe um cenário intenso de alertas acerca da necessidade de aquisição do uso das fontes de energia renováveis, pois o Brasil apresenta uma configuração de matriz elétrica com bastante atipicidade quando comparado com a média mundial. Ou seja, sabe-se que mais de 80% da matriz brasileira é constituída de fontes renováveis. Tal condição é suportada, sobretudo, pela abundância dos recursos naturais que o país possui, embora ainda seja iniciante na exploração das novas fontes como solar e eólica, quando comparado aos países desenvolvidos.

Em 2016, o Brasil se destacou na produção de energia eólica na América Latina, e ficou em quinto lugar à nível mundial, ficando abaixo da China, Estados Unidos, Alemanha e Índia. Ainda segundo os autores, as regiões brasileiras com maior potencial de produção de energia eólica são Nordeste e Sul. No que diz respeito à energia solar, a região com maior potencial de geração de energia é a Nordeste, mas pontua-se que as regiões Centro-Oeste, Norte e Sudeste não ficam muito atrás na geração de kw h/m² ano (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Para esse cenário, começou-se a investir na geração de energia no Nordeste, com destaque para o estado do Rio Grande do Norte, onde, na década de 1960, a CHESF inaugurou uma linha de transmissão vindo de Paulo Afonso, interligando aos poucos com os sistemas independentes que já existiam no estado. A criação da CHESF e o início da operação do Complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso dão início à integração regional do estado na rede elétrica do Nordeste. Além disso, possibilitou o desligamento dos geradores à óleo que eram responsáveis pela iluminação pública potiguar. Em 1976, é inaugurada a usina térmica de Estivas, em Arês, cujo combustível é o bagaço da cana-de-açúcar, que era intermitente, uma vez que atingia sua maior capacidade (17MW) no período de corte da cana. Esse foi o cenário até a chegada do setor eólico, em 2004, tornando o estado autossuficiente na geração de energia devido à sua posição geográfica privilegiada. O Rio Grande do Norte, hoje, se apresenta como um forte competidor no mercado de energias renováveis, atraindo investidores para novos empreendimentos e ampliação dos antigos (ARAÚJO, 2019).

1.1 JUSTIFICATIVA

A motivação para realização desta pesquisa se deve ao fato de que a autora vem trabalhando desde 2020 junto a empresas voltadas ao ramo das energias

renováveis. A experiência adquirida nos processos de licenciamentos dos parques eólicos e solares, os acompanhamentos de atendimento das condicionantes ambientais motivaram a autora a aprofundar na avaliação do papel da energia renovável na matriz energética brasileira, cujos dados vêm enfatizar a relação existente entre as principais fontes de energia, hidráulica, eólica e solar.

Está sendo realizado um estudo no formato de estudo de caso, com parques de energia eólica e solar localizados em um município do Rio Grande do Norte. Junto a isso, será realizada uma revisão bibliográfica, englobando obras que abordem o tema, tais como artigos científicos, dissertações e teses acadêmicas, além de informações de sites oficiais governamentais que disponibilizem conteúdo sobre a matriz energética brasileira, com ênfase na região Nordeste, visando compilar os principais impactos, positivos e negativos, da geração de energia a partir de fontes renováveis.

A partir do conteúdo levantado, como produto técnico, elaborou-se uma cartilha educativa, reunindo os principais impactos e medidas mitigadoras relacionados à geração de energia, bem como explicar o processo de licenciamento ambiental das unidades de geração de energia solar e eólica. A cartilha será distribuída em escolas e para a população que reside próximo aos empreendimentos instalados no município em estudo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a produção de energia na região Nordeste durante a escassez hídrica de 2012 a 2022 e avaliar a participação dessa produção no contexto nacional e internacional. Além disso, avaliar os impactos associados à geração de energia renovável e o processo de implantação e atuação dos empreendimentos de energia renovável, e elaborar uma cartilha educativa, que será destinada à população local.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a produção de energia na região Nordeste durante a escassez hídrica de 2012 a 2022;

- Avaliar a participação da produção energética do Nordeste no contexto nacional e internacional;
- Identificar os principais impactos ambientais relacionados à implantação de infraestrutura para geração de energia de matriz solar, eólica e hidráulica;
- Discutir o processo de licenciamento por meio do detalhamento das etapas envolvidas no respectivo processo;
- Produzir uma cartilha educativa visando a educação ambiental da população residente na região de estudo, abordando licenciamento, impactos ambientais e medidas mitigadoras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para alcançar a geração de energia livre de contaminação e ecologicamente correta, energias limpas têm sido cada vez mais implementadas em sistemas de energia modernos. Deste modo, encontra-se amplamente admitido que tais energias renováveis podem efetivamente lidar com o aumento do consumo de energia com menos impactos ambientais. Por outro lado, percebe-se também que a incerteza e aleatoriedade das gerações de energia eólica e solar são extremamente difíceis de serem previstas. Portanto, a segurança e a eficiência econômica, incluindo tensão, frequência e perda de energia do sistema de energia convencional, podem ser severamente afetadas com alta penetração das gerações de energia eólica e fotovoltaica (SOUZA, 2019).

Conforme apontado por Bezerra (2019), em comparação com outros países, o Brasil tem se destacado na geração de energia limpa, com principais fontes sendo hidrelétrica e biomassa, com destaque para o uso da cana-de-açúcar. Junto a essas fontes, a eólica e a solar vem ganhando espaço, e com grande potencial de crescimento. Sobre as fontes eólica e solar, o Nordeste é o local do país mais promissor no que diz respeito à geração de energia, sendo um forte candidato a receber grandes investimentos para o desenvolvimento de parques eólicos e fotovoltaicos.

2.1 BREVE HISTÓRICO DA GERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL

Historicamente falando, a energia utilizada no Brasil foi, por muitos anos, a força humana, a partir da escravização (SANTOS, 2018). Em paralelo, fazia-se o uso de lenha para aquecer as casas, e óleo de baleia para iluminar as ruas, o qual foi substituído gradativamente por querosene e gás de carvão (LEUZINGER; COUTINHO, 2019). Esse foi o cenário por décadas, visto que a industrialização demorou a chegar no Brasil, uma vez que a economia política nacional apoiava os exportadores que defendiam que o país tinha uma “vocação” agrária (SANTOS, 2018).

A situação descrita só mudaria lentamente, à medida que aumentava a importação de petróleo e carros com motor de combustão interna, e os trilhos das ferrovias a vapor eram financiados pelo capital britânico desde a década de 1870. As primeiras lâmpadas elétricas foram expostas na capital, Rio de Janeiro, em 1880, e o

país logo percebeu que tinha um importante patrimônio em cachoeiras que podiam ser aproveitadas para gerar eletricidade. Fábricas químicas mais modernas começaram a ser construídas na década de 1920, aumentando a necessidade de energia, uma demanda já reivindicada por mais indústrias alimentícias e têxteis. Por outro lado, após a abolição da escravidão, o trabalho livre recebeu um impulso através do grande fluxo de imigrantes para o Brasil, notadamente italianos, japoneses, portugueses, espanhóis e alemães, que vieram inicialmente para trabalhar nas fazendas do sul do Brasil, especialmente no estado de São Paulo. Logo os imigrantes se mudaram para as cidades, onde se tornaram o núcleo da classe média emergente, bem como pequenos ou mesmo grandes empresários. Em São Paulo, uma onda de industrialização mais continuada começou no final do Império, e aumentou especialmente após a substituição de importações propiciada pela Primeira Guerra Mundial (SANTOS, 2018).

Contudo, foi apenas no Governo Vargas que a pauta das questões energéticas se tornou prioridade. A “Nova República” favoreceu um papel mais forte do Estado, com várias implicações nas questões energéticas, especialmente eletricidade e petróleo. Isso se deu pelo desenvolvimento acentuado da indústria de base, nos setores de produtos químicos, de petróleo e siderúrgico (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Nas palavras de Santos (2018),

Como consequência da elevação do país acima do que poderia ser considerado um estado econômico majoritariamente letárgico, a energia tornou-se uma preocupação explícita do governo, e já em 1920 o Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio criou uma Comissão para estudar a energia hidráulica. Após uma discussão estéril iniciada em 1905 sobre quem detinha o título das águas interiores, o presidente Vargas decretou o Código de Águas em 1933 e instituiu a Comissão Nacional de Águas e Energia Elétrica em 1939. Petrobrás, empresa de petróleo e gás, após longa luta contra interesses privatistas e antinacionalistas. O Ministério de Minas e Energia é, no entanto, uma iniciativa relativamente recente (1960), assim como a Eletrobrás (1961), empresa estatal responsável pela geração de energia elétrica, e ainda mais recente o Conselho Nacional de Políticas Energéticas (1997), responsável pelo planejamento de recursos de petróleo e gás natural, eletricidade e biocombustíveis constituindo, deste modo, um dos primeiros conceitos de desenvolvimento sustentável. (SANTOS, 2018, p. 4, tradução nossa)

Dado esse panorama inicial, tem-se que o Brasil se encontra em posição de destaque no que diz respeito à geração de energia por fontes renováveis convencionais, sendo a principal delas a hidrelétrica, com mais de 68% da oferta proveniente dessa fonte. Sobre fontes renováveis não tradicionais, Bondarik, Pilatti e Horst (2018) pontuam que ainda há necessidade de aprimoramento na

regulamentação do quadro legal, no planejamento de energia em logo prazo por questões sociais, econômicas e climáticas e atualização das instituições de apoio às fontes de energia não renováveis, visando, inclusive à criação de novas agências. Os autores falam, inclusive, que o país precisa pensar em outras fontes como oportunidade estratégica para depender menos de combustíveis fósseis e das usinas hidrelétricas, além de descentralizar o setor de energia elétrica. Essa discussão se faz importante devido à grande dependência do Brasil de recursos hídricos, porém, pensando no cenário de mudanças climáticas e escassez hídrica, investir em outras fontes significa explorar o potencial do país em diversas outras áreas.

Os primeiros projetos de energia eólica surgiram no Brasil em meados da década de 1990, como solução para atender comunidades isoladas que não estavam integradas à distribuição convencional de energia. Assim, o primeiro aerogerador foi instalado em Fernando de Noronha, em 1992. No entanto, até o início do século XXI, as hidrelétricas eram vistas como mais vantajosas e mais baratas, visão que mudou em 2001 com a crise energética. Junto a isso, o país sofria pressão internacional por fontes alternativas de energia que visassem à diminuição de impactos ambientais e emissão de gases do efeito estufa (SAMPAIO; BATISTA, 2021).

Foi criado, então, em 2001, o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA), um programa criado visando à implantação de 1.050 MW de geração de energia eólica integrado ao sistema nacional até 2003, complementando a sazonalidade dos fluxos hidrológicos nos reservatórios do país. Contudo, tal programa não foi adiante, e em 2002 foi substituído pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA), visando aumentar a participação de fontes renováveis no sistema nacional (SAMPAIO; BATISTA, 2021; BRASIL, 2001, 2002).

Em 1996 foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), vinculada ao Ministério de Minas e Energia, para regular o setor elétrico do país, através da Lei nº 9.427 de 1996 e do Decreto nº 2.335 de 1997. A autarquia tem como principais atribuições

- Regular a geração (produção), transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;
- Fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica;
- Implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;
- Estabelecer tarifas;
- Dirimir as divergências, na esfera administrativa, entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores, e

Promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal (ANEEL, 2022).

Após a ANEEL, nasce o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS),

[...] órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país, sob a fiscalização e regulação da ANEEL (ONS, 2023a).

O ONS nasce como pessoa jurídica de direito privado, enquanto associação civil sem fins lucrativos, em 1998, através da Lei nº 9.648 para desenvolver estudos e ações sobre o sistema e seus agentes visando gerenciar as diferentes formas de energia, bem como a rede de transmissão, garantindo o suprimento em todo o território nacional (ONS, 2023a).

A distribuição de energia é realizada, no Brasil, pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), sendo formado pelos subsistemas Sul, Centro-Oeste, Nordeste (com exceção do estado do Maranhão) e Norte. Sistemas que não estão conectados ao SIN são chamados de subsistemas isolados. O SIN permite que, quando hidrelétricas do Nordeste estão com reservatórios baixos e não geram energia suficiente, o sistema seja abastecido pelas hidrelétricas do Norte. Esse, também, é um modo de garantir que o país será abastecido mesmo com escassez hídrica (BEZERRA, 2019).

2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E GERAÇÃO DE ENERGIA

O conceito de desenvolvimento sustentável ganhou importância no final da década de 1980, aparecendo no Relatório de Brundtland, como ficou conhecido o relatório da *World Commission on Environment and Development* (WCED), “O Nosso Futuro Comum”, editado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento na Cúpula da ONU em 1987. Foi aqui que desenvolvimento sustentável assumiu a condição de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer as habilidades das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades (UNITED NATIONS, 1987).

Este conceito foi lançado em 1978 como um objetivo global para orientar as políticas orientadas para equilibrar os sistemas econômicos e sociais e as condições ecológicas. Ela pode ser representada com o triplo resultado de economia, meio ambiente e sociedade. Um triângulo formado por Pessoas, Planeta e Lucro é

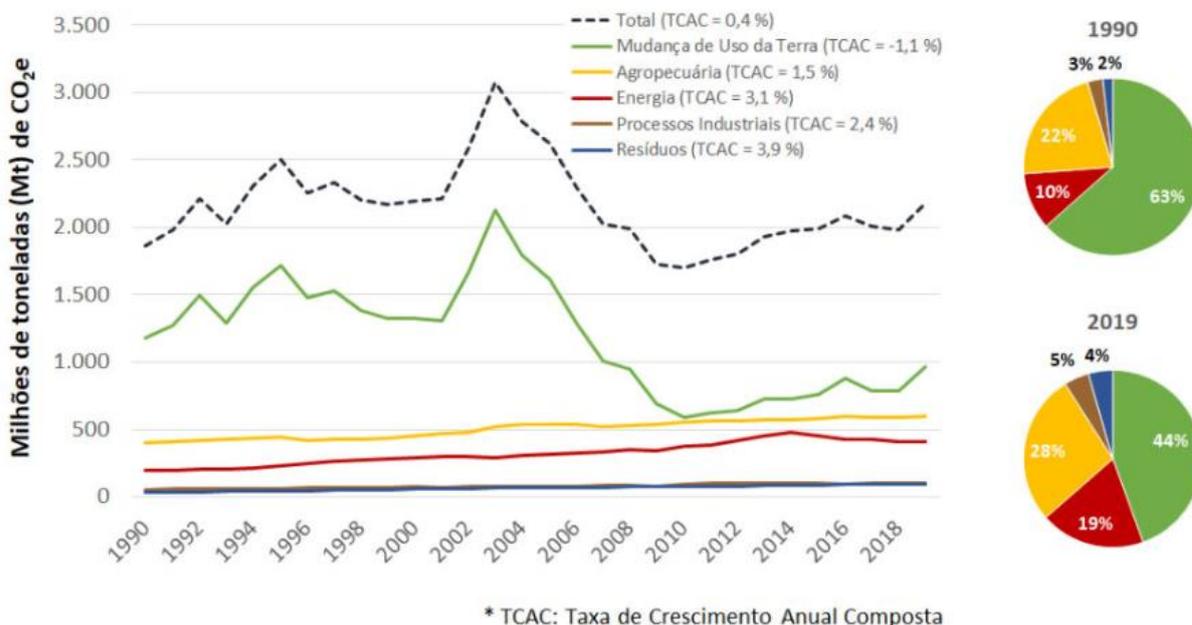
comumente usados em empresas e governos. Assim, em 1997, o Protocolo de Kyoto surgiu como uma grande oportunidade de efetivação da ação mundial em prol do meio ambiente, bem como uma forma de os países em desenvolvimento estimularem a produção de energia limpa para reduzir as emissões de poluentes, beneficiando-se da transferência de tecnologia e do carbono comercial, com base na cooperação internacional com os países desenvolvidos (LUCENA; LUCENA, 2019).

2.3 IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA

Conforme dados obtidos pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), publicado em dezembro de 2020, o Brasil gerou no ano de 2019, 2,2 bilhões de toneladas de gases de efeito estufa (GEE). O departamento de energia foi circunscrito por 19% de tais emissões, dos quais os Processos Industriais e Uso de Produtos (PIUP) tiveram responsabilidade por 5% do total gerado no país (IEMA, 2020).

Tais segmentos somaram 24% das emissões no Brasil, os quais caracterizaram uma participação bastante menor do que referente às atividades de uso do solo, que engloba os departamentos de mudança de Uso da Terra e de Agropecuária, que compõem a maior parte das emissões brasileiras, com 72 % das emissões no ano de 2019. As emissões de Energia e PIUP vem avançando e elevando suas respectivas participações no total nacional. Tais participações tendem a ter mais importância no futuro, em que a principal perspectiva esperada é que o Brasil volte a diminuir suas emissões por desmatamento e chegando a zero. Desta forma, vale ressaltar que o setor de Energia teve suas emissões elevadas em 114%, passando de 10% das emissões brasileiras do início da década de 90 para 19% dessas emissões em 2019, nos anos de 1990 a 2019.

Figura 1 - Emissões brutas brasileiras de GEE por setor (1990-2019).



Fonte: IEMA (2020).

O momento atual mundial tem exigido bastante do crescimento industrial (GIOVANINI; AREND, 2019), e neste sentido, a globalização está intimamente ligada aos processos globais e, conseqüentemente, às questões ambientais, de modo que a população tem sentido de maneira direta os efeitos dos desastres. Abrantes e Lechner (2022) apontam mudanças consideráveis que afetaram a economia, a política, a cultura e a sociedade no mundo inteiro desde o século passado, e muito disso influencia nas mudanças climáticas, as quais já foram apontadas pelo IPCC (2023), como decorrentes das ações humanas, e que demandam extrema preocupação e iniciativas complexas de governança de líderes do mundo inteiro.

No Brasil, as questões ambientais têm origem desde a colonização portuguesa, que desmatou uma grande porcentagem do território. Contudo, o desmatamento continua atualmente devido à intensificação do agronegócio e ao modelo econômico do país (AZEVEDO, 2022). Por outro lado, esse não é um modelo presente apenas no Brasil, e o modelo econômico baseado no consumo faz com que mais recursos naturais sejam extraídos do que o planeta tem capacidade de repor. Neste sentido, a modernização acaba tendo um alto custo ambiental, com altas emissões de gases do efeito estufa (WILAZIGTON; OLIVEIRA, 2021).

De acordo com o Boletim de Gases de Efeito Estufa da Organização Meteorológica Mundial (OMM), em 2018, os gases de efeito estufa “de longa duração” causaram um aumento de 43% no total de forças radiativas (responsável pelo efeito

estufa), desde a década de 1990. Ainda segundo a OMM, o CO₂ permanece na atmosfera por séculos, e nos oceanos por ainda mais tempo. O CO₂, em 2020, chegou a 149% acima do nível pré-industrial. Mesmo com o declínio da poluição atmosférica resultante da crise da COVID-19 em 2020, os níveis continuaram a subir em 2021 (NAÇÕES UNIDAS, 2021).

A última vez que a Terra experimentou uma concentração comparável com a atual de CO₂ foi de três a cinco milhões de anos atrás, quando a temperatura estava entre 2 e 3°C mais alta e o nível do mar estava entre 10 e 20 metros mais alto do que agora. Paulatinamente, instituições de pesquisas e universidades foram desenvolvendo estudos acerca de mensurar a quantidade de gás carbônico liberado para atmosfera proveniente da industrialização, como sendo um dos primeiros critérios de transparência.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN, 2020) a geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 626,3 TWh em 2019, resultado 4,1% superior ao de 2018. As centrais elétricas de serviço público participaram com 83,7% da geração total. A geração hídrica, principal fonte de produção de energia elétrica no Brasil, cresceu 2,3% na comparação com o ano anterior (Ver Anexo A).

A Organização das Nações Unidas (ONU) junto dos países que compuseram a Convenção de Quioto no ano de 1997 na COP3 (Conferência das Partes) iniciou ainda na década de 1990 medidas que visam alcançar a estabilização e o controle das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, num nível que põe impedimento a uma sucessão de catástrofes em um futuro não tão distante. Definiram suas posições em relação às mudanças climáticas, a partir de 1998, através do Protocolo de Quioto, com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa. O Protocolo entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005 (quando passou a ser chamado de Tratado de Quioto) com, no mínimo, 55% do total de países-membros da Convenção e que fossem responsáveis por, pelo menos, 55% do total das emissões de 1990, divididos em dois períodos.

De acordo com a Plataforma de Créditos de Descarbonização desenvolvida pelo Serviço Federal de Processamento de Dados (Serpro) para a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) como forma de privilegiar as indústrias e países que se engajarem em se ambientalizar em padrões mais sustentáveis, foram desenvolvidos Créditos de Descarbonização (CBios) para os

biocombustíveis com menor emissão de GEE, visando atestar o processo de produção sustentável. Contudo, seria necessária uma padronização, uma ferramenta como método de avaliação, ajudando-os a perceber a evolução dos critérios estabelecidos como Notas de Eficiência Energético-Ambiental (em g CO₂ eq./MJ).

Observa-se que o Brasil vem se preocupando e intensificando seu olhar para as fontes de energia renovável, sobretudo na região Nordeste. Isto porque a crescente e constante demanda por recursos naturais tem como consequência problemas ambientais (ABRÃO, 2022).

Paralelo a esse cenário, sabe-se que as mudanças climáticas interferem consideravelmente na matriz energética de uma determinada região, causada em grande parte pela emissão de gases provenientes da queima de combustíveis fósseis combustíveis, evidenciando, e até gerando, a crise energética (NUNES *et al.*, 2023). Deste modo, o tópico a seguir abordará sobre a matriz energética brasileira nordestina, onde destacará o papel da energia hidráulica, eólica e solar.

É sabido que um aumento gradual da temperatura média da superfície terrestre devido aos gases de efeito estufa pode levar a eventos climáticos cada vez mais extremos com impactos no desenvolvimento sustentável dos países. A redução das emissões de gases pode ser alcançada por meio da implementação de diversas ações locais e globais envolvendo mudanças no padrão de consumo das pessoas (MANTOVANI *et al.*, 2017).

O conceito de desenvolvimento sustentável foi lançado em 1978 como um objetivo global para orientar as políticas a equilibrar os sistemas econômicos e sociais e as condições ecológicas. Assim, em 1997, o Protocolo de Kyoto surgiu como uma grande oportunidade de efetivação da ação mundial em prol do meio ambiente, bem como uma forma de os países em desenvolvimento estimularem a produção de energia limpa para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, beneficiando-se da transferência de tecnologia e do carbono comercial, com base na cooperação internacional com os países desenvolvidos (RAIMUNDO *et al.*, 2018; CAMARGO, 2020).

A Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas de 2015 negociou o Acordo de Paris – um acordo global sobre a redução das mudanças climáticas, cujo texto representou um consenso dos representantes das 196 partes presentes. Para atingir o objetivo final deste acordo, os governos foram envolvidos na construção de seus próprios compromissos, a partir das pretendidas Contribuições

Nacionalmente Determinadas (iNDC). Por meio do iNDC, cada nação apresentou sua contribuição para a redução das emissões de gases de efeito estufa, seguindo o que cada governo considerou viável a partir do cenário social e econômico local (RAIMUNDO *et al.*, 2018; BALDUINO, 2020; SCOVAZZI, 2021).

O iNDC do Brasil se comprometeu a reduzir as emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005 até o ano de 2025, com uma subsequente contribuição indicativa de reduzir as emissões de GEE em 43% abaixo dos níveis de 2005 em 2030. Para isso, o Brasil se comprometeu a aumentar a participação da bioenergia sustentável em sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, restaurando e reflorestando 12 milhões de hectares de florestas, além de alcançar uma participação estimada de 45% das energias renováveis na composição da matriz energética em 2030 (RAIMUNDO *et al.*, 2018; BALDUINO, 2020).

Ainda nas concepções de Raimundo *et al.* (2018), As iNDC do Brasil correspondem a uma estimativa de 66% redução na intensidade de emissões de gases de efeito estufa por unidade de Produto Interno Bruto (PIB) em 2025, e 75% em termos de intensidade de emissão em 2030, ambos em relação a 2005. Dessa forma, o Brasil se comprometeu a reduzir as emissões de gases no contexto de um contínuo aumento da população e do PIB, bem como da renda per capita, que são metas ambiciosas. Assim, o país procura investir em energia limpa.

De acordo com Vivek (2021):

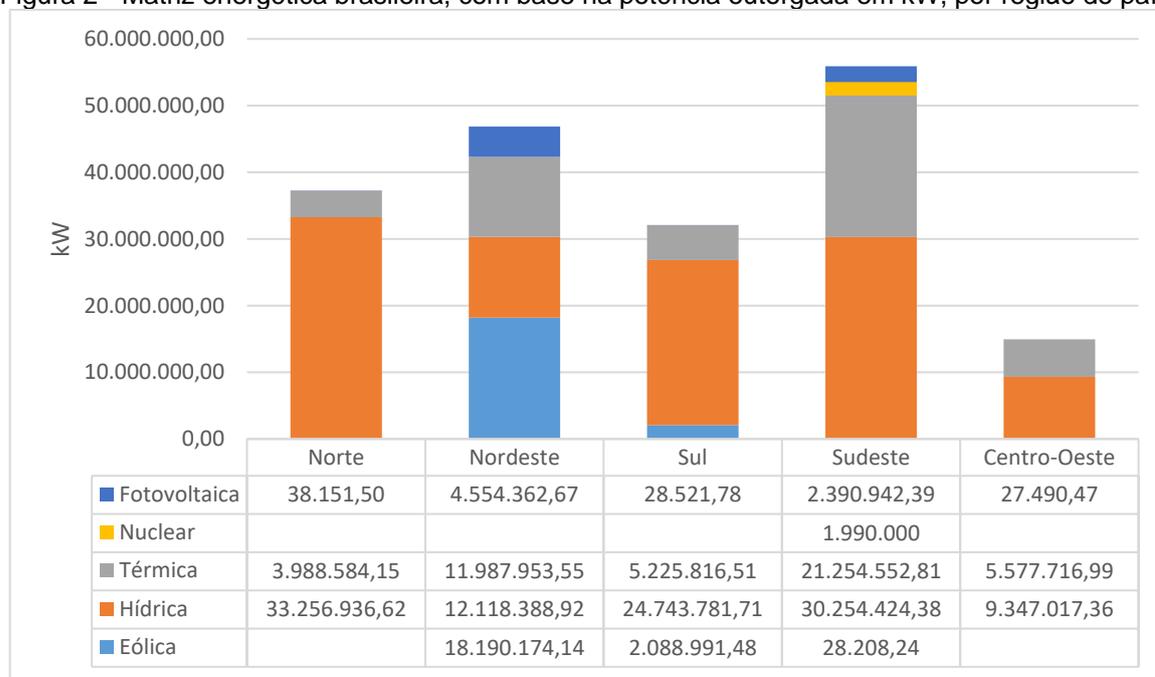
Energia limpa pode ser entendida como fontes de energia que não emitem poluentes no meio ambiente e que impactam a natureza apenas no local de instalação. Entre as formas de energia que atendem a esses requisitos estão as energias eólica, solar, maremotriz, geotérmica, hidráulica e de biomassa. Todas essas fontes causam impactos ambientais, mesmo que sejam mínimos, mas não interferem na poluição em nível global. De acordo com, as usinas de energia renovável são as que menos CO₂ para o fornecimento de eletricidade atualmente disponíveis (VIVEK, 2021, p. 158).

2.4 EVOLUÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

A matriz energética é entendida como o conjunto de fontes de energia disponíveis que atendem às necessidades do país. Trata-se de uma demanda renovável ou não renovável. Com o aumento da demanda global do consumo de energia, a matriz energética tem permitido diversos estudos em prol de avanços e implementações de fontes renováveis, com foco em viabilizar uma matriz mais eficiente (WEBER *et al.*, 2019). Entre esses estudos, a busca por um futuro sustentável

por meio da implementação de uma matriz de energia limpa é fortemente abordada por diversos estudos (ELRAHMANI et al, 2021). As fontes de energia renovável, como solar, biomassa e eólica apontam como estratégias para um desenvolvimento viável.

Figura 2 - Matriz energética brasileira, com base na potência outorgada em kW, por região do país.



Fonte: Brasil (2022).

O desenvolvimento de fontes de energia solar e eólica, bem como novos modelos otimizados parecem promissores para o desenvolvimento sustentável. No entanto, as limitações de custo e os requisitos tecnológicos associados a eles dificultam a implementação de fontes renováveis (VIVEK *et al.*, 2021). Em contrapartida, de acordo com algumas projeções, o uso de energia renovável na região nordeste do Brasil, principalmente energias de fontes eólicas (RAIMUNDO *et al.*, 2018) e solares, tendem a crescer mais.

Diante do exposto, a melhor forma de alcançar o desenvolvimento sustentável, em que a economia crescimento visar sem agredir o meio ambiente, diversificar a matriz energética é a melhor estratégia, ou seja, implementar e tornar as fontes de energia renováveis mais eficientes (MANTOVANI *et al.*, 2020). O atual cenário brasileiro apresenta perspectivas promissoras no que diz respeito ao alcance de uma matriz energética mais limpa. No entanto, não é viável realizar a substituição de uma fonte de energia por outra se não há consciência em seu consumo, conseguindo-se assim uma utilização racional da energia (SANTOS, 2017).

No Brasil, existem diversos programas de incentivo ao investimento em energia renovável, como o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), visando diminuir a emissão de gases até 2030, melhorando o meio ambiente e promovendo maior produtividade no setor elétrico (SANTOS, 2017).

Outro exemplo é o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que visa aumentar a participação de fontes de energia aproveitando os recursos disponíveis na região, atingindo este objetivo facilitando a criação de mercados para energia de fontes renováveis por meio da iniciativa privada. Esses programas de incentivo são extremamente importantes, pois aproximadamente 80% da energia consumida pelos seres humanos em todo o mundo vem da queima de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo, e gás natural (RAIMUNDO *et al.*, 2018).

O uso massivo desses recursos, além de causar o esgotamento dessas fontes de energia, é o maior responsável pela emissão de gases tóxicos e poluentes, que alteram o clima global, acidificam as águas e causam danos à saúde (AYA *et al.*, 2012).

Tabela 1 - Participação de cada fonte na matriz energética brasileira.

Tipo	2016		2021		Crescimento 2016-2021	
	MW	%	MW	%	MW	%
Hidráulica	101.598	71,5	113.768	68,3	12.170	12,0
Nuclear	1.990	1,4	1.990	1,2	-	-
Gás/GNL	12.414	8,7	14.548	8,7	2.134	17,2
Carvão	3.174	2,2	3.478	2,1	304	9,6
Óleo/Diesel	4.732	3,3	4.732	2,9	-	-
Biomassa	7.640	5,4	8.313	5,0	673	8,8
Outras	867	0,6	1.308	0,8	441	50,9
Eólica	9.611	6,8	16.205	9,7	6.594	68,6
Solar	16	0,0	2.182	1,3	2.166	-
Total	142.042	100	166.524	100	24.482	17,2

Fonte: Barros (2022).

Nesse sentido, a obtenção de energia elétrica por meio de combustíveis fósseis é a principal fonte de óxidos de enxofre (SO, SO₂), óxidos de nitrogênio (NO e NO₂), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) e partículas, entre eles, o chumbo (Pb) (GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

Condições climáticas desfavoráveis, no entanto, baixou a sua contribuição ao longo dos anos de 84,5 % em 2009 para 69,1 % em 2016 e forçou o Brasil a diversificar sua matriz energética (BID, 2014). Inicialmente, o vazio foi em grande parte preenchido por carvão, gás natural e biomassa (TRANSFER LBC, 2015) ainda, no final dos anos 2000, a energia eólica ganhou notavelmente destaque e representa

hoje uns notáveis 6,8% da oferta de eletricidade do Brasil, acima dos 0,1% em 2009 (WORUBY, 2018).

Com 84,6% de participação de energia renovável, o Brasil possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo (Média Global: 20,3%). Não surpreendentemente, as emissões brasileiras de 68 g de CO₂ por kWh são muito menores comparado a outros países com redes elétricas mais sujas como Índia (856g CO₂/kWh), China (764g CO₂/kWh), Rússia (437g CO₂/kWh) ou Estados Unidos (503g CO₂/kWh) (WORLD ECONOMIC FORUM, 2014). Com mais de 200 milhões de consumidores e um mercado de energia solar amplamente inexplorado, o Brasil é um atrativo destino para investidores estrangeiros (ELRAHMANI *et al.*, 2021).

2.4.1 Atuação da energia hidráulica

As usinas hidrelétricas são as principais fontes de eletricidade em alguns países (por exemplo, Paraguai, Noruega, Brasil, Áustria e Canadá). A energia hidrelétrica contribui com cerca de 85% da eletricidade renovável global. É a principal fonte de energia renovável na América do Sul, seguida pelos biocombustíveis. Em várias regiões do mundo (por exemplo, Sudeste Asiático e América do Sul), as hidrelétricas são um dos pilares na produção de energia renovável, mas, ao mesmo tempo, são vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas. Essas mudanças estão causando a maioria das variações no potencial hidrelétrico (BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2013).

Outros fatores, como mudanças no uso da terra e demanda por irrigação a montante, também podem influenciar a disponibilidade de água para geração de energia. O Brasil possui um dos maiores potenciais hidrelétricos e acredita-se que a hidrelétrica continuará a desempenhar um papel importante nos próximos anos (CARVALHO, 2009).

Ainda de acordo com Carvalho (2009), os reservatórios hidrelétricos são menos suscetíveis às mudanças climáticas do que os esquemas a fio d'água devido à sua capacidade de armazenamento, além de ser menos dependente do fluxo sazonal. Essa resiliência depende da duração da estação seca. As mudanças na vazão afetam o nível do reservatório e, conseqüentemente, a capacidade de geração de energia.

No Brasil, há expectativas de que futuras instalações hidrelétricas sejam a fio d'água devido às restrições ambientais para a construção de grandes reservatórios,

resultando na utilização da capacidade total instalada dos esquemas de vazão de água apenas durante a estação chuvosa. Na estação seca, outras usinas, como termelétricas, precisariam ser utilizadas para atender a demanda de energia.

Convém destacar que o Brasil possui um grande potencial hidrelétrico, totalizando 101.268.561 kW, o que corresponde a 60,9% da matriz energética. São 1.313 usinas em operação que vão desde centrais de geração hidrelétrica (com até 1 MW de potência instalada), pequenas centrais hidrelétricas (entre 1,1 MW e 30 MW) e hidrelétricas (com mais de 30 MW). As 218 usinas hidrelétricas são responsáveis por 60,5% da capacidade total instalada no país, somando 95.619.468 kW. As Pequenas Centrais Hidrelétricas, 428 no total, respondem por 3,2% da potência total instalada. O 667 as centrais de geração hidrelétrica em operação respondem por apenas 0,4% da potência instalada (JURASZ *et al.*, 2020).

A maior usina hidrelétrica brasileira é Itaipu, localizada no Rio Paraná. Depois de sua construção, a hidrelétrica de Belo Monte, na bacia amazônica, será a terceira maior hidrelétrica central elétrica do mundo (11.233 MW). A segunda maior é Itaipu, produzindo 14.000 MW, e a maior do mundo é a usina hidrelétrica de Três Gargantas na China, produzindo 22.500 MW. As principais usinas brasileiras com reservatórios de regularização são apresentadas na Tabela 2 e classificadas por região e importância em volume útil, conforme consta no Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2021, tendo como base o ano de 2020 (EPE, 2021).

Tabela 2 - Principais usinas hidrelétricas brasileiras com reservatórios.

Região	Hidrelétrica	Rio	Potência (MW)	Volume (Km ³)	Volume Útil Armazenado (Km ³ /GW).
Norte	Tucuruí	Tocantins	8370	38.98	4.7
Norte	Balbina	Uatuma	250	10.22	40.9
Nordeste	Sobradinho	São Francisco	1050	28.67	27.3
Sudeste/Centro-Oeste	Serra da Mesa	Tocantins	1275	43.25	33.9
Sudeste/Centro-Oeste	Furnas	Grande	1312	17.22	13.1
Sudeste/Centro-Oeste	Três Marias	São Francisco	396	15.28	38.6
Sudeste/Centro-Oeste	Emborcação	Paranaíba	1192	13.06	11.0
Sudeste/Centro-Oeste	Itumbiara	Paranaíba	2280	12.45	5.5
Sudeste/Centro-Oeste	Nova Ponte	Araguari	510	10.38	20.4
Sul	Foz do Areia	Iguaçu	1676	5.80	3.8
Sul	Passo Real	Jacu	158	3.36	21.2

Fonte: EPE (2021).

De acordo com a Tabela 2, é possível perceber que a Usina Hidrelétrica Serra da Mesa, no Rio Tocantins, tem o maior volume útil, a 43,25 km³; seguida pela usina de Tucuruí, no mesmo rio, com 38,98 km³, que se destaca em termos de potência

instalada de 8370 MW. Ressalta-se que, durante o verão, quando ocorre o período chuvoso, entre dezembro e março, os níveis dos reservatórios eleva, enquanto no inverno, quando há período de estiagem, entre abril e novembro, os níveis dos reservatórios tendem a baixar. Essa observação é importante ao analisar os períodos em que há maior ou menor geração de energia, visto que o reservatório cheio permite maior movimentação das turbinas.

Estudos recentes abordaram a situação atual das pequenas hidroelétricas no Brasil, expondo regulamentações e políticas para o crescimento do número de plantas e as perspectivas para o setor. As pequenas hidroelétricas brasileiras estão em expansão devido às suas características de pequena ocupação de área e menor impacto ambiental, além da possibilidade de instalação mais próxima dos locais de consumo, o que reduz a perda de energia na transmissão e, conseqüentemente, resulta em redução de custos para o consumidor.

Outro ponto a ser analisado é que os principais reservatórios hidrelétricos brasileiros estão na bacia do rio Paraná. A concentração de hidrelétricas é maior nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste. A região Sudoeste responde por 70% da capacidade de armazenamento de energia. Os maiores reservatórios de hidrelétricas, são instalados próximos às regiões de maior demanda. Quando cheios, esses reservatórios podem armazenar energia para atender as demandas por cinco meses, período muito menor do que o observado na década de 1970, quando a energia armazenada nos reservatórios, na capacidade máxima, pudesse atender a demanda de três ou quatro anos. Essas mudanças surgem como resultado do aumento da demanda de energia causada pelo crescimento da população, além das mudanças climáticas e ambientais (CARVALHO, 2009).

Além dos dados fornecidos acima, o Anuário assinala que a capacidade instalada de geração de eletricidade no Brasil foi expandida em 4,5% no período entre 2018 e 2019, com a contribuição majoritária da geração hidráulica. Porém, a maior expansão proporcional ocorreu na geração solar, que fechou o ano de 2019 com um aumento na potência instalada de 37,6% em relação ao ano anterior, ressaltando que em 2018 houve um aumento de quase 100% em relação ao ano de 2017. No mesmo anuário, foi destacada a geração de energia da região nordeste assim distribuída (tabela 3).

Tabela 3 - Capacidade eólica instalada por estado e número de usinas.

Estado	Capacidade instalada (MW)	Número de usinas
Bahia	1.992	69
Ceará	1.631	62
Paraíba	66,3	13
Paraná	2,5	1
Pernambuco	592,2	28
Piauí	942	34
Rio Grande do Norte	3.330	121
Rio Grande do Sul	1.641	88
Santa Catarina	136,5	15
Sergipe	34,5	1
Total	10.334	432

Fonte: Barros (2022).

A tabela 4 demonstra o quanto o uso de energia hidrelétrica é intenso na região Nordeste. Ocorre que as mudanças climáticas devem ser levadas em conta no processo de planejamento dos recursos hídricos e gestão, para que sejam tomadas medidas de adaptação aos cenários climáticos futuros. As estratégias de operação de reservatórios devem ser implementadas, em fase de cenários climáticos, uma vez que as usinas hidrelétricas são fundamentais para geração de energia no Nordeste e no Brasil.

Tabela 4 - Geração Hidroelétrica da região Nordeste (GWh).

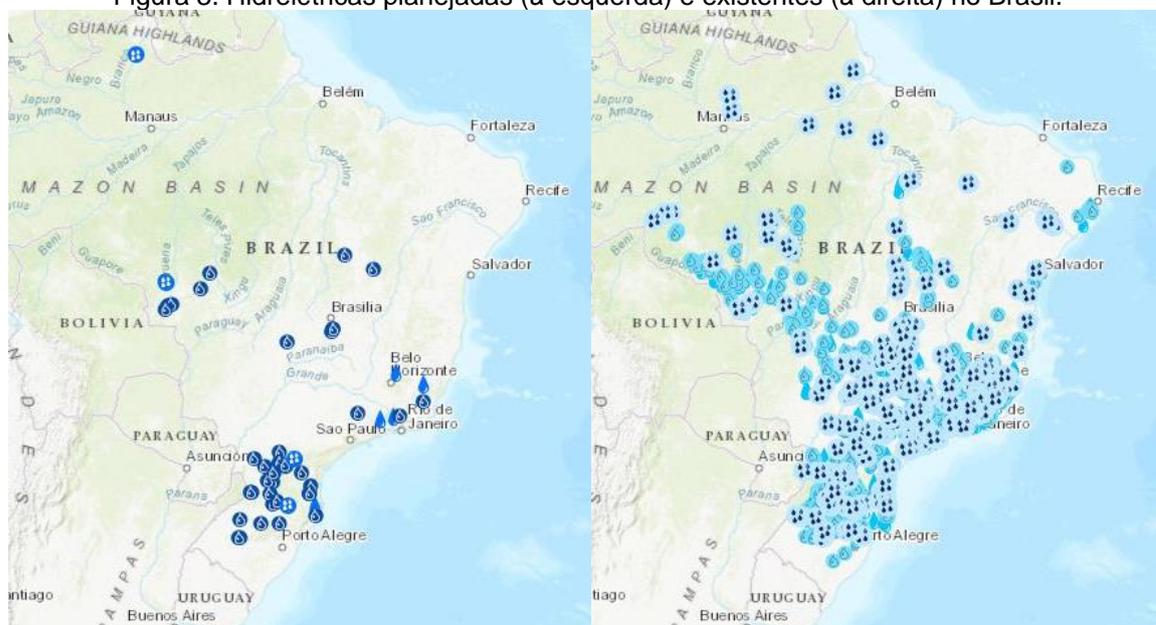
REGIÃO NORDESTE	2015	2016	2017	2018	2019	$\Delta\%$ (2019/2018)	Part. % (2019).
Maranhão	13.791	14.741	14.400	13.209	13.209	0,0	2,1
Piauí	1.444	3.169	5.552	7.068	7.765	9,9	1,2
Ceará	16.519	14.343	15.547	12.957	14.396	11,1	2,3
Rio Grande do Norte	10.546	13.766	15.922	16.052	16.273	1,4	2,6
Paraíba	3.356	1.496	1.895	1.838	1.570	-14,6	0,3
Pernambuco	11.032	10.998	11.767	10.570	10.166	-3,8	1,6
Alagoas	10.052	8.504	6.138	5.950	8.211	38,0	1,3
Sergipe	5.233	4.333	2.979	2.834	4.186	47,7	0,7
Bahia	22.289	21.279	21.827	25.911	32.342	24,8	5,2

Fonte: EPE (2021).

Não obstante, no Brasil, as fontes renováveis de energia são consideradas fundamentais para o desenvolvimento sustentável. Duas estratégias com relação ao setor de energia foram incorporadas no Brasil, uma com foco em uma matriz energética limpa e renovável, principalmente hidrelétrica, e a outra promovendo o uso eficiente e conservação. No entanto, o país precisa rever as atuais políticas energéticas no contexto do crescimento econômico e considerar as mudanças climáticas, com investimentos em eficiência energética, fontes e as melhorias tecnológicas necessárias (TALISZ, 2022).

A EPE aponta, conforme apresentado na figura 2 abaixo, onde estão localizadas as hidrelétricas planejadas e existentes atualmente no Brasil, em que é possível ver uma maior concentração na parte sul e sudeste do país.

Figura 3. Hidrelétricas planejadas (à esquerda) e existentes (à direita) no Brasil.



Fonte: EPE (2023).

No SIN, são consideradas três tipos de locais que geram energia, de acordo com a ANEEL: Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e Usina Hidrelétrica de Energia (UHE), as quais diferenciam-se entre si de acordo com a potência instalada. As CGH possuem até 1 MW de potência instalada, as PCH variam entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada, e as UHE possuem potência instalada acima de 30 MW (ANA, 2013).

2.4.2 Atuação da energia eólica

A energia eólica é toda forma de energia que vem do vento, sendo utilizada desde a pré-história, quando o homem usava o vento para impulsionar navios egípcios antigos. Na Antiguidade, por volta de 200 a. C, os persas usavam moinhos de vento para bombear água para irrigação de plantações e para moagem de grãos (VIVEK, 2021).

Com os avanços tecnológicos, as máquinas eólicas tornaram-se capazes de gerar uma maior quantidade de energia, até que surgiram as primeiras usinas eólicas.

Hoje, é possível encontrar aerogeradores modernos espalhados pelo mundo, com potência nominal superior a 7 MW por unidade — suficiente para abastecer mais de 10 mil residências no padrão de consumo brasileiro (RAIMUNDO *et al.*, 2018).

Uma usina eólica é considerada uma fonte de geração de energia limpa, ocupa pouco espaço físico, pode produzir energia em locais remotos e é abundante, pois o vento está disponível em todo o globo. Gera renda para os latifundiários alugando terrenos para as torres, permitindo que o proprietário continue com as plantações ou a criação de animais. O uso do solo não é comprometido, pois apenas uma pequena porcentagem do espaço onde o parque eólico está instalado é efetivamente ocupado (SANTOS, 2017; MORAES; CARVALHO, 2020; GARCIA *et al.*, 2021).

No entanto, muitos parques eólicos estão localizados longe dos mercados consumidores e, embora os preços estejam diminuindo, ainda é mais caro que a hidreletricidade (a maior parcela da matriz elétrica brasileira). Embora as turbinas eólicas sejam compactas e tenham centenas de metros de altura, uma unidade produz menos eletricidade do que uma usina de combustível fóssil, então um parque eólico requer muitas turbinas para o mesmo resultado (SANTOS, 2017; MORAES; CARVALHO, 2020; MESQUITA, 2022).

O primeiro aerogerador de grande porte da América Latina foi instalado em 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha (Nordeste do Brasil), com potência nominal de 75 KW (três pás e rotor de 17 m de diâmetro), abastecendo cerca de 10-20% da demanda de energia local, mas, em 2009, foi destruída por uma tempestade de raios. Ao longo dos anos, alguns outros projetos foram realizados em alguns estados do Brasil, mas pouco se avançou para consolidar a energia eólica como alternativa de geração de energia elétrica, atribuído à falta de políticas públicas e custos tecnológicos ainda proibitivos na época (SANTOS, 2017; SILVA, 2023).

Figura 4 - Parques eólicos planejados (à esquerda) e existentes (à direita) no Brasil.



Fonte: EPE (2023)

A EPE aponta, conforme apresentado na Figura 4 acima, onde estão localizados os parques eólicos planejados e existentes atualmente no Brasil, em que é possível ver uma maior concentração na região nordeste do país.

Em 2001, a publicação do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (APEB) estimou o potencial eólico do país em 143 GW, com base em velocidades médias de vento iguais ou superiores a 7 m/s e torres de 50 m de altura, suficientes para tecnologias de turbinas daquele período. Sem dúvida, o atlas foi um marco importante para o desenvolvimento do setor eólico no Brasil (BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2017).

Nos anos seguintes, o mercado eólico brasileiro experimentou um crescimento significativo devido à implantação do PROINFA e aos bons resultados dos leilões de energia. Com o tempo, a tecnologia de turbinas eólicas desenvolveu-se significativamente, fornecendo modelos de maior potência e dimensões para operação em altitudes mais elevadas. Tem-se que o PROINFA foi criado em 2002 pelo Governo Federal para aumentar a participação de fontes alternativas renováveis na produção de energia elétrica, dando prioridade às empresas que não possuíam vínculo societário com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição (BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2017; SILVA; ALVES; RAMALHO, 2018; SANTOS, 2022).

O PROINFA, como primeira política pública efetiva voltada para o setor eólico, proporcionou um ambiente de poucos riscos para investimentos com uma tecnologia ainda pouco conhecida no país naquela época. No entanto, apesar dos 144 projetos inicialmente aprovados pelo PROINFA, apenas um conseguiu entrar em operação antes de 2006. Assim, a partir de 2005, o Brasil passou a adotar o sistema de leilões pelo menor preço para contratação da demanda de energia elétrica previsto pelo as concessionárias e um valor de reserva (BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2017; BOTURA; PASCHOALOTTO; DUARTE, 2023).

A partir de 2009, por meio de leilões específicos de fontes renováveis, a energia eólica tem sido comercializada em ambiente regulado. Ferreira explica que o esquema contratual de leilões de geradores eólicos foi concebido para reduzir o risco de investimento do setor privado.

A energia eólica possui características econômicas como alto investimento inicial, baixo custo operacional e fluxo de produção sazonal e intermitente, que foram formuladas em um modelo de contrato para considerar a produção média ao longo dos anos e permitir reajustes e compensações de acordo com o histórico de geração. Essa mudança no sistema de contratação estimulou o desenvolvimento e o crescimento da energia eólica no Brasil. Devido à crise econômica vivida pelo Brasil em 2015, o consumo de energia elétrica foi 1,8% menor do que em 2014 e, com isso, foi fornecida energia suficiente aos consumidores pelo setor eólico no curto prazo, dificultando a realização de leilões de novos empreendimentos de geração de energia. Como resultado da queda no consumo de energia elétrica e recessão econômica, houve redução na contratação de energia eólica em 2015, mesmo com três leilões naquele ano. Em 2016, não houve contratação de energia eólica (WEBER *et al.*, 2019).

Na verdade, considerando as tecnologias atuais de produção de energia eólica e, principalmente, o uso de aerogeradores de 100 m de altura, o potencial eólico brasileiro deve ser muito superior ao avaliado pelo primeiro atlas eólico em 2001. Dessa forma, o potencial eólico do Brasil pode atingir 880 GW, sendo 522 GW tecnicamente viáveis, considerando que o valor máximo de potência que pode ser extraída do vento corresponde a cerca de 60% da potência total disponível (WEBER *et al.*, 2019; BOTURA; PASCHOALOTTO; DUARTE, 2023).

Para Elrahmani *et al.* (2021):

Hoje, o Brasil apresenta uma matriz elétrica diversificada e a energia eólica se destaca pela excelente qualidade eólica e grandes investimentos. Em 2017, a Oferta Interna de Energia (IES) brasileira foi de 293,5 milhões de tep (toneladas de óleo equivalente), sendo 43,2% correspondentes a fontes renováveis – contra apenas 10,0% nos países da OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico), em sua maioria desenvolvidos, e uma média mundial de 13,8% no mesmo ano. Houve aumento de 1,8% nas IES em relação a 2016, tendo como principais indutores o consumo de energia industrial (indústrias siderúrgicas e açucareiras e produção agrícola) e o transporte. As fontes renováveis tiveram o maior aumento no IES (9,3%), sustentado por fortes aumentos na geração eólica e na produção de biodiesel. (ELRAHMANI et al., 2021, p. 100664)

Em relação ao Fornecimento Interno de Energia Elétrica (FIEE), em 2017, o Brasil ofereceu 624,3 TWh, sendo 80,4% de fontes renováveis, contra apenas 24,9% da média mundial e 26,1% do bloco OCDE. Destaque para o aumento de 26,5% na oferta de energia eólica em relação ao ano anterior. Foram gerados 42.373 TWh de energia eólica ao longo de 2017 no país (6,8% da matriz elétrica), o que é suficiente para abastecer 22 milhões de residências por mês (aproximadamente 67 milhões de habitantes) – muito mais do que a população de toda a região Nordeste. Tem-se que cada MW instalado está ligado à geração de 15 empregos e à redução de 23 Mt de emissões de CO₂ por ano (equivalente a 16 milhões de carros). Porém, as usinas hidrelétricas ainda são responsáveis por 60% da geração de energia no Brasil, seguidas por 16% dos combustíveis fósseis (JURASZ *et al.*, 2020).

Juarez *et al.* (2020) aponta que, até outubro de 2018, havia 568 parques eólicos instalados em 12 estados do Brasil (14,3 GW), conforme apresentado na Tabela 5, representando mais de 7.000 aerogeradores, equivalente atualmente ao consumo residencial médio brasileiro de cerca de 26 milhões de residências (80 milhões de pessoas), porém, segundo Botura, Paschoalotto e Duarte (2023) afirmam que atualmente existem mais de 800 parques. De todo modo, pode-se observar que os principais estados estão localizados na região Nordeste, ou seja, 90% da capacidade eólica é proveniente desta região. O governo federal espera uma expansão de 125% até 2026, quando praticamente um terço da energia do país virá dos ventos. As estimativas apontam que, até 2026, a cadeia eólica poderá gerar cerca de 200 mil novos empregos diretos e indiretos (JURASZ *et al.*, 2020; BOTUTA; PASCHOALOTTO; DUARTE, 2023).

Tabela 5 - Capacidade instalada de energia eólica no Brasil até outubro de 2018.

Estados do Brasil	Região do Brasil	Capacidade instalada (MW)	Número de Parques eólicos
Rio Grande do Norte (RN)	Nordeste	3949,3	146

Bahia (BA)	Nordeste	3525,0	133
Ceará (CE)	Nordeste	2.049,9	80
Rio Grande do Sul (RS)	Sul	1831,9	80
Piauí (PI)	Nordeste	1521,1	55
Pernambuco (PE)	Nordeste	781,3	34
Santa Catarina (SC)	Sul	238,5	14
Maranhão (MA)	Nordeste	220,8	8
Paraíba (PB)	Nordeste	156,9	15
Sergipe (SE)	Nordeste	34,5	1
Rio de Janeiro (RJ)	Sudeste	28,1	1
Paraná (PR)	Sul	2,5	1
Total		14.339,8	568

Fonte: ABEEÓLICA (2018).

Ao analisar a Tabela 5, observa-se que a região nordeste detém o maior número de parque eólico quando equiparado com a região sul. Isto porque, ao procurar um bom local para instalar turbinas eólicas, muitos fatores foram considerados. O fator mais importante foi o recurso eólico, uma vez que as condições locais, como morros e montanhas, edificações e vegetação, influenciam o vento e devem ser consideradas em um cálculo mais detalhado de quanta energia os aerogeradores serão capazes de produzir no local (RAIMUNDO *et al.*, 2018; MESQUITA, 2022; SILVA, 2023).

Por isso, a região Nordeste possui a maior concentração de parques eólicos do Brasil, como visto na Tabela 3, sendo o principal foco dos investidores do setor por concentrar os ventos alísios do Atlântico Sul, que são fortes, estáveis e favoráveis à geração de energia no país. A região Nordeste representa quase um quinto da área geográfica do Brasil e é a parte mais árida do país. Embora o Brasil tenha os maiores recursos hídricos do mundo, essa região em particular sofre com secas pontuais, que também podem afetar o fornecimento de energia, já que a maior parte da matriz elétrica é fornecida por hidroeletricidade (um percentual de 59,4% em 2017), utilizando o Rio São Francisco como seu principal provedor (RAIMUNDO *et al.*, 2018; SILVA; ALVES; RAMALHO, 2018; SILVA, 2023).

Esse cenário de preponderância hídrica na região Nordeste mudou nos últimos anos. De fato, a participação de fontes termelétricas e eólicas tem crescido significativamente na composição da geração de energia elétrica no Subsistema Nordeste, devido à ocorrência de anos com baixa pluviosidade e aumento da capacidade eólica instalada nesta região.

Nesse contexto, a fonte eólica é a que mais contribui para a geração de energia elétrica, tendo em 2017 uma participação de 45,37% do total gerado no Subsistema

Nordeste. Segundo Ribeiro *et al.* (2016), um leilão realizado em abril de 2018 aprovou 114,4 MW em projetos de energia eólica, todos no estado da Bahia, ao preço médio de US \$16,9/MWh – o menor já registrado no Brasil. No leilão de agosto de 2018, foram vendidos 1.125,7 MW a um preço médio de US \$22,65/MWh (VIVEK, 2021).

O maior parque eólico do Brasil chama-se Ventos do Araripe, localizado no planalto do Araripe, nos estados de Pernambuco e Piauí (onde as condições do clima e do solo predispõem à desertificação), com 156 aerogeradores e capacidade instalada de cerca de 360 MW— suficiente para abastecer cerca de 400.000 casas (SILVA, 2019; VIVEK, 2021).

O estado de Pernambuco representa uma parte importante do setor eólico da região Nordeste, pois abastece mais de 60% do estado, sendo um local de interesse pela qualidade do recurso eólico (ventos de alta intensidade e pouca turbulência) e devido à presença do Porto de Suape (vantagens logísticas para implantação de parques eólicos).

Desde 2015, a cidade de Tacaratu (1.265 km² e cerca de 24.600 habitantes), no semiárido pernambucano, abriga o Complexo Fontes – a primeira usina híbrida de produção eólica e solar do Brasil; nesta cidade, a maioria da população vive de pequenos cultivos de feijão, milho e mandioca, e tem no aluguel de terras uma fonte alternativa de renda (ELRAHMANI *et al.*, 2021).

Ressalta-se, portanto, que a região Nordeste, composta por nove estados, é a área territorial com a maior geração de energia eólica do país, respondendo por mais de 87% dos parques eólicos do país, e com os maiores percentuais de capacidade instalada por estado entre os 12 produtores desse tipo de energia. Essa concentração resulta da presença constante de ventos adequados nesta região, que têm uma velocidade inalterada e não muda de direção rapidamente ou com frequência. Dos 751 parques eólicos instalados no Brasil, 655 estão localizados nesta região (BRASIL, 2019).

Segundo dados do Conselho Global de Energia Eólica de 2017, o Brasil é o oitavo no mundo entre os países com o maior potencial de geração de energia eólica. Já os dados mais atuais da Associação Brasileira de Energia Eólica de 2019 apontam que são 15 gigawatts de capacidade de produção, com 601 usinas instaladas no País, e estima-se uma redução de 28 milhões de toneladas por ano na emissão de dióxido de carbono, composto profundamente ligado ao aumento da temperatura global (SOUZA, 2019).

Por usar o vento como fonte, esse tipo de produção de energia é geralmente percebido como limpo e isento de questionamentos quanto à sustentabilidade. Porém, se promovida sem atender a certos requisitos, pode gerar impactos, nem sempre tão visíveis, nos âmbitos ambiental e social.

No SIN, a ANEEL trabalha com geração de energia eólica a partir de Usinas Eólicas de Energia (EOL).

2.4.3 Atuação da energia solar

O Sol emite energia suficiente para a Terra a cada segundo para satisfazer toda a demanda de energia humana por mais de duas horas. Dado que é prontamente disponível e renovável, a energia solar é uma fonte atraente de energia. No entanto, a partir de 2018, menos de dois por cento da energia do mundo veio da energia solar. Historicamente, a captação de energia solar tem sido cara e relativamente ineficiente. Mesmo esse escasso uso solar, no entanto, é uma melhoria em relação às duas décadas anteriores, pois a quantidade de energia coletada da energia solar em todo o mundo aumentou mais de 300 vezes de 2000 a 2019 (LEUZINGER; COUTINHO, 2019).

Como um país sul-americano esbanjando sol e com uma população de mais de 200 milhões, o Brasil é considerado como tendo algumas das melhores condições para a energia solar em todo o mundo. Apesar do seu enorme potencial, o país tem sido até o momento lento no desenvolvimento do mercado nacional de energia solar (WORUBY, 2018).

Após uma devastadora crise energética resultado da seca que atingiu as hidrelétricas, a esperança de energia solar parece distante. Com o objetivo de diversificar seu mix de energia, o Brasil iniciou a implantação em larga escala da energia solar em 2014. Villalva e Gazoli (2017) vêm, em particular, o duplo objetivo do governo de expandir as instalações de capacidade e, ao mesmo tempo, conseguir uma nacionalização progressiva de uma Indústria fotovoltaica como problema chave para o setor.

Com cerca de 3.000 horas de sol por ano, o Brasil é considerado uma das melhores condições de energia solar em todo o mundo (WORUBY, 2018). Estimativas do potencial técnico de energia solar do Brasil variam entre 114 GW, pelo Instituto de Rede Global de Energia, e 193 GW, pela Associação Brasileira de Energia

Fotovoltaica (2017). Os valores diários de radiação solar variam de um mínimo de 4,25 kWh/m² no Estado de Santa Catarina – Sudeste do Brasil -- para uma alta de 6,5 kWh/m² no Estado da Bahia – Nordeste do Brasil. A média anual de irradiação solar, por outro lado, é medida em 1500-2500 kWh/m², que é muito maior do que os níveis para a maioria dos países europeus como a Alemanha (900-1250 kWh/m²), França (900-1650 kWh/m²) ou mesmo Espanha (1200-1850 kWh/m²).

Na verdade, a radiação solar na região mais ensolarada da Alemanha, um dos líderes no uso da tecnologia fotovoltaica, é 40% menor do que nos países menos região ensolarada do Brasil. Dada a abundância de luz solar, os especialistas pensam que a energia solar poderia potencialmente ser desenvolvida em quase todas as partes do Brasil (CARVALHO, 2009). O Nordeste e a região central são as regiões que mais se adequam a esse tipo de energia.

Apesar do tremendo potencial e das condições quase perfeitas, a energia solar ainda é uma área pouco explorada. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, o uso de fontes de energia solar está até agora limitado a cerca de 10.000 sistemas residenciais de micro e pequena escala com uma capacidade acumulada de cerca de 63 MW em 2016 (MANTOVANI *et al.*, 2017).

Assim, a energia solar representa menos de 10 Watts por habitante no Brasil. Em contraste com as capacidades solares da China de 112 GW ou com 14,7 GW da Índia, os números do Brasil parecem relativamente pequenos. Mesmo quando se olha para Bangladesh, país mais pobre com condições climáticas menos favoráveis, mas um número impressionante de 1,5 milhão de sistemas de energia solar, superando o Brasil (WORUBY, 2018).

Uma razão para a aceitação lenta é que a tecnologia e seus benefícios não são muito conhecidos pelo país, pois o governo construiu uma cultura tradicional de construção de barragens, favorecendo as capacidades de geração hidrelétrica para sua expansão energética (WORUBY, 2018). De fato, a hidroeletricidade compõe de longe a maior parcela do total de fornecimento de eletricidade do Brasil de 616 terawatts-hora (TWh) em 2016.

O Brasil ainda é um país extremamente dependente da energia hidrelétrica, de modo que ele se encontra em posição vulnerável a eventos climáticos extremos, inclusive com histórico de escassez hídrica no passado. A implantação de outras fontes de energia se faz necessária para minimizar os desafios atuais. Nesse contexto, a *Bloomberg New Energy Finance* diz que a geração de energia solar pode

contribuir com 20% da matriz energética nacional até 2040, apresentando vantagens com relação à energia hídrica ou eólica por superar o desafio da dispersão geográfica do país, pensando em eletricidade, geração e consumo. A partir disso, pode-se citar o projeto de eletrificação rural “Luz Para Todos”, uma iniciativa do governo para promover a distribuição de tecnologia solar no Brasil, cujas abordagens técnicas estão sendo discutidas em: A) Geração Solar Centralizada: - Sistemas de energia solar conectados à rede de escala de utilidade; Capacidade de instalação: 5 MW - 100 MW, Visa alimentar energia de grandes usinas para a rede elétrica; B) Geração Solar Distribuída: sistemas domésticos solares off-grid para autoconsumo; Capacidade de instalação: 5 KW - 5 MW; Visa reduzir a dependência da rede através de sistemas residenciais autônomos (JURASZ *et al.*, 2020).

O planejamento de médio e longo prazo do setor elétrico brasileiro revelou pela primeira vez em 2004 que há uma possibilidade real de diversificação do mix de eletricidade com outras fontes renováveis que não hidrelétricas. Em 2015, o Brasil reafirmou seu compromisso no marco do Acordo de Paris da UNFCCC, comprometendo-se a aumentar o uso de energias renováveis que não sejam hidrelétricas até 28% – 33% até 2030. As Contribuições Determinadas (NDC) devem orientar as futuras políticas energéticas dos países signatários e precisam ser renovados a cada cinco anos. A promessa de diversificar ainda mais o mix de energia enviou um forte sinal para a comunidade de energia renovável no Brasil e, assim, fortaleceu o compromisso de longo prazo do governo com o setor solar (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Não obstante, a energia solar fotovoltaica foi adicionada ao processo de licitação aberta dos leilões gerais de energia renovável pela primeira vez em 2012. Em 2013, enquanto apenas o segundo ano com energia solar incluída no mix, os leilões atraíram 400 inscrições para o desenvolvimento de utilidades fotovoltaicas. Ainda, devido à concorrência aberta entre as diferentes fontes do leilão de energia, os parques eólicos acabaram em leilão vencedores (RIBEIRO *et al.*, 2016; BEZERRA, 2021).

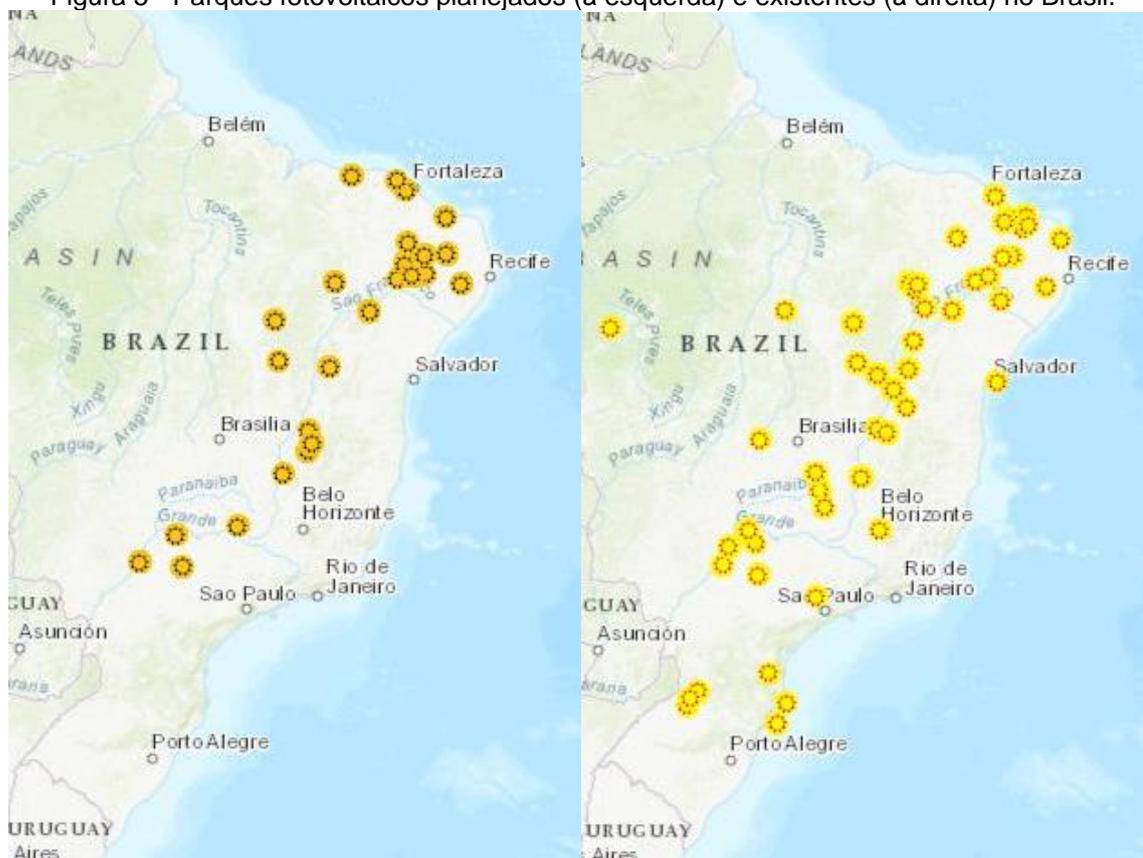
De 2009 a 2016, foram contratados 509 parques eólicos, totalizando 13,4 GW das capacidades esperadas. Enquanto a promoção da energia eólica desde o final dos anos 2000 tem sido extraordinária, as fazendas solares estão em um estado menos desenvolvido. Ressalta-se aqui que em relatório técnico recente, o Ministério de Minas e Energia destacou que as fontes eólica e solar do Nordeste agregaram

45,5% à matriz de geração de 2020 e, pela primeira vez, transformaram a região de importadora e exportadora líquida de energia elétrica. O Nordeste teve déficit de geração de 21% em 2000 e 3% em 2019, mas apresentou superávit de 12% em 2020. Em 2000, seis estados eram exportadores líquidos de energia elétrica, e esse indicador passou para 14 em 2020 (VIVEK *et al.*, 2020).

Por fim, pode-se dizer que o uso racional de recursos consiste não apenas no que traz lucro para o negócio, mas no que beneficia toda a sociedade. Dessa forma, a perspectiva ambiental representa uma condicionalidade, significando que a existência de crescimento e uma distribuição relativamente equitativa dos ganhos do ponto de vista social são possíveis, mas ao preço de comprometer o futuro pela exploração predatória do capital natural (WORUBY, 2018).

A EPE aponta, conforme apresentado na figura 4 abaixo, onde estão localizados os parques fotovoltaicos planejados e existentes atualmente no Brasil, em que é possível ver uma maior concentração nas regiões nordeste e centro-oeste do país.

Figura 5 - Parques fotovoltaicos planejados (à esquerda) e existentes (à direita) no Brasil.



Fonte: EPE (2023).

No SIN, a ANEEL trabalha com geração de energia solar a partir de Usinas Solares Fotovoltaicas (UFV).

2.5 LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS UNIDADES DE GERAÇÃO DE ENERGIA

2.5.1 Principais impactos ambientais

As demandas globais de energia e as preocupações ambientais são uma força motriz para o uso de fontes de energia alternativas, sustentáveis e limpas. A energia solar e eólica estão entre as fontes mais promissoras e vêm se desenvolvendo de forma constante nos últimos anos. No entanto, estes desenvolvimentos energéticos não estão isentos de consequências ambientais adversas, que requerem procedimentos de recuperação adequados (SOUZA, 2019).

Santos (2018) aponta que os ventos são mais fortes em regiões litorâneas, de modo que é comum que aerogeradores sejam instalados em regiões de dunas, impactando sua morfologia, topografia e fisionomia devido à necessidade de construção de acessos aos geradores. O impacto atinge, ainda, a disponibilidade hídrica da área, visto que há uma mudança na forma de receber e armazenar água, levando em consideração que dunas são locais de entrada de água, filtrando e dando sustentação a lagoas costeiras e ao ecossistema de manguezal.

Também graves são as interferências que a indústria eólica promove nas comunidades próximas aos locais escolhidos para instalação dos geradores. Por vezes invisibilizadas, essas populações – por estarem em situação de fragilidade econômica e social – acabam sofrendo com problemas como perda de território (por terem o acesso à região bloqueado) e mudanças na disponibilidade de recursos, além de situações de subemprego (SOUZA, 2019).

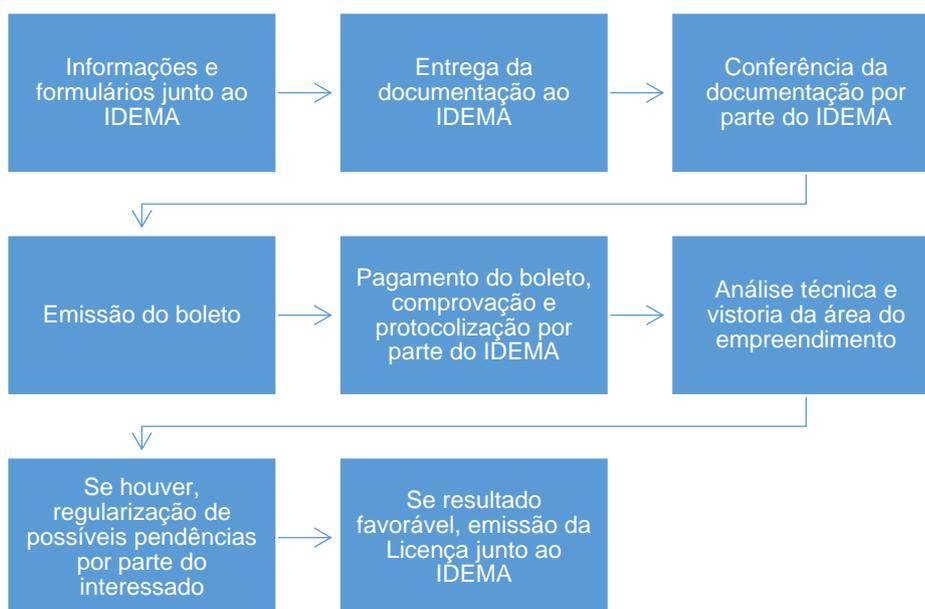
Como solução para as questões apontadas são propostas o que os pesquisadores chamam de alternativas locacionais, ou seja, a escolha de áreas onde a instalação dos geradores eólicos gera menos impactos tanto à geografia dos locais quanto às comunidades próximas. Essa escolha estaria baseada em estudos de viabilidade dos projetos e em critérios ambientais e sociais.

2.5.2 Processo de licenciamento de empreendimentos no Rio Grande do Norte

No estado do Rio Grande do Norte, o principal responsável pela emissão de licenças e autorizações é o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA). Um exemplo de licença de operação pode ser visto no Anexo B. O IDEMA descreve o procedimento de licenciamento em cinco etapas, descritas abaixo e resumidas na figura 6. (RIO GRANDE DO NORTE, 2013):

- a) Obtenção das informações e formulários acerca do tipo de licença por parte do interessado junto ao IDEMA;
- b) Entrega da documentação necessária ao IDEMA por parte do interessado, a partir do qual, mediante conferência dos documentos, será emitido boleto bancário;
- c) Após o pagamento, comprovação junto ao IDEMA para protocolização;
- d) Análise técnica e vistoria da área do empreendimento, a partir da qual poderá haver solicitação de outros documentos por meio de uma Solicitação de Providências (SP) ou Notificação. Tem-se, então, suspensão do prazo para conclusão da análise, o qual só será reiniciado após atendimento das pendências.
- e) O empreendedor é informado do resultado da análise. Caso o resultado seja favorável, ele pode buscar a Licença junto ao IDEMA, que ficará disponível por 15 dias. Após esse prazo, a Licença será enviada pelo correio.

Figura 6 - Esquema para emissão de Licença junto ao IDEMA.



Fonte: Elaboração própria (2023).

Para saber quais os documentos necessários para a emissão de licenças junto ao IDEMA, o órgão oferece *check lists* (IDEMA, 2018a, 2019a, 2019b) que facilitam a organização destes, bem como um exemplo de *check list* pode ser visto no Anexo C. Contudo, a competência não é exclusiva do IDEMA. A depender da área e da abrangência do empreendimento, o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) pode se tornar o responsável pela emissão de licenças, como é o caso das licenças para linhas de transmissão.

O IDEMA estabeleceu a Instrução Normativa nº 1, de 01 de novembro de 2018, que regulamenta a Lei Complementar Estadual nº 272, de 03 de março de 2004, “no que dispõe sobre critérios e procedimentos para o Licenciamento Ambiental de Centrais de Geração de Energia Elétrica por Fonte Solar Fotovoltaica no Estado do Rio Grande do Norte”. Segundo a Instrução Normativa, estão sujeitos à exigência de apresentação EIA/RIMA, além de audiências públicas os empreendimentos que estejam situados com base nas Resoluções 01/1986 e 237/1997 do CONAMA e demais pontos destacados:

- II – Localizados no bioma Mata Atlântica e que impliquem em corte e supressão de vegetação primária e secundária no estágio avançado de regeneração, conforme dispõe a Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006;
- III – Intervenção em Área de Preservação Permanente (APP), nos termos da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012;
- V – Localizados em zonas de amortecimento de unidades de conservação de proteção integral, adotando-se o limite de 03 (três) quilômetros a partir do limite da unidade de conservação, cuja zona de amortecimento ainda não esteja estabelecida, conforme dispõe a Resolução CONAMA nº 462/2014;
- VI – Em locais que venham a gerar impactos socioculturais diretos que impliquem inviabilização de comunidades ou sua completa relocação, conforme dispõe a Resolução CONAMA nº 462/2014;
- VII – Em áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, assim estabelecidas em normas pelos órgãos responsáveis pelas políticas federal, estadual e municipal de meio ambiente;
- VIII – Localizados na zona costeira e que impliquem em alterações significativas das suas características naturais, conforme dispõe a Lei nº 7.661 de 16 de maio de 1988;
- XI – Localizados em áreas de ocorrência de espécies ameaçadas de extinção e/ou em áreas de endemismo restrito, conforme listas oficiais, quando impactadas pela implantação do empreendimento, conforme dispõe a Resolução CONAMA nº 462/2014;
- XII – Em formações dunares, planícies aluviais e de ação, mangues e demais áreas úmidas, conforme dispõe a Resolução CONAMA nº 462/2014;
- XIII – Que venham a suprimir uma área acima de 100 hectares, a depender do tipo de vegetação, localização em área de relevante interesse ambiental a critério do órgão licenciador competente, à luz do que determina a Resolução CONAMA nº 001/1986. §1º – Os empreendimentos que não estejam enquadrados em nenhuma das situações do Art.4º deverão apresentar o Relatório Ambiental Simplificado – RAS, quando requerer a Licença Prévia ou outra que couber no licenciamento. §2º – Os empreendimentos que não estejam enquadrados em nenhuma das situações do Art. 4º, e que na

oportunidade do licenciamento possam ser enquadrados como micro ou pequeno porte, deve-se adotar o Licenciamento Simplificado. §3º – Os empreendimentos que não estejam enquadrados em nenhuma das situações do Art. 4º, e que na oportunidade do licenciamento possuam até 10 MW de Potência total em áreas contíguas, ficam dispensados de apresentação de Estudos Ambientais, exceto o Memorial Descritivo (NETO *et al.*, 2019, p. 7).

O destaque para a legislação, é que há um descritivo para situações específicas, como ao bioma Mata Atlântica e áreas de dunas, no entanto, nenhuma menção é feita ao bioma Caatinga.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionados para estudo de caso, parques eólicos e solares no Rio Grande do Norte para avaliar os impactos socioambientais relacionados à geração de energia, mais bem descrito a seguir.

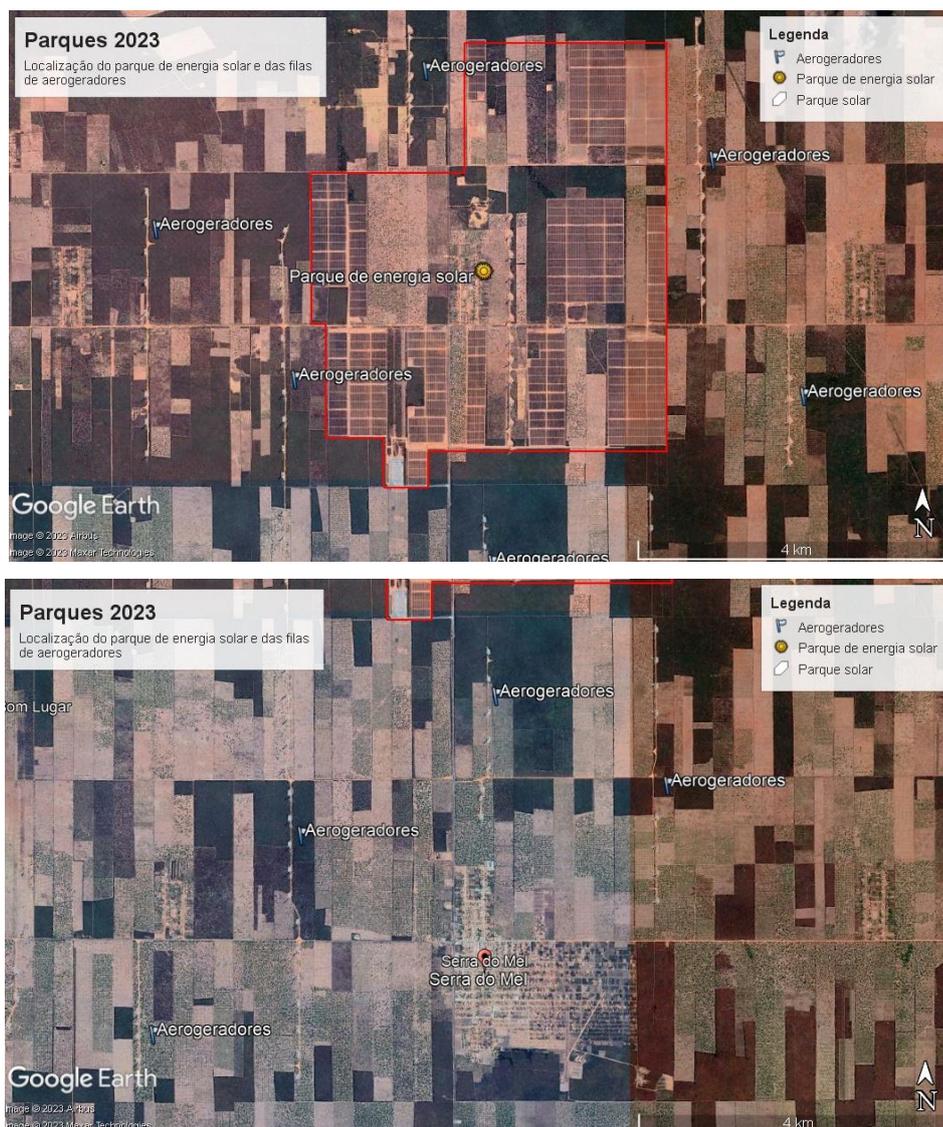
3.1 ESTUDO DE CASO

Foram selecionadas para estudo de caso, dois parques de geração de energia eólica e dois parques de geração de energia solar, localizados no município de Serra do Mel, no estado do Rio Grande do Norte (figura 7). Os parques de energia solar já possuem licença de operação e têm capacidade, juntos, de gerar até 534 MW, e os parques de energia eólica estão em fase de licença de operação, com capacidade de gerar até 126 MW.

Foi no município citado que a distribuição das cartilhas foi realizada, visando à educação ambiental da população que reside próximo aos empreendimentos estudados. Isso se faz importante para que a população conheça os impactos negativos e positivos da implantação de empreendimentos de geração de energia renovável, de modo que possam contribuir com a fiscalização, alertando os órgãos responsáveis quando necessário, além de entender como a população civil pode atuar, pensando de maneira direta e indireta, junto a esses empreendimentos.

O estudo de caso visa realizar a caracterização do local de instalação de parques de energia solar e eólica, permitindo que a autora vá à campo e colete as informações de maneira direta, de modo a trabalhar com dados primários. Além disso, dado que haverá intervenção junto à população, a identificação dos impactos gerados pontualmente neste município, permitem tornar o produto técnico mais específico, de modo que a população possa trabalhar com os impactos que as atingem, ao invés de pontuar impactos gerais a todos os parques e que não necessariamente atinjam esses parques localizados no Município de Serra do Mel.

Figura 7 - Localização dos parques de energia solar e eólica em Serra do Mel.



Fonte: Elaboração própria com base no Google Earth Pro (2023).

3.3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

a) Levantamento bibliográfico e documental

a1) O primeiro passo foi realizar a revisão integrativa, buscando as principais obras que abordassem o tema de energias renováveis, tais como artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, além de informações coletadas junto a órgãos ambientais e sites governamentais que disponibilizassem conteúdo sobre a matriz energética renovável brasileira, com ênfase na região Nordeste. O levantamento foi realizado entre abril de 2021 e setembro de 2022, utilizando as bases de dados

Google Scholar, SciELO e Periódicos CAPES, buscando-se pelas expressões amplas “matriz energética”, “matriz energética brasileira”, “matriz energética nordestina” e “papel da energia hidráulica, eólica e solar”. Após as buscas nas bases de dados que apresentassem os materiais necessários para compor a revisão, os estudos identificados foram arquivados, e as citações duplicadas foram eliminadas para a produção de uma lista com todas as citações únicas. Posteriormente, foi procedida a análise de títulos e resumos dessas citações, sendo selecionados para leitura na íntegra os estudos considerados potencialmente elegíveis para inclusão na revisão.

Essa seleção se faz importante para, além da elaboração do texto da dissertação, a elaboração do conteúdo didático da cartilha enquanto produto técnico de educação ambiental.

a2) O segundo passo consistiu em buscar informações junto à ANEEL no intuito de computar quanto de energia hidrelétrica foi produzida nesse período e quanto de energia eólica e solar foi produzido para compensar o déficit hídrico, visando analisar a produção de energia no período de escassez hídrica no período de 2012 a 2017.

a3) O terceiro passo foi obter dados da geração de energia no Nordeste por fonte (hídrica, solar e eólica) e analisar a participação do Nordeste na geração de energia brasileira e qual a participação do Nordeste no que diz respeito à exportação de energia.

b) Coleta de dados primários:

b1) Observações assistemáticas

b2) Conversas informais

c) Análise e sistematização dos dados

c1) Avaliação da produção de energia na região Nordeste durante a escassez hídrica de 2012 a 2022;

c2) Identificação da participação da produção energética do Nordeste no contexto nacional e internacional;

c3) Identificação dos principais impactos ambientais relacionados à implantação de infraestrutura para geração de energia de matriz solar, eólica e hidráulica;

c4) Discussão do processo de licenciamento por meio do detalhamento das etapas envolvidas no respectivo processo;

c5) Produção de uma cartilha educativa, como produto técnico, visando a educação ambiental da população residente na região de estudo, abordando licenciamento, impactos ambientais e medidas mitigadoras - Como produto técnico, foi desenvolvida a cartilha educativa que compilou os principais impactos ambientais decorrentes da geração de energia por fontes renováveis e o processo que envolve o licenciamento. Para a elaboração da cartilha, os dados oriundos do estudo realizado serão analisados qualitativamente e, uma vez que se recorreu às pesquisas bibliográficas sobre o assunto para a proposição, informar as comunidades como pode ser realizada a implantação de energia limpa de maneira legal. As ilustrações foram coletadas tanto através da internet (Google imagens) como no ambiente natural, com o uso de uma câmera digital. O referido material paradidático foi elaborado em estrutura esquemática e texto com linguagem simples para se tornar acessível a pessoas de qualquer faixa etária e nível escolar. Para a diagramação será utilizado o *software* Canva, com formatação em tamanho A4. Pressupondo-se a ampla difusão da cartilha aos moradores das comunidades estudadas; alunos da Educação Básica e Superior; Órgãos Públicos e Privados, principalmente os relacionados ao Poder Executivo Municipal; população em geral e demais interessados no assunto, pretende-se realizar a doação da mídia a um representante da Prefeitura de Serra do Mel, durante o período de pesquisa, além da socialização desse material em Seminários, Simpósio e se necessário, em Audiência Pública do Plano Diretor Participativo do município. O material contou com uma capa, que destaca o título da cartilha, a autora e uma imagem que representará a energia limpa; e uma contracapa, que contém as logomarcas das instituições que colaborarão com a realização da pesquisa/dissertação. A cartilha apresentou, além da capa, outros elementos pré-textuais: apresentação, que expõe brevemente a origem do material que será tratado, os objetivos e a didática utilizada para facilitar a compreensão dos leitores; e o sumário, que contém a paginação de cada tópico presente no corpo do manuscrito.

A cartilha foi confeccionada no Canva, ferramenta online com modalidades gratuita e paga. Para uma apresentação didática dos conteúdos da cartilha, os elementos textuais foram estruturados em tópicos:

- Importância da energia renovável na matriz energética brasileira/Nordeste;
- Caracterização dos empreendimentos de geração de energia, no Município de Serra do Mel;
- Principais impactos ambientais dos empreendimentos (aspectos positivos e negativos);
- Medidas mitigadoras;
- Cadastro do CAR;
- Órgão responsável pelo licenciamento ambiental;
- Licenças ambientais dos empreendimentos;
- Empresa responsável pelo projeto e operação dos empreendimentos;
- Considerações finais;
- Agradecimentos.

Ressalta-se que para cada um dos impactos ambientais abordados foram propostas ações sustentáveis para mitigá-los ou preveni-los. É importante destacar que, conforme descrito por Bacelar *et al.* (2009), as cartilhas são recursos muito utilizados para informar a população, as quais têm a possibilidade de abordar uma realidade específica e questões ambientais. Para Conceição *et al.* (2019), a cartilha se apresenta como um recurso didático de grande relevância para auxiliar a compreensão dos conteúdos. Assim, a cartilha, tida como instrumento facilitador no processo de comunicação e difusão, traz informações sobre as questões ambientais, buscando contribuir para o processo de ensino-aprendizagem, podendo, ainda, ser extensiva a comunidades no seu entorno e aproximar os sujeitos nessa nova realidade ambiental. Pois, na visão de Fiscarelli (2007, p. 2), os materiais didáticos atingem significados importantes dentro de novas propostas educacionais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no método proposto no capítulo 3, serão apresentados os primeiros resultados obtidos nesta pesquisa. Primeiramente, fez-se um compilado do que foi encontrado na bibliografia consultada, fazendo-se a descrição do processo de licenciamento e dos impactos ambientais observados. A discussão de ambas as etapas será trazida posteriormente, seguindo o cronograma proposto. Contudo, no terceiro item desse capítulo, faz-se uma primeira análise acerca da geração de energia no estado do Rio Grande do Norte.

4.1 PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA GERAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Conforme apontado por Custódio *et al.* (2022), as hidrelétricas, mesmo sendo consideradas fontes limpas, são responsáveis por grandes impactos socioambientais, indo desde conflitos gerados pela implantação do empreendimento, até geração de gases do efeito estufa. A geração de gases está relacionada com a decomposição da vegetação submersa, quando não há a supressão adequada da cobertura vegetal na área do reservatório, havendo emissão de metano, gás carbônico e óxido nitroso.

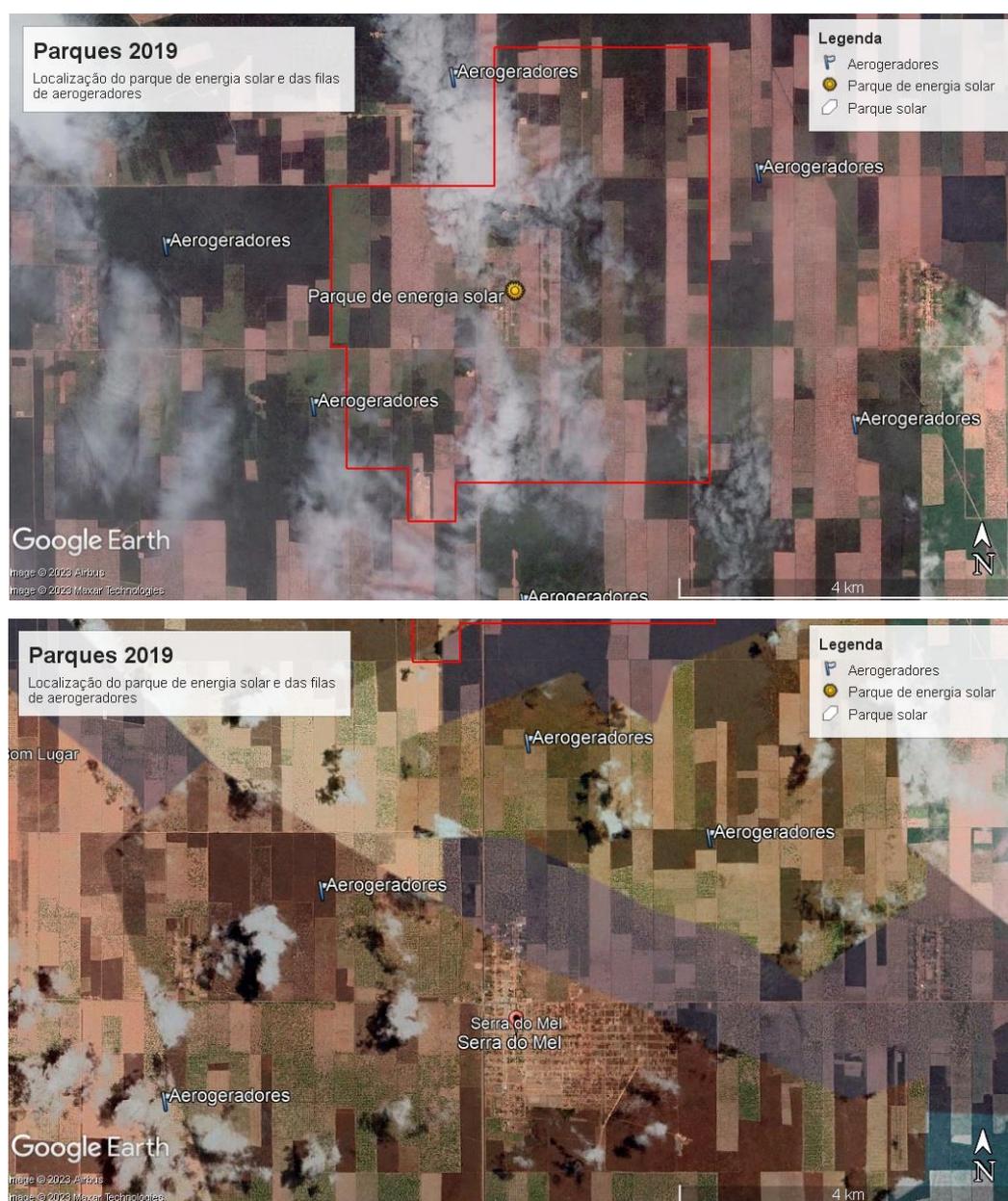
Tem-se, ainda, que a instalação de uma hidrelétrica causa alterações no regime hidrológico do rio, comprometendo os processos que acontecem à jusante do reservatório; há comprometimento da qualidade hídrica; assoreamento do reservatório, relacionado, principalmente, ao arraste de material do solo pela retirada da mata ciliar; risco de comprometimento do solo, com possíveis sismos provocados pelo peso da água represada; e problemas de saúde pública, relacionados à proliferação de vetores transmissores de doenças e dificuldade de assegurar a qualidade da água para uso recreativo ou para irrigação (SERRA; OLIVEIRA, 2020).

Entre os principais impactos positivos da construção de hidrelétricas, é possível listar a alta geração de emprego e renda, desde a construção até sua operação; incremento da receita pública; e eficiência na geração de energia (ANANIAS, 2022).

No que diz respeito à energia eólica, podem ser pontuados o impacto visual (figuras 8 e 9 abaixo) e sobre a paisagem, o impacto à avifauna, e o impacto socioeconômico. Levando-se em consideração que os aerogeradores podem chegar até 150m de altura, medindo-se da base à ponta da pá, faz com que a alocação de

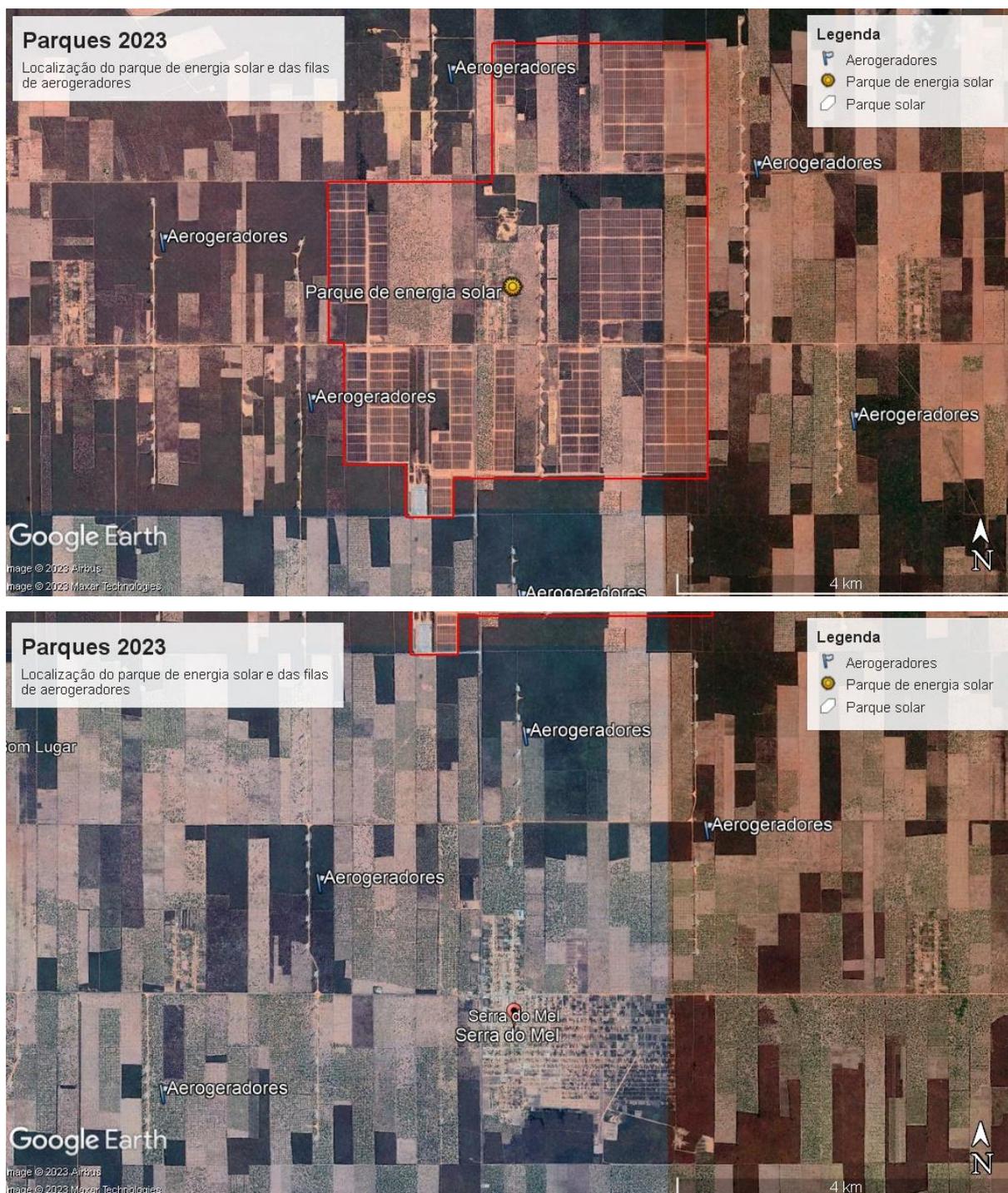
um parque acabe se destacando na paisagem, o que pode provocar uma queda do valor da área e do potencial turístico da região. O impacto à avifauna está relacionado à mortalidade ou lesões de aves, embora o número de mortes tenha diminuído após a imposição do estudo de rotas migratórias. Apesar disso, 70% dos empregos gerados pela implantação de um parque eólico são empregos diretos, o que vem junto a investimento na região, visto que a implantação dos parques costuma acontecer em cidades pequenas (TAVARES, 2020; MIRANDA; GONÇALVES, 2022).

Figura 8 – Locais dos aerogeradores e das placas de energia solar antes da instalação, em 2019.



Fonte: elaboração própria com auxílio do Google Earth Pro (2023).

Figura 9 – Locais dos aerogeradores e das placas de energia solar após a instalação, em 2023.



Fonte: elaboração própria com auxílio do Google Earth Pro (2023).

Sistemas baseados em energia solar podem envolver três tecnologias: fotovoltaica, heliotérmica e sistemas isolados da rede elétrica. De toda forma, geração de energia baseada em energia solar apresenta baixo impacto socioambiental, conforme apontado por Silva, Shayani e Oliveira (2018). Os autores pontuam que os

impactos relacionados a essa fonte, em geral, estão mais associados à cadeia produtiva devido à matéria prima utilizada. No mais, a maior desvantagem envolve o custo de instalação, além de alterações na paisagem e no uso do solo.

O baixo potencial de impacto no uso, mas o médio potencial de impacto na fabricação é reforçado por Lima (2020), que especifica que a produção das células fotovoltaicas envolve o uso de sílica, que precisa ter um grau de pureza extremamente alto, muito próximo de 100%, e a refinação está associada à emissão de pó de sílica e outros gases tóxicos e geradores de GEE. Outros potenciais impactos são a poluição da água utilizada para resfriamento dos gases e contaminação por chumbo, utilizado na fiação da célula. Porém, com um processo controlado, com o devido cuidado e rigor no processo produtivo, as células fotovoltaicas trazem ótimos resultados na geração de energia.

De acordo com um estudo feito pela ONU, a energia é o principal contribuinte para as mudanças climáticas, respondendo por cerca de 60% de todos os gases de efeito estufa emitidos. Por muitas décadas, combustíveis fósseis como carvão, petróleo ou gás têm sido importantes fontes de produção de eletricidade, mas a queima de carbono produz grandes quantidades de gases de efeito estufa que causam mudanças climáticas e têm impactos prejudiciais ao bem-estar das pessoas e ao meio ambiente (SANTOS, 2018; JURASZ *et al.*, 2020).

Diante desse cenário, diversos governos ao redor do mundo vêm determinando metas para reduzir as emissões de gases e, dentro desse objetivo, organizações e população têm sido motivadas a adotar fontes renováveis, seja para geração de eletricidade e combustíveis ou para produtos químicos (ROMEIRO; SIMÕES, 2022).

Além dos pontos mencionados relacionados ao clima e à saúde da população, às fontes fósseis concentram-se em determinadas regiões do planeta, o que gera desigualdades sociais e econômicas que geram tensões, ou mesmo guerras, entre diferentes nações. Já as energias renováveis, por serem obtidas localmente - por meio do sol, vento, marés, energia potencial dos rios, fontes térmicas ou biomassa - ajudam a reduzir as desigualdades introduzidas pela economia derivada de fontes fósseis, gerando segurança energética e renda. Assim, inserir as fontes renováveis como forma primária nas matrizes energéticas é pensar no desenvolvimento sustentável, socioeconômico e ambiental do planeta (SANTOS, 2018; JURASZ *et al.*, 2020).

O Brasil participou ativamente da construção dos ODS, tendo composto grupos de trabalho e comitês para a elaboração dos Objetivos dentro da ONU nos anos

anteriores à instituição da Agenda 2030. Atualmente, o país vem trabalhando no ODS com algumas ações governamentais, como os Planos de Incentivo à Energia Limpa e o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), iniciado há muitos anos. Destaque especial pode ser dado à promissora Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), que visa contribuir para o cumprimento dos compromissos estabelecidos no Acordo de Paris (VILLAIVA; GAZOLI, 2017).

Por fim, entende-se que a referida política também visa promover o desenvolvimento de biocombustíveis na matriz energética, com foco na regularidade do fornecimento seguro e eficaz e garantindo previsibilidade para o mercado de combustíveis, visando ganhos de eficiência energética e, conseqüentemente, redução das emissões de gases de efeito estufa.

4.2 PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Um dos principais insumos das indústrias é a energia. A capacidade produtiva do segmento pode ser determinada por características cruciais de energia como sua disponibilidade, preço e qualidade. No entanto, o custo da energia para o setor produtivo brasileiro tem crescido consistentemente acima das taxas de inflação (SOUZA, 2019; SANTOS, 2018; JURASZ *et al.*, 2020).

Para Leuzinger e Coutinho (2019), uma tendência das grandes indústrias em investir em tecnologias relacionadas a fontes alternativas de geração de energia é incentivada por este aspecto, especialmente aquelas fontes baseadas em biomassa, a fim de aproveitamento dos resíduos sólidos de seus próprios processos produtivos. Além disso, a utilização de resíduos, ou sua utilização para geração de biogás, na agropecuária é um cenário amplo e propício para sua inscrição.

A crescente e constante demanda por recursos naturais tem como consequência problemas ambientais. Paralelamente a esse cenário, sabe-se que as mudanças climáticas interferem consideravelmente na matriz energética de uma determinada região, causadas em grande parte pela emissão de gases oriundos da queima de combustíveis fósseis, evidenciando, e até mesmo gerando, a crise energética (ELRAHMANI *et al.*, 2021; JURASZ *et al.*, 2020; LUCENA; LUCENA, 2019).

De acordo com Mantovani *et al.* (2017), essa matriz é entendida como o conjunto de fontes de energia disponíveis que atendem à demanda do país –

renováveis ou não renováveis. Com o aumento da demanda de consumo global de energia, a matriz energética tem possibilitado diversos estudos em prol de avanços e implementações de fontes renováveis, com foco em viabilizar uma matriz mais eficiente. Dentre esses estudos, a busca por um futuro sustentável por meio da implementação de uma matriz energética limpa é fortemente abordada. Fontes de energia renovável como solar, biomassa e eólica apontam para estratégias para um desenvolvimento viável.

A energia desempenha um papel fundamental na sociedade e nas organizações, e a cada ano, seu potencial se torna mais competitivo devido à crescente demanda e aumento do consumo de bens e serviços. Estudos recentes em vários países abordam a questão da eficiência energética, buscando melhorar e tornar as fontes de energia mais eficientes. Destaca-se a pesquisa envolvendo estudos de viabilidade da implantação de fontes renováveis de energia. Abordagens realizadas em países como Turquia e Irã, onde foi comprovada a viabilidade de implantação de uma matriz energética limpa (SOUZA, 2019; SANTOS, 2018; JURASZ *et al.*, 2020).

O desenvolvimento de fontes de energia solar e eólica, bem como novos modelos otimizados parecem promissores para o desenvolvimento sustentável. No entanto, as limitações de custo e exigências tecnológicas associadas a elas dificultam a implementação de fontes renováveis. Em contrapartida, de acordo com algumas projeções, o uso de energias renováveis no Brasil, principalmente energias eólica e solar, tende a crescer muito (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Diante do exposto, a melhor forma de alcançar o desenvolvimento sustentável, em que se visa o crescimento econômico sem agredir o meio ambiente, diversificar a matriz energética é a melhor estratégia, ou seja, implementar e tornar as fontes renováveis de energia mais eficientes. O cenário brasileiro atual apresenta perspectivas promissoras no que diz respeito à conquista de uma matriz energética mais limpa. No entanto, não é viável realizar a substituição de uma fonte energética por outra se não houver conscientização em seu consumo, alcançando assim um uso racional da energia. Uma fonte de energia pode ser classificada como renovável quando é constituída por recursos naturais, e a energia proveniente do sol, água, vento, biomassa, entre outros, pode ser considerada inesgotável (RAIMUNDO *et al.*, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2016; JURASZ *et al.*, 2020).

No Brasil, existem diversos programas de incentivo ao investimento em energia renovável, como o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia

Elétrica (ProGD), que visa diminuir a emissão de gases até 2030, melhorando o meio ambiente e promovendo maior produtividade na do setor elétrico. Outro exemplo é o PROINFA, que visa aumentar a participação de fontes limpas de energia aproveitando os recursos disponíveis na região, atingindo esse objetivo ao facilitar a criação de mercados para energia de origem renovável fontes por meio da iniciativa privada. Esses programas de incentivo são extremamente importantes, uma vez que aproximadamente 80% da energia consumida pelos humanos globalmente vem da queima de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural (SILVA, 2015; VILLAIVA; GAZOLI, 2017; ELRAHMANI *et al.*, 2021).

O uso massivo desses recursos, além de causar o esgotamento dessas fontes de energia, é o maior responsável pela emissão de gases tóxicos e poluentes, que alteram o clima global, acidificam as águas e causam danos à saúde. Nesse sentido, a obtenção de eletricidade por meio de combustíveis fósseis é a principal fonte de óxidos de enxofre (SO_x, SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x, NO e NO₂), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) e partículas, dentre eles, o chumbo (Pb) (ELRAHMANI *et al.*, 2021).

Segundo Vivek *et al.* (2021), 85% do enxofre liberado na atmosfera é proveniente da queima de combustíveis fósseis, assim como 75% das emissões de CO₂, principal responsável pelo efeito estufa. A emissão de gases gera, assim, grandes impactos ambientais, como a acidificação da água e o aquecimento global.

A matriz energética pode ser considerada como uma determinada quantidade de fontes de energia disponíveis em uma região, sendo assim composta pelos recursos energéticos locais. Por meio da análise da matriz energética, é possível planejar o setor energético, que é responsável por garantir a produção e o uso adequado de toda a energia produzida. Nesse processo, dentre todas as informações obtidas, a mais importante é a quantidade de recursos naturais que estão sendo utilizados, verificando, assim, se estes são utilizados de forma racional, sendo de extrema importância para o estabelecimento de políticas que promover a qualidade de vida da população RAIMUNDO *et al.*, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2016; JURASZ *et al.*, 2020).

Considerando a grande capacidade de geração de combustíveis fósseis, o Brasil, assim como outros países, aproveita a produção de energia por meio da eletricidade. Devido a uma maior presença no Brasil com o uso de energias alternativas, a matriz elétrica brasileira vem passando por diversas modificações nos

últimos anos, sendo ainda amplamente dominada pela energia hidrelétrica, que é a maior fonte geradora do Brasil, correspondendo a cerca de 70% da potência instalada. Assim, a matriz elétrica também é composta por outras energias renováveis, como solar, eólica, biomassa e hídrica, conforme mencionado anteriormente, que são as mais exploradas no Brasil (WEBER *et al.*, 2019).

O cenário energético atual, analisado de uma perspectiva global, ainda é baseado no consumo de fontes não renováveis, combustíveis fósseis como petróleo, carvão, petróleo e gás natural. No entanto, por serem energias não renováveis, a maioria possui reserva limitada e, com uma maior demanda por essas energias, a oferta diminui drasticamente. Além disso, durante seu consumo, esses recursos emitem gases nocivos para a atmosfera. Por outro lado, estima-se que até 2040, o setor que envolve energia renovável será responsável por quase metade da matriz elétrica mundial (WORUBY, 2018; WEBER *et al.*, 2019; RAIMUNDO *et al.*, 2018).

A estratégia para os próximos anos tem como foco a busca da chamada matriz energética limpa, que gera toda ou a maior parte de sua energia por meio de fontes renováveis. Isso promoverá o uso mais eficiente da energia em diferentes setores da sociedade e a diversificação de sua matriz energética.

Assim, a matriz energética brasileira é composta por fontes de energia renováveis e não renováveis. As fontes de energia não renováveis representam cerca de 53,9%, sendo as fontes de energia derivadas do petróleo e do gás natural as de maior destaque neste setor. Por sua vez, as fontes renováveis de energia compõem o restante dessa matriz, perfazendo 46,1%, com destaque para as fontes energéticas derivadas da cana-de-açúcar e da água (ELRAHMANI *et al.*, 2021).

As fontes renováveis de energia são consideradas fontes inesgotáveis porque são constantemente renovadas, ou seja, não se extinguem à medida que são utilizadas. Essas energias são derivadas do ciclo natural do sol, fonte primária de praticamente toda a energia do planeta Terra, e por isso são infinitas e não alteram o equilíbrio térmico (WORUBY, 2018; WEBER *et al.*, 2019).

Levando em consideração as evidências apresentadas para uma nação desenvolvida, a oferta e demanda por energia limpa torna-se indispensável. Diante desses fatores, organizações internacionais voltadas a servir a sustentabilidade promovem discussões entre energia e desenvolvimento sustentável.

A aceleração das tendências de aquecimento global, evidenciadas por tempestades e derretimento do gelo, seca e fome, agitação e migração, exigem cada

vez mais urgência em relação à necessidade de acabar rapidamente com a era dos combustíveis fósseis. Um consenso crescente agora percebe a transição para sistemas de energia renovável, muitas vezes entendido como um processo de substituição de combustível como uma estratégia fundamental para enfrentar a crise climática (SOUZA, 2019; SANTOS, 2018; JURASZ *et al.*, 2020).

Para Silva (2015), o desenvolvimento sustentável pode ser entendido como o desenvolvimento que atende às necessidades presentes sem afetar a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades. Esse processo ocorre otimizando os recursos naturais e estudando o ciclo de vida do produto, visando o crescimento econômico sem degradação ambiental.

Um ponto importante quando se trata de desenvolvimento sustentável é a energia. A energia é abordada principalmente pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável, cujo principal objetivo é o de número 7, de Energia Limpa e Acessível, que visa “garantir o acesso à energia acessível, viável, sustentável e moderna para todos”. Afinal, os impactos das atividades de extração, conversão e consumo de energia em outros setores podem ser anteriores ao seu alcance - estes têm impactos econômicos, sociais e ambientais na natureza (VIVEK *et al.*, 2021; GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

Nesse contexto, buscar alternativas aos atuais problemas ambientais requer ações que gerem efeitos de longo prazo, alcançando assim o desenvolvimento econômico de forma que não prejudique o meio ambiente. Assim, investir em energia renovável, promovendo a substituição de combustíveis fósseis por fontes verdes, é uma excelente opção para alcançar o desenvolvimento sustentável (GOMES *et al.*, 2019).

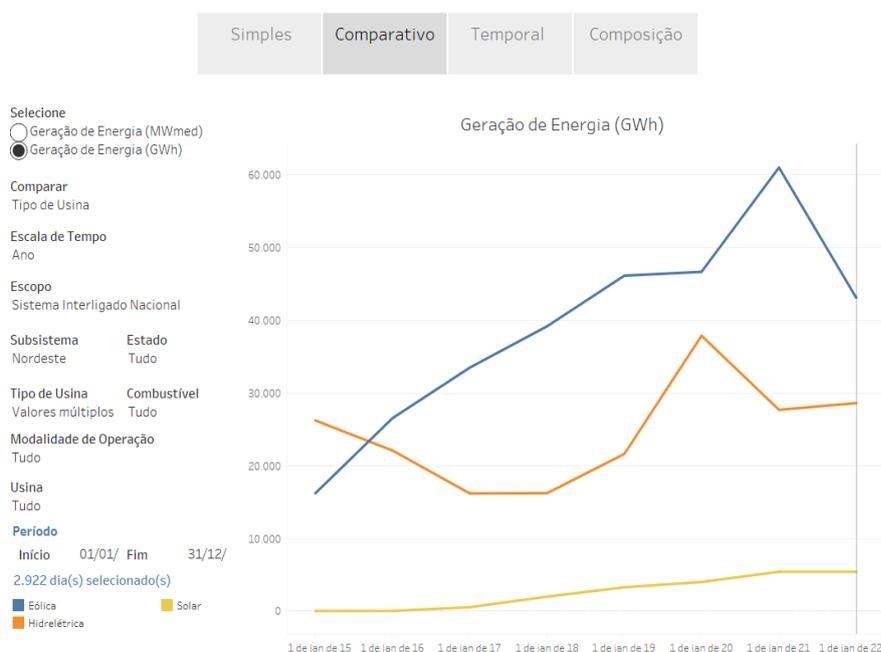
Sabe-se que os recursos energéticos, como os combustíveis fósseis, são finitos, enquanto as fontes renováveis de energia são sustentáveis por um período relativamente maior. Assim, buscar desenvolver e implementar um setor energético sustentável é de fundamental importância na definição e criação de uma sociedade sustentável. Energias renováveis e ecologicamente corretas, termo usado para definir algo ecologicamente correto, devem ser estudadas, incentivadas, promovidas e implementadas, como a energia eólica, hídrica, fotovoltaica pode ser utilizada no lugar da energia proveniente de fontes não renováveis (GOMES *et al.*, 2019; VIVEK *et al.*, 2021; GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

Para Gomes *et al.*, (2019), existe uma forte relação entre eficiência energética e impacto ambiental. Para que as sociedades alcancem ou tentem alcançar o desenvolvimento sustentável, as preocupações ambientais devem ser levadas em consideração, pois o desenvolvimento sustentável requer o uso de recursos energéticos que causem o menor impacto ambiental possível. Muitos programas de conservação de energia e melhoria da eficiência foram e estão sendo desenvolvidos para reduzir e tornar mais eficiente o consumo de energia atual.

4.3 A GERAÇÃO DE ENERGIA NO NORDESTE

A região Nordeste se destaca na geração de energia renovável, com ênfase nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia. Como apontam Freire e Fontgalland (2022), no Nordeste está a “maior capacidade instalada de energia elétrica proveniente de usinas eólicas”, estando o Rio Grande do Norte e a Bahia no topo dessa produção. Os autores pontuam, ainda, que essa capacidade de geração cresceu substancialmente nos últimos anos, algo que pode ser confirmado pela figura 6 abaixo.

Figura 10 - Comparativo da geração de energia por fontes eólica, hidráulica e solar na região Nordeste, entre 2015 e 2022, em GWh.



Fonte: ONS, 2023b.

O estado de Rio Grande do Norte, possui a maior concentração de instalação de parques eólicos comerciais no Brasil, devido ao qual se destaca no potencial de

geração da chamada energia verde, por sua localização na esquina do continente e próximo a linha do equador, de modo que seu potencial energético é referência no Brasil e no mundo. A energia eólica tem sido consumida em grande proporção por gerar energia elétrica de forma renovável, abundante e competitiva frente a outras fontes de geração elétrica. Sua grandeza sucedeu sobretudo à carência da necessidade de variação da matriz elétrica mundial.

A energia eólica por sua vez tem o aproveitamento energético dos ventos, onde ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação, integrada nas massas de ar em movimentação, em energia cinética de rotação. Logo após a instalação de turbinas eólicas, ou seja, dos aerogeradores, tal energia é convertida em energia mecânica recebida por energia elétrica.

No entanto, ao logo do tempo a produção de energia eólica pode ocorrer inúmeros impactos ambientais, onde a razão pela qual os empreendimentos interessados por tal produção, sujeitam-se ao licenciamento ambiental na região. No estado do Rio Grande do Norte órgão responsável pelo Licenciamento Ambiental é o Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente (IDEMA), onde precisa-se de documentos específicos e atendimento das condicionantes ambientais nas áreas, para assim ter as licenças necessárias.

No Brasil, especificamente em Rio Grande do Norte, a implantação e ampliação de um parque eólico exige o cumprimento de diversas etapas para atendimento das exigências legais, em que a regulamentação jurídica dos processos e passos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica em solos terrestres e de fonte eólica são tratados pela Resolução CONAMA nº 462/14, que ressalta os procedimentos para o licenciamento ambiental. Para o dimensionamento do projeto, é necessário o estudo ambiental, o qual é apresentado pelo empreendedor e, com isso, o órgão ambiental considera o porte, a localização do projeto e o potencial poluidor. Dentre as exigências do órgão ambiental, é necessário o Estudo de Impacto Ambiental, Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) ou Relatório Ambiental Simplificado (RAS), em que, se for considerado de baixo impacto ambiental, é dispensada a exigência do EIA/RIMA e exigida a elaboração do RAS como parte dos procedimentos.

Uma das principais fontes de renda da região de Rio Grande do Norte tem base nas energias renováveis, em que as empresas procuram os donos de lotes para possíveis arrendamentos e fazem acordos internos entre eles. Normalmente, além do

arrendamento, os proprietários ganham uma porcentagem dos lucros gerados pela eólica e solar, que são divididos pela comunidade das vilas, em que cada cidade adota uma forma de acordo.

Os empreendimentos atendem algumas práticas com as comunidades, em que 90% dos efetivos das Construtoras que executam a construção das obras precisam ser da região. Não só os colaboradores, como as moradias, alimentação e eventos também precisam ser na região, como forma de integrar os empreendimentos com a população, gerando empregos, priorizado e gerando, assim, renda para o estado.

Em questão de benefícios, contratualmente falando, na maioria das vezes, os acordos são mais viáveis para os proprietários, acordos com empreendimentos eólicos em que as áreas comprometidas compreendem apenas onde as torres eólicas estão fixas, e as áreas sem as torres ficam à vontade para a prática de plantio na região. Na geração de energia solar, por se tratar de uma área extensa para implantação das placas, uma vez que é assinado acordo com a área, o proprietário ganha o valor acordado, mais a porcentagem, porém perde o direito do plantio nas áreas.

4.4 CARTILHA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A educação ambiental é uma ferramenta importante no que diz respeito à instrução de funcionários de uma empresa e da comunidade no entorno, visando melhorar a relação com o meio ambiente. Marchetti (2015) pontua a necessidade da educação ambiental para a criação de “um grupo consciente e preocupado com a preservação do meio ambiente, pronto para atuar de forma individual e coletiva na busca de soluções para os problemas atuais bem como para a prevenção de novos problemas”. Essa definição não é menos importante quando já se trabalha com atividades limpas ou com baixo impacto ambiental, como é o caso da produção de energias renováveis.

Foi realizada uma palestra com os funcionários da empresa responsável pelos parques eólico e solar da região, em que a educação ambiental foi trabalhada com a vivência dos colaboradores do empreendimento, o que pode ser visto na figura 11.

Figura 11 – Palestra com funcionários do parque em Serra do Mel/RN.



Fonte: Autora (2023).

A cartilha (anexo D) foi apresentada juntamente com atividades com crianças e seus pais, como ilustrado na figura 12, em que foi explicado o processo de licenciamento na região, e como ocorrem as etapas, utilizando uma linguagem simples e imagens ilustrativas, transformando a atividade em algo lúdico e interessante.

Figura 12 – Atividade com crianças e pais em escola em Serra do Mel/RN.



Fonte: Autora (2023).

Abordou-se, ainda, sobre a importância da energia hídrica, como meio de conscientização a região, uma vez que o estado é deficiente desse recurso. Porém, o foco maior foi na conscientização sobre energia eólica, solar e os recursos hídricos,

bem como os processos envolvidos, abordando a parte hídrica de maneira breve, mas ainda assim, trazendo conhecimento e dinamismo ao assunto.

Serra do Mel é um município localizado no semiárido do Rio Grande do Norte que, segundo aponta Peixoto (2019), não possui reservatórios de águas superficiais consideráveis, de modo que o abastecimento da cidade é feito por reservatórios subterrâneos. Vê-se que, embora a cidade esteja próxima ao litoral, a oferta de água é escassa, mas há abundância de ventos e sol, de modo que o investimento na produção de energia eólica e solar seja válido, e uma ótima forma de promover atividades sustentáveis e que gerem recursos financeiros para o município (MELO *et al.*, 2020).

Nesse contexto, o investimento em energias renováveis permite que o município desenvolva economicamente através do aumento da empregabilidade e gere renda para a população através do arrendamento de terras e ainda gere destaque na geração de energia com baixa ou nenhuma emissão de gases do efeito estufa. Porém, outros impactos devem ser avaliados, e a comunidade deve estar ciente de que há questões como o ruído e impacto na paisagem e na fauna, e é com esse intuito que ações de educação ambiental devem ser empregadas, visando a melhoria das relações da cidade com o meio ambiente (SILVA, 2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A matriz elétrica brasileira está passando por mudanças, vindo de um modelo em que os recursos hídricos eram responsáveis por quase toda da oferta de energia ao longo do ano, indo para um modelo em que será necessária a mudança do parque gerador brasileiro, principalmente com complemento a geração hídrica no período seco do ano. Tais evolução vêm ocorrendo especialmente pela impossibilidade de construção de novos reservatórios capazes de regularizem a oferta de energia por todo o ano.

O Brasil se encontra numa posição internacional de destaque no que diz respeito à geração de energia, e isso está diretamente relacionado à abundância de recursos naturais de baixo custo em termos relativos.

A Contribuição Nacional Determinada (INDC) traz como medidas estipuladas para o Brasil, a meta de alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição energética até 2030, de modo que irá ocorrer aumento da parcela de participação de fontes eólica, biomassa e solar no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030. O Brasil se comprometeu a promover uma redução das suas emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025. Além disso, indicou uma contribuição indicativa subsequente de redução de 43% abaixo dos níveis de emissão de 2005, em 2030.

Conforme observado ao longo do presente trabalho, nem todas as fontes de energia têm os mesmos efeitos ambientais negativos ou capacidade de esgotamento de recursos naturais. As energias fósseis esgotam os recursos naturais e são as principais responsáveis pelos impactos ambientais. Por outro lado, o vento e o Sol possuem uma energia limpa porque produz poucos impactos ambientais, e estes são significativamente inferiores aos produzidos por fontes convencionais de energia. As possíveis influências negativas sobre a fauna e populações próximas devem ser analisadas para usinas hidrelétricas, eólicas e solares.

Foi possível observar também que a inserção de fontes alternativas por consumidores na matriz energética viabilizava a diminuição de gastos excessivos; ainda que existam pontos negativos, os impactos se tornariam menores considerando as fontes existentes. Evidencia-se que, o Brasil em especial o Nordeste é favorecido pela quantidade e qualidade dos ventos e radiação solar, que na sua exploração seria reduzido a carga de geração hidráulica na busca de minimizar os riscos da

degradação ambiental para um desenvolvimento na esfera social. No entanto, há o entrave devido ao alto custo para fabricação, pois é necessária a importação das peças acarretando o suprimento dos investimentos.

É importante destacar que o Brasil optou por aumentar os níveis de segurança energética, aumentar a capacidade de geração de energia e, com essa expansão, surgiram problemas ambientais e sociais. Para evitar maiores impactos ambientais, a principal estratégia vai para novos projetos como a fio d'água, por exemplo. No entanto, esta política acaba afetando a geração de energia nos períodos de estiagem, devido à menor vazão dos rios. Para alcançar a segurança energética, o país tem investido em usinas hidrelétricas e térmicas, a fim de compensar a menor geração de energia hidrelétrica durante o período seco. Porém, como a energia térmica acaba por ser demais onerosa para a maioria da população, é necessário o uso de recursos materiais e imateriais, visando maior equidade na distribuição de renda a fim de melhorar substancialmente os direitos e condições da população, reduzir a lacuna entre as rendas dos mais pobres e os mais ricos e aumentar a homogeneidade social e o emprego que garantam qualidade de vida e igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais com uso de fontes de energia renováveis.

Nesta perspectiva, a discussão sobre a energia eólica, solar e hidráulica, do ponto de vista da dimensão social deve centrar-se na avaliação dos níveis de apoio público às fontes de energia, seja ela eólica, solar e hidrelétrica (aceitação do público), identificação e compreensão da resposta social ao nível local (aceitação da comunidade) e análise das principais questões envolvidas na aceitação social pelos principais interessados e formuladores de políticas (aceitação dos interessados).

Assim, essa expansão pode trazer diversos benefícios regionais e contribuir para o desenvolvimento sustentável do Brasil, principalmente em locais com baixo desenvolvimento econômico, como a região Nordeste, que possui uma grande capacidade instalada no país e onde um grande volume de projetos serão construídos nos próximos anos.

Por fim, ressalta-se sobre a importância da educação ambiental que, embora ainda esteja bastante deficiente no quesito da educação básica, é de extrema importância para garantir a qualidade ambiental e a boa relação entre o meio e a sociedade. Ações como a distribuição de cartilhas e palestras e oficinas tem potencial para aumentar a sensibilização da população acerca das atividades realizadas pelas

empresas que atuam no entorno de seus locais de moradia, bem como saber o que exigir das empresas.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, P.; LECHNER, E. (Coord.). **Nós Globais**: Investigações em curso sobre questões da globalização. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2023.

ABRÃO, R. A. F. A geopolítica das energias renováveis: o Brasil em meio a um cenário global em transformação. **Monções**, Dourados, v. 11, n. 22, p. 119-150, 2023.

ANA. Hidrelétricas. **Catálogo de metadados da ANA**, Brasília: Ana, 2013.

Disponível em:

<<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d0886b5c-f94c-4573-941b-febad5a990f3>>. Acesso em 04 jan. 2023.

ANANIAS, A. M. **Impactos ambientais da construção e operação de Usinas Hidrelétricas Reversíveis no Brasil**. 2022. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BALDUINO, M. C. de J. M. **Mudanças climáticas: análise das implementações das contribuições nacionalmente determinadas para o Brasil no Acordo de Paris**. 2020. Dissertação (Mestrado em Direito) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA. [online]. Brasília: MME, 2021. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2021.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2022.

ARAÚJO, M. A. A. de. **Território, técnica e eletrificação: as novas configurações do circuito espacial de produção de energia elétrica no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (ABEEólica). **Eólica: Energia Para um Futuro Inovador**. São Paulo: ABEEólica, [s.d.]. Disponível em:

<<http://abeeolica.org.br/energia-eolica/o-setor/>>. Acesso em: 12 mai. 2022.

AZEVEDO, L. B. de. **Grande capital, agronegócio e a degradação da Amazônia brasileira: um compêndio histórico-teórico para a compreensão do porvir**. 2022. Monografia (Graduação em Relações Internacionais) – Instituto de Economia e Relações Internacionais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL - BEN. **Ano base: 2019**. [online]. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2022.

BARBOSA FILHO, W. P.; AZEVEDO, A. C. S. Impactos ambientais em usinas eólicas. In: CONGRESSO AGRENER GD, 9., 2013, Itajubá. **Anais...** Itajubá: AGRENER, 2013.

BARROS, A. M. de L. **Avaliação da precipitação como variável exógena na modelagem da previsão de geração eólica de curto prazo**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BEZERRA, F. D. Panorama da Infraestrutura no Nordeste do Brasil: Energia elétrica. **Caderno Setorial ETENE**, ano 4, n. 65, p. 1-20, 2019.

BEZERRA, F. D. Energia solar. **Caderno Setorial ETENE**, ano 6, n. 174, 2021.

BONDARIK, R.; PILATTI, L. A.; HORST, D. J. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. **Interciência**, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018.

BOTURA, G.; PASCHOALOTTO, D.; DUARTE, V. L. **O impacto econômico na utilização de energia eólica renovável: uma análise com base na experiência da empresa eólica Serra das Vacas**. 2023. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de informação de geração**. Brasília: ANEEL, 2019. [online]. Disponível em: <<https://dados.gov.br/dataset/siga-sistema-de-informacoes-de-geracao-da-aneel>>. Acesso em: 30 abr. 2022.

Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, **A ANEEL**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/a-aneel>>. Acesso em 04 jan. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Sistema de Informações de geração da ANEEL SIGA**. Brasília: ANEEL, 2022 Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>>. Acesso em 15 dez. 2022.

BRASIL. **Resolução nº 24, de 5 de julho de 2001**. Criação do Programa Emergencial de Energia Eólica – PROEÓLICA. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/resolu%C3%A7%C3%A3o/RES24-01.htm>. Acesso em 15 dez. 2022.

BRASIL. **Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002**. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, no 9.648, de 27 de maio de 1998, no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 5.655, de 20 de maio de 1971, no 5.899, de 5 de julho de 1973, no 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. Brasília, DF, 2002. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm>. Acesso em 15 dez. 2022.

CAMARGO, A. L. de B. **Desenvolvimento sustentável: dimensões e desafios**. Campinas: Papirus Editora, 2020.

CARVALHO, J. F.; **O declínio da era do petróleo e a transição da matriz energética brasileira para um modelo sustentável**. 2009. Tese (Doutorado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

CUSTÓDIO, D.; LORUSSO, J.; CAVALCANTE, L. A. N.; LOPES, R. Usinas hidrelétricas e seus impactos ambientais. In: EXPOSIÇÃO ANUAL DE TECNOLOGIA, EDUCAÇÃO, CULTURA, CIÊNCIAS E ARTE DO INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO, v. 2., 2022, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EXATECCA, 2022.

ELRAHMANI, A., HANNUN, J., ELJACK, F.; KAZI, M.-K. Status of renewable energy in the GCC region and future opportunities. **Current Opinion in Chemical Engineering**, v. 31, p. 100664, 2021.

EPE. Webmap EPE - Sistema de Informações Geográficas do Setor Energético Brasileiro. **Empresa de Pesquisas Energéticas**, Brasília: Editora, 2023. Disponível em: <<https://gisepeprd2.epe.gov.br/WebMapEPE/>>. Acesso em 06 jan. 2023.

FREIRE, A. I.; FONTGALLAND, I. L. Perspectivas e desafios econômicos da geração de energia eólica na região Nordeste do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, e58911125429, 2022.

GARCIA, P. H. V.; FUZETI, G. F.; PEREIRA, B. A.; CATAPAN, M. F.; STROBEL, C. S. Estudo de Viabilidade Econômica para Conversão de Usina Eólica Onshore em Usina Híbrida Eólico-fotovoltaica. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 1080-1095, jan. 2021.

GIOVANINI, A.; AREND, M. Simbiose entre indústria e serviços intermediários: a mudança na dinâmica setorial contemporânea brasileira. **Revista de Economia**, v. 39, n. 68, 2019.

GOMES, M. da C. R.; GORAYEB, A.; SOUZA, D. de B.; SILVA, R. M. Análise dos Níveis de Alteração de Aquíferos Causados pela Instalação de Eólica Fazendas nas Dunas do Litoral de Ceará, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, v.14, n. 6, e2430, 2019.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: EdUSP, 2008.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **As emissões brasileiras de gases de efeito estufa nos setores de Energia e de Processos Industriais em 2019**. Brasília: IEMA, 2020. Disponível em: <<https://energiaeambiente.org.br/as-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-nos-setores-de-energia-e-de-processos-industriais-em-2019-20201201>>. Acesso em 06 jan. 2023.

IPCC. **2023: Summary for Policymakers**. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, p. 1-34. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf>. Acesso em 10 ago. 2023.

JURASZ, J., CANALES, F. A., KIES, A. GUEZGOUZ, M.; BELUCO, A. A review on the complementarity of renewable energy sources: Concept, metrics, application and future research directions. **Solar Energy**, v. 195, p. 703-724, 2020.

LEUZINGER, M. D.; COUTINHO, G. L. A implantação de parques eólicos e a impactos socioambientais sobre os indígenas e populações tradicionais. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**; v. 9, n. 2, 2019.

LIMA, A. M. C. Energia solar fotovoltaica – análise de sistema ambiental. **Gears n’Bricks**, v. 1, n. 1, 2020.

LIMA, E. C. de; SANTOS, I. A.; MOIZINHO, L. C. S. Energia eólica no Brasil: oportunidades e limitações para o desenvolvimento sustentável. **Revista Estudo & Debate**, Lajeado, v. 25, n. 1, p. 216-236, 2018.

LORENZO, H. C. O setor elétrico brasileiro: passado e futuro. **Revista de Ciências Sociais**, v. 24/25, 2001/2002.

LUCENA, J. de A. Y.; LUCENA, K. A. A. Wind energy in Brazil: an overview and perspectives under the triple bottom line. **Clean Energy**, v. 3, n. 2, p. 69-84, 2019.

MANTOVANI, P. R. A.; NEUMANN, P. N.; EDLER, M. A. R. Matriz Energética Brasileira: Em busca de uma nova alternativa. **Interdisciplinary journal of teaching, research, and extension**, v. 4, n. 1, 2017.

MARCHETTI, C. G. **Educação ambiental aplicada à gestão empresarial**. 2015. Monografia (Especialização em Direito Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

MELO, J. P.; SOUSA, M. C. de; OLIVEIRA, L. C. S. de.; MARTINS, D. da S. O. **Sustentabilidade da atividade eólica no município de Serra do Mel, RN**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

MESQUITA, J. C. M. de. **Estudo sobre a transição energética na matriz elétrica brasileira**. 2022. Monografia (Graduação em Engenharia de Energias Renováveis) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MIRANDA, J. F.; GONÇALVES, S. V. E. **Os impactos ambientais e socioeconômicos da produção de energia eólica: um estudo de caso em Canudos/BA**. 2022. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.

MORAES, E. C. T. de; CARVALHO, M. S. de. Geração de energia elétrica sustentável através de usinas eólicas no Brasil: uma revisão de literatura. **Amazon Live Journal**, v. 2, n. 4, p. 1-11, 2020.

NUNES, T. G. A.; UNGARETTI, C. R.; DI MARCO, G. M. R.; MENDONÇA, M. A. A. de. Financiamentos chineses de projetos de energias renováveis na América Latina: Uma análise à luz dos desafios das mudanças climáticas. **Boletim de Economia e Políticas Internacionais**, n. 35, p. 9-65, jan./abr. 2023.

OLIVEIRA, A. P. de.; FUGANHOLI, N. S.; CUNHA, P. H. S.; BARELLI, V. A.; BUNEL, M. P. M.; NOVAZZI, L. F. Análise técnica e econômica de fontes de energia renováveis. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 4, n. 1, 2018.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **O que é o ONS**. Brasília: ONS, 2023a. Disponível em <<https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons>>. Acesso em 04 jan. 2023.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Geração de Energia**. Brasília: ONS, 2023b. Disponível em: <https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx>. Acesso em 04 jan. 2023.

PROGRAMA RENOVABIO. [online]. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/36224/459914/P%26R+-+RenovaBio.pdf/15053f36-eb31-3ed4-04b4-8b0775fc8e82>. Acesso em: 30 abr. 2022

RAIMUNDO, D. R., DOS SANTOS, I. F. S., TIAGO FILHO, G. L., *et al.* Evaluation of greenhouse gas emissions avoided by wind generation in the Brazilian energetic matrix: A retroactive analysis and future potential. **Resources, Conservation and Recycling**, v.137, p. 270- 280, 2018.

RIBEIRO, A. E. D.; AROUCA, M. C.; COELHO, D. M. Electric energy generation from small-scale solar and wind power in Brazil: The influence of location, area and shape. **Renew. Energy**, v. 85, p. 554–563, 2016.

RIO GRANDE DO NORTE. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. **Etapas do Licenciamento Ambiental**. 28 de novembro de 2013. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=2116&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Licenciamento+Ambiental>>. Acesso em 8 jan. 2023.

RIO GRANDE DO NORTE. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. **Instrução Normativa nº 1, de 01 de novembro de 2018**. Regulamenta a Lei Complementar Estadual nº 272, de 03 de março de 2004, no que dispõe sobre critérios e procedimentos para o Licenciamento Ambiental de Centrais de Geração de Energia Elétrica por Fonte Solar Fotovoltaica no Estado do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=368945#:~:text=Regulamenta%20a%20Lei%20Complementar%20Estadual,do%20Rio%20Grande%20do%20Norte>>. Acesso em 18 out. 2022.

RIO GRANDE DO NORTE. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Check list para construção civil. Natal: IDEMA, 2018a. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=PASTAC&TARG=163&ACT=&PAGE=&PARM=&LBL=>>>. Acesso em 13 ago. 2023.

RIO GRANDE DO NORTE. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Check list para terraplenagem. Natal: IDEMA, 2019b. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=PASTAC&TARG=220&ACT=&PAGE=&PARM=&LBL=>>>. Acesso em 13 ago. 2023.

RIO GRANDE DO NORTE. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Check list para subestações de energia elétrica. Natal: IDEMA, 2019b. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=PASTAC&TARG=216&ACT=&PAGE=&PARM=&LBL=>>>. Acesso em 13 ago. 2023.

ROMEIRO, L. K.; SIMÕES, A. F. Análise cinérgica focada na eficiência energética e na correlata promoção do uso de biocombustíveis em países desenvolvidos e em países em desenvolvimento. **InterSciencePlace - International Scientific Journal**, v. 17, n. 4, p. 124-144, out./dez. 2022.

SAMPAIO, Keila Regina Alvez; BATISTA, Valmir. O atual cenário da produção de energia eólica no Brasil: Uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, e57710112107, 2021.

SANTOS, B. S. G. dos. **Panorama da energia eólica no Brasil: análise do Proinfra e dos leilões de energia elétrica no ambiente de contratação regulada até 2021**. 2022. Monografia (Especialização em Fontes Renováveis) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANTOS, G. M. Energy in Brazil: a historical overview. **Journal of Energy History Revue d’Histoire de l’Energie**, n. 1, 2018. Disponível em: https://energyhistory.eu/en/panorama/energy-brazil-historical-overview#footnote4_qhcxthm. Acesso em: 14 maio. 2022.

SANTOS, M. L. M. **Cidade sustentável? impactos ambientais e a eficiência energética do sistema de mobilidade urbana do Distrito Federal**. 2017. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília.

SCOVAZZI, T. Do protocolo de Kyoto ao acordo de Paris. **Rev. Fac. Direito UFMG**, Belo Horizonte, n. 78, p. 469-476, jan./jun. 2021.

SERRA, J. P.; OLIVEIRA, T. A. de. Impactos ambientais decorrentes da construção de barragens de usinas hidrelétricas: reflexões e desdobramentos físico-naturais. In: HAYASHI, C.; SARDINHA, D. de S.; PAMPLIN, P. A. Z. (Orgs.). **Ciências ambientais: Diagnósticos ambientais**. Ribeirão Preto: Carmino Hayashi, 2020.

SILVA, A. I. R. D. da. **Análise da repotenciação de parques eólicos: estudos de caso no Brasil**. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SILVA, F. F. de. **Potencial eólico do Nordeste brasileiro**. 2015. (Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia), Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, L. R. de J. R.; SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G. de. Análise comparativa das fontes de energia solar fotovoltaica, hidrelétrica e termelétrica, com levantamento de custos ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 7., 2018, Gramado. **Anais...** Gramado: ABENS, 2018.

SILVA, S. A. C. **Impactos e percepções socioeconômicas da construção e funcionamento do parque eólico na região de Serra do Mel/RN**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

SILVA, S. S. F. da.; ALVES, A. C.; RAMALHO, A. M. C. Energia eólica e complementaridade energética: estratégia e desafio para o desenvolvimento sustentável na região nordeste do Brasil. **Qualitas**, v. 19, n. 3, p. 53-72, set./dez. 2018.

SILVA, W. D. I. da. **Energia eólica no estado de Pernambuco**. 2019. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Departamento de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos.

SOUZA, F. G. **A Matriz Elétrica Brasileira e a Transição Energética no Brasil**. 2019. Monografia (Especialização em Fontes renováveis) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

TALISZ, G. O. **Economia de baixo carbono: uma alternativa sustentável para a expansão da matriz energética brasileira**. 2022. Monografia (Graduação em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TAVARES, P. R. **Impactos ambientais na avifauna associados às transformações da paisagem no Parque Eólico Tramandaí – Rio Grande do Sul**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

UNITED NATIONS. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. A/42/427, 1987.

VILLAIVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia Fotovoltaica: conceito e aplicação sistema isolados e conectados à rede**. 2ª Edição Revisada e Atualizada, Editora Saraiva, 2017.

VIVEK, C. M.; RAMKUMAR, P.; SRIVIDHYA, P. K.; SIVASUBRAMANIAN, M. Recent strategies and trends in deployment of renewable energy sources for sustainability - a review. **Materials Today: Proceedings**, v. 46, n. 6, 2021.

WEBER, N. D. A. B., DA ROCHA, B. P., SCHNEIDER, P. S. *et al.*, Energy and emission impacts of liquid-fueled engines compared to electric motors for small motorcycles, based on the Brazilian scenario. **Energy**, v.168, p.70-79. 2019.

WILAZIGTON, M.; OLIVEIRA, A. P. Comparação entre capitalismo tradicional e emergente: análise sobre os impactos da crise ambiental às novas medidas no sistema econômico brasileiro. In: ENCONTRO DE GESTÃO E TECNOLOGIA, 4., 2021, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FATEC Zona Leste, 2021.

WORLD ECONOMIC FORUM. Global Energy Architecture Performance Index Report 2015. Geneva: World Economic Forum, 2014. Disponível em: <https://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalEnergyArchitecture_2015.pdf>. Acesso em 23 abr. 2023.

WORUBY, M. S. **Sistema de energia solar residencial**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Universidade do Norte do Paraná, Ponta Grossa. Disponível em: [https://repositorio.pgskroton.com/bitstream/123456789/22688/1/TCC_107_2_de_2_AT3_T1_MAURO_SERGIO_WORUBY%20\(vers%C3%A3o%20final\).pdf](https://repositorio.pgskroton.com/bitstream/123456789/22688/1/TCC_107_2_de_2_AT3_T1_MAURO_SERGIO_WORUBY%20(vers%C3%A3o%20final).pdf). Acesso em: 19 jun. 2022.

ANEXO A – MATRIZ DE LEOPOLD

IDENTIFICAÇÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS														
Obra:		Elaboração:			Aprovação:			Revisão: 00		Data: 09/12/2020				
IDENTIFICAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO			AVALIAÇÃO INICIAL			BARRIEIRA DE PREVENÇÃO	BARRIEIRA DE MITIGAÇÃO	AVALIAÇÃO REAL			RECOMENDAÇÃO
SETOR	ATIVIDADE / PROCESSO	RISCO / IMPACTO AMBIENTAL	SITUAÇÃO	TIPO	ÁREA	PROBABILIDADE	GRAVIDADE DO DANNO	CLASSIFICAÇÃO DO RISCO	Elimina o risco/impacto	Minimiza o risco/impacto	PROBABILIDADE	GRAVIDADE DO DANNO	CLASSIFICAÇÃO DO RISCO	
TOPOGRAFIA	Deslocamento e retorno com o veículo para frente de serviço	Atropelamento de animais silvestres.	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Redutor de velocidade / Placas de sinalização	Trafegar com farol aceso; Respeitar o limite de velocidade; Placas de Sinalizações; Cinto de Segurança (Frente e atrás); Atenção: acive e deslize.	B	A	MODERADO	
SUPRESSÃO VEGETAL	Deslocamento e retorno com veículo para frente de serviço	Atropelamento de animais silvestres.	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Redutor de velocidade / Placas de sinalização	Trafegar com farol aceso; Respeitar o limite de velocidade; Placas de Sinalizações; Cinto de Segurança (Frente e atrás); Atenção: acive e deslize.	B	A	MODERADO	
	Abastecimento dos equipamentos (motoserras)	Contato com produtos químicos.	N	A	MA	M	M	MODERADO	Embalagem apropriada para acondicionamento dos produtos Treinamento da FISPO de acordo com os produtos químicos	Luva de proteção de PVC Óculos de segurança Uso obrigatório de comunicação via rádio em todas as frentes de serviço KIT de mitigação	B	M	ACEITÁVEL	
		Incêndio florestal.	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Extintores	Brigada de emergência Uso obrigatório de comunicação via rádio em todas as frentes de serviço	B	A	MODERADO	
	Podas das árvores com motosserra	Diminuição da biodiversidade local e microhabitats.	N	A	MA	M	M	MODERADO	N/A	Acompanhamento de atividade por equipe de resgate de fauna e gemoplasma.	B	A	MODERADO	
	Desmatamento da área com maquinário pesado	Diminuição da biodiversidade local e microhabitats.	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Acompanhamento de atividade por equipe de resgate de fauna e gemoplasma.	B	A	MODERADO	
Emissão de particulados.		N	A	MA	M	M	MODERADO	Manutenção preventiva do equipamento.	Utilização dos EPis adequados	M	M	MODERADO		
	Deslocamento e retorno com o veículo para frente de serviço	Atropelamento de pedestres e/ou animais	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Redutor de velocidade / Placas de sinalização	Trafegar com farol aceso; Respeitar o limite de velocidade; Placas de Sinalizações; Cinto de Segurança (Frente e atrás); Atenção: acive e deslize.	B	A	MODERADO	
	Escavação de solo ou rocha por máquinas	Alteração da paisagem	N	A	MA	M	M	MODERADO	N/A	Demarcação das áreas de corte e aterro / Recuperação de áreas degradadas	B	A	MODERADO	
	Abastecimento e lubrificação de máquinas	Explosão, Incêndio, contaminação por produto químico	A	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Aterramento do combolo.	Não fumar próximo ao caminhão combolo; retirar as pessoas não autorizadas para uma distância de 7,5 m; sinalizar a área com cones e placas de advertência; Extintores, brigada de incêndio, caminhão pipa	B	A	MODERADO	FISPO
Contaminação do solo e água (por derramamento de combustível e destinação inadequada de resíduos)		A	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Utilização de kit de emergência ambiental nas frentes de serviço	B	A	MODERADO		

TERRAPLENAGEM	Manutenção de acesso externo	Atropelamento de animais silvestres.	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Redutor de velocidade / Placas de sinalização	Trafegar com farol aceso; Respeitar o limite de velocidade; Placas de Sinalização; Cinto de Segurança (Frente e atrás); Atenção: active e deslize	B	A	MODERADO	
		Emissão de particulados.	N	A	MA	M	M	MODERADO	Redutor de velocidade / Placas de sinalização	Sinalização das vias, redutores de velocidades e controladores de tráfego, urnectação de vias.	M	M	MODERADO	
	Rompimento de rocha com rompedor acoplado à escavadeira	Projeção de partículas de rocha sobre público externo	N	A	MA	M	M	MODERADO	N/A	Placas móveis, sinalizos nos locais de trabalho antes e após a área de trabalho. Inspeção nos equipamentos; Isolamento de locais onde houver rompimento; Manter local de trabalho sinalizado no término do turno.	B	M	ACEITÁVEL	
		Exposição à poeira mineral	N	A	MA	M	M	MODERADO	N/A	Uso de respirador PFF-1, Urnectação das vias	B	M	ACEITÁVEL	
		Exposição ao ruído	N	A	MA	M	M	MODERADO	Inspeção e manutenção das máquinas e equipamentos conforme recomendado no manual	Uso de protetor auricular, abafadores, e manter distância das máquinas;	B	M	ACEITÁVEL	Programa de Conservação Auditiva
	Execução de área de bota-fora	Assoreamento do rio/erosão	A	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Realizar inspeção/monitoramento de processos erosivos	B	A	MODERADO	
	Obras de drenagem	Assoreamento de áreas de vegetação nativa	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Isolamento de área sinalização	Realizar inspeção/monitoramento de processos erosivos	B	A	MODERADO	
MANUTENÇÃO DE VEÍCULOS, MÁQ. E EQUIP.	Manutenção de equipamentos/tetradra e colocação de componentes hidráulicos, bombas, cilindros, mangueiras, motores hidráulicos)	Contaminação do solo (por descarte de resíduos contaminados)	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Instalar kits de emergência ambiental e realizar atividade em áreas específicas e adequadas para o serviço.	B	A	MODERADO	
		Incêndio e explosão	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Válvulas Corte Chamas, Colocação de anteparos Incombustíveis	Check-list diário de máquina de solda e conjunto de os corte. Uso de avental de raspagem, luvas de raspagem, perneira de raspagem, botina de segurança, máscara de soldador, óculos c/visão e protetor facial, Extintor;	B	A	MODERADO	
	Utilização de óleo	Contaminação do solo (por descarte inadequado de resíduos contaminados)	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Destinação adequada para cada tipo de resíduo, Instalar kits de emergência ambiental	B	A	MODERADO	S3-TE/CE - FORM. 158 - Inventário de Produtos químicos
		Contaminação do solo/água por descarte inadequado de resíduos Classe I (contaminados com óleo)	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Destinar os resíduos nos recipientes adequados, conforme identificação.	B	A	MODERADO	
	Lubrificação	Contaminação do solo/água por derramamento de óleos lubrificantes.	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Disponibilizar kit de atendimento a emergência ambiental no caminhão comboio	B	A	MODERADO	
MOVIMENTAÇÃO DE CARGA	Deslocamento e retorno com o veículo para frente de serviço	Atropelamento de pedestres e/ou animais	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Redutor de velocidade / Placas de sinalização	Sinalização das vias, redutores de velocidades e controladores de tráfego, urnectação de vias.	B	A	MODERADO	
	Patolamento /Telescopagem (manual/hidráulico)	Vazamentos de fluidos pressurizados	N	A	MA	M	M	MODERADO	Bacias de contenção, kits de atendimento a emergência.	Antes do início de cada movimentação, certificar a disponibilidade dos kits de contenção ambiental.	B	M	ACEITÁVEL	
	Movimentação e içamento de cargas suspensas.	Vazamentos de fluidos pressurizados	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Bacias de contenção, kits de atendimento a emergência.	Antes do início de cada movimentação, certificar a disponibilidade dos kits de contenção ambiental.	B	M	ACEITÁVEL	
Deslocamento do Setor Elétrico até as Frentes de Serviço	Atropelamento de pedestres e/ou animais	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Redutor de velocidade / Placas de sinalização	Sinalização das vias, redutores de velocidades e controladores de tráfego, urnectação de vias.	B	A	MODERADO		

SERVIÇOS COM ELETRICIDADE	Energização de painéis / quadros elétricos	Curto-Circuito / Incêndios	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Garantir que todos os circuitos estejam testados e de acordo com o projeto, evitando curto-circuito no momento de energização do painel.	Uso do capacete com jugular; Uso de protetor auricular e óculos de segurança, Luva de Eletricista	B	A	MODERADO	Procedimento Interno de Segurança nas atividades com eletricidade S3-TE/CE-010 Ordem de Serviço -064 Autorização NR10 - 097 PDS - 179	
	Energização de painéis / quadros elétricos	Incêndio / Explosão	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Capacete com jugular, óculos de proteção, vestimenta, calçado de segurança, luvas de proteção.	B	A	MODERADO	APR, PDS, DDS	
	Execução de malha de aterramento.	Incêndio florestal	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Extintores no local	Calçado de segurança, capacete com jugular, óculos de segurança, luvas de segurança, colete de raspe, protetor facial, luva de raspa cano inox.	B	M	ACEITÁVEL		
LUBRIFICAÇÃO E ABASTECIMENTO	Deslocamento para frente de serviço para abastecimento dos equipamentos	Atropelamento de pedestres e/ou animais	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A		B	A	MODERADO		
		Poluição atmosférica	E	A	MA	M	M	MODERADO	N/A	Manutenção Preventiva do equipamento; Monitoramento de fumaça preta	B	M	ACEITÁVEL		
	Manobra para abastecimento dos equipamentos	Atropelamento de pedestres e/ou animais	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Tráfegar com farol aceso; Respeitar o limite de velocidade (40 km/h); Placas de Sinalização; Cinto de Segurança (frente e atrás); Atenção: aclive e declive	B	A	MODERADO		
		Abastecimento e lubrificação dos equipamentos	Incêndio e explosão dos equipamentos	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Aterramento do comboio.	Bacia de contenção móvel, Sinalização de área, Kit de Emergência Ambiental, Kit de combate a incêndios, caminhão pipa; Extintor	B	A	MODERADO	
			Incêndio florestal	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Bacia de contenção móvel, Sinalização de área, Kit de Emergência Ambiental, Kit de combate a incêndios	B	A	MODERADO	
			Contaminação do solo/água por descarte inadequado de resíduos Classe I (contaminados com óleo)	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Destinar os resíduos nos recipientes adequados, conforme identificação	B	A	MODERADO	
Contaminação do solo/água por derramamento de combustível e óleo	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Disponibilizar kit de atendimento a emergência ambiental no caminhão comboio	B	A	MODERADO				
OPERAÇÃO DE PERFURATRIZ	Deslocamento para frente de serviço com veículos pesados	Atropelamento de pedestres e animais	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Redutor de velocidade / Placas de sinalização	Sinalização das vias, redutores de velocidades e controladores de tráfego, umectação de vias.	B	A	MODERADO		
	Lubrificação/ abastecimento de máquinas	Explosão e Incêndio	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Aterramento do comboio.	Não fumar próximo ao caminhão comboio; retirar as pessoas não autorizadas para uma distância de 7,5 m; sinalizar a área com cones e placas de advertência; Extintores	B	A	MODERADO		
		Contaminação do solo e água (por derramamento de combustível e destinação inadequada de resíduos)	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Utilização de kit de emergência ambiental nas frentes de serviço.	B	A	MODERADO		
LANÇAMENTO DE CONCRETO	Manobra dos caminhões para a descarga no recipiente de lançamento (bomba estacionária, caminhão bomba concreto lança, caçamba de lançamento)	Atropelamento de pedestres e animais	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Redutor de velocidade / Placas de sinalização	Respeitar o limite de velocidade (40 km/h), faróis acesos, vestimenta com faixa refletiva, cinto de segurança, check-list diário do equipamento, manutenção do veículo;	B	A	MODERADO		
	Injeção de Poliuretano	Risco de incêndio	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A	Capacete com jugular, Botina de segurança, Luva de proteção, Óculos de Proteção, Macacão descartável, Protetor auricular, Cinto de segurança paraquedista com dois talabartes, Aferrir pressão arterial antes de iniciar atividade; manter ferramentas amarradas, Extintor; Utilização de Kit de Emergência Ambiental próximo a local de manuseio.	B	A	MODERADO		
	Injeção de Poliuretano	Contaminação de solo/água por derramamento de produto químico	E	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Bacias de contenção, kits de atendimento a emergência.	Disponibilizar kit de atendimento a emergência ambiental.	B	A	MODERADO		

CENTRAL DE CARPINTARIA	Trabalho solda elétrica e conjunto oscilcorte	Risco de incêndio e explosão	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Válvula corta chama, check list do equipamento.		B	M	ACEITÁVEL	
CENTRAL DE CONCRETO	Lavagem de Caminhão Betoneira	Contaminação do solo e da água	N	A	MA	M	M	MODERADO	Bacia de decantação para tratamento de efluentes Manutenção e limpeza do sistema de tratamento. Realizar monitoramento da qualidade do efluente, treinamento de integração, monitoramento pela equipe de Meio Ambiente	Realizar limpeza na área específica para atividade.	B	B	ACEITÁVEL	
	Lubrificação da central de concreto	Contaminação do solo e da água	N	A	MA	M	M	MODERADO	Bacia de decantação para tratamento de efluentes Manutenção e limpeza do sistema de tratamento. Realizar monitoramento da qualidade do efluente, treinamento de integração, monitoramento pela equipe de Meio Ambiente	NA	B	B	ACEITÁVEL	
LIMPEZA BQ	Limpeza e Higienização	Biológico	N	A	MA	M	M	MODERADO	N/A	Realização da atividade por equipe treinada.	B	B	ACEITÁVEL	PAE; POS
		Químico	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	N/A		B	M	ACEITÁVEL	
	Transporte de Efluente	Contaminação de solo / recursos hídricos	N	A	MA	M	M	MODERADO		Realização da atividade por equipe treinada.	B	B	ACEITÁVEL	PAE; POS
TRATAMENTO DE ROCHAS E TALUDES	Deslocamento e retorno com o veículo para frente de serviço	Atropelamento de pedestres e animais	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Redutor de velocidade / Placas de sinalização	Respeitar o limite de velocidade (40 km/h), faróis acesos, vestimenta com faixa refletiva, cinto de segurança, check-list diário do equipamento, manutenção do veículo;	B	M	ACEITÁVEL	
	Perfuração de rocha com apoio de perfuratriz e gabiola suspensa por braço mecânico	Contaminação do solo e água (derramamento/vazamento de óleo)	N	A	MA	M	A	SUBSTANCIAL	Realizar manutenção preventiva do equipamento; disponibilizar kit de atendimento a emergência ambiental em todas as frentes de serviço de trabalho.	NA	B	M	ACEITÁVEL	Integração, DOS

ANEXO B – LICENÇA DE INSTALAÇÃO



Av. Alexandre de Gusmão, 1701, Tirol, CEP 59015-350, Natal-RN
 Tel: (54) 3232-2110 | CNPJ: 08.242.188/0001-20
 Website: www.idema.rn.gov.br | E-mail: idema@rn.gov.br

LICENÇA DE INSTALAÇÃO

Data de Validade: 02/09/2026

O Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte, com fundamento na Lei complementar Estadual - LCE nº. 272, de março de 2004 e suas posteriores alterações, Legislação Federal e ainda consubstanciado no Parecer Técnico constante nos autos, expede este Ato Administrativo ao Empreendedor infratitulado, sob as condições abaixo relacionadas, cujo descumprimento implicará falta de natureza grave, acarretando a suspensão automática do presente documento.

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E EMPREENDIMENTO

Nome do Empreendedor	
CNPJ/CNPJ	
UE:	
Proprietário do Empreendimento:	
Endereço do Empreendedor:	
Endereço do Empreendimento:	
Caracterização do Empreendimento:	

CONDICIONANTES

1. O IDEMA aprova através deste ato administrativo, a viabilidade ambiental solicitada pelo empreendedor, cuja veracidade das informações apresentadas, os estudos, projetos e demais documentos subscritos por esses, são de sua total responsabilidade, sujeitando-se às sanções administrativas, civis e penais. Em caso de constatação de dados falsos, enganosos ou capazes de indução ao erro, esta Licença fica automaticamente anulada;
2. O empreendedor fica ciente de que a presente licença está sendo concedida com base nas informações apresentadas, cujo cumprimento deve ser integral, ressaltando-se a necessidade de comunicação prévia de qualquer alteração a este Instituto. Esta Licença não dispensa ou substitui quaisquer alvarás ou certidões, de qualquer natureza, porventura exigidos pelas Legislações Federal, Estadual ou Municipal;
3. O empreendedor é responsável pela preservação ambiental, devendo tomar medidas preventivas e de mitigação contra a ocorrência de acidentes/incidentes que possam causar danos, bem como controlar os impactos negativos em razão de sua atividade. Em caso de ocorrência de danos ambientais deverão ser tomadas, imediatamente medidas corretivas, e ainda, comunicar ao IDEMA;
4. O empreendedor fica ciente que as vias de acesso deverão ter no máximo 7,5 metros de largura, conforme orientações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT;
5. O empreendedor deve seguir todas as recomendações e exigências definidas pelo IPHAN na aprovação do Relatório de Avaliação de Impacto ao Patrimônio Arqueológico;

Ass. digital: Ivan Cunha de Medeiros / Coordenador de Meio Ambiente - data e hora: 01/09/2022 19:13:21

Ass. digital: Leonilde de Sousa Aguiar / Diretor Geral - data e hora: 02/09/2022 16:17:11

Ass. digital: Werner Parfati Tabosa / Diretor Técnico - data e hora: 02/09/2022 13:09:32

Recebimento eletrônico pelo COMUNIC@ em: 02/09/2022-17:37:44

Consulte essa licença em: <http://sistemas.idema.rn.gov.br/validador.php>, informando o código:2814B-3





Av. Alexandre de Alencar, 1701, Tirol, CEP 59015-000, Natal-RN
 Tel: (54) 3252-2110 | CNPJ: 08.242.188/0001-38
 Website: www.idema.rn.gov.br | E-mail: ldema@rn.gov.br

16. O empreendedor deverá apresentar relatórios semestrais de execução e desenvolvimento dos planos e programas das medidas mitigadoras, de monitoramento e acompanhamento de impactos ambientais, de acordo com o que foi apresentado e aprovado por este Instituto através do RDPA:

- Plano de Controle Ambiental associado à Execução das Obras;
- Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos;
- Plano de Higienização de Painéis Fotovoltaicos;
- Plano de Educação Ambiental e Comunicação Social;
- Plano de Controle dos Processos Erosivos e Monitoramento do Sistema de Drenagem;
- Plano de Monitoramento da Fauna e Avifauna; (deverá ser apresentado no processo de monitoramento e captura de fauna);
- Plano de Recuperação de Áreas Degradadas;
- Programa de Gestão Ambiental (PGA);
- Programa de Sinalização de estradas, Acessos e Estruturas;
- Programa de Controle e Monitoramento de Emissões Atmosféricas;
- Programa de Emergência Ambiental;
- Programa de Capacitação, Contratação e Desmobilização de Mão de Obra local;
- Programa de Monitoramento dos Equipamentos Urbanos;

17. O empreendedor fica obrigado a realizar a manutenção e conservação dos acessos já existentes e que serão utilizados como vias de acesso para a implantação do empreendimento;

18. O Empreendedor fica ciente que deverá apresentar o Relatório de Atendimento de todas as condicionantes da presente licença quando do pedido da Licença de Operação;

19. O empreendedor deve no prazo de 90 (noventa) dias, colocar a placa indicativa do empreendimento licenciado, conforme modelo disponível no site www.idema.rn.gov.br, acessando o menu "Licenciamento", opção "Documentação Exigida", item nº 16 "Publicação de Licença Ambiental em Placa (1)". A demonstração do cumprimento desta condicionante deve ser feita ao IDEMA através de registro fotográfico;

20. O empreendedor deve publicar a concessão desta Licença no Diário Oficial do Estado e em periódico de grande circulação, devendo encaminhar cópia comprobatória a este Instituto, no prazo máximo de 10 (dez) dias, contados a partir da data de recebimento desta Licença;

21. A presente licença tem validade de 4 (quatro) anos a partir da data da ciência do Interessado, sendo que a continuidade da instalação ou operação do empreendimento/atividade somente será possível após a obtenção da correspondente licença.

Natal(RN), 02/09/2022

Ass. digital: Ivan Cunha de Medeiros / Coordenador de Meio Ambiente - data e hora: 01/09/2022 19:13:21

Ass. digital: Leonilde de Souza Aguiar / Diretor Geral - data e hora: 02/09/2022 16:17:11

Ass. digital: Werner Fariatti Tabosa / Diretor Técnico - data e hora: 02/09/2022 13:09:32

Recebimento eletrônico pelo COMUNIC@ em: 02/09/2022-17:07:44

Consulte essa licença em: <http://sistemas.idema.rn.gov.br/validador.php>, informando o código:28Y4B-3





Av. Alexandre de Alencar, 1701, Titil, CEP 59015-260, Natal-RN
 Tel: (54) 3232-2410 | CNPJ: 04.240.198/0001-20
 Website: www.idema.rn.gov.br | E-mail: idema@rn.gov.br

6. O empreendedor não poderá realizar qualquer intervenção na área do empreendimento, passível de supressão de vegetação natural, antes da emissão da Autorização de Supressão de Vegetação sob Registro nº [REDACTED], via SINAFLORE, e, da Autorização Especial para Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (Processo nº [REDACTED]), quando emitida por este Instituto, ficando ciente que o layout do empreendimento poderá sofrer alterações após análise das referidas autorizações;
7. O empreendedor deverá implantar métodos que resultem na eliminação e/ou máxima redução da emissão de partículas de poeira na atmosfera, oriundas do trânsito de veículos e de maquinário, a fim de não prejudicar a saúde e bem estar dos funcionários envolvidos no trabalho e dos moradores das áreas de influência direta e indireta do empreendimento, não devendo ser utilizada água potável ou pó de brita;
8. O empreendedor deve comunicar a empresa responsável pela execução das obras do empreendimento que, se for o caso, a instalação de canteiro de obras é objeto de uma Autorização Especial – AE, devendo estar de acordo com as normas técnicas e de controle ambiental, principalmente com relação ao sistema de esgotamento sanitário, gestão e destino final dos resíduos sólidos;
9. O empreendedor deverá cumprir com o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PIGRS) aplicado à atividade e aprovado por este Instituto, buscando a melhoria contínua, conforme a Lei 12.305/2010 e demais instrumentos normativos, devendo reapresentar as alterações ocorridas no referido plano. Além disso, deverá apresentar comprovação da destinação final dos resíduos gerados durante a fase de implantação do empreendimento ao IDEMA quando do pedido de Licença de Operação;
10. O empreendedor deverá preservar e respeitar as Áreas de Preservação Permanente - APP's, e corpos hídricos existentes dentro do limite da ADA, respeitando as distâncias, de acordo com as diretrizes do Novo Código Florestal, Lei 12.651/2012, Cap.II, Art. 4º e 7º, devendo ainda realocar acessos, caso venham intervir nessas áreas de preservação;
11. O empreendedor ficar ciente que a inscrição do imóvel no Cadastro Ambiental Rural da Vila Ceará será analisada e homologada por parte do órgão ambiental competente, que não poderá realizar qualquer intervenção em áreas de Reserva Legal, e que poderá ser convocado a fazer retificações na inscrição do CAR;
12. O empreendedor deverá apresentar antes do início da implantação do empreendimento, a comprovação de uso legal da água a ser utilizadas para implantação e demais etapas das atividades do empreendimento, bem como licenças de obra hidráulica e/ou outorga do direito de uso dos recursos hídricos emitidos pelos órgãos competentes. Deverá ser entregue a este Instituto a comprovação de tais documentações (licenças, autorizações, dentre outras), antes de qualquer interferência por parte do empreendimento, a quaisquer recursos hídricos, inserido em suas áreas de influência;
13. O empreendedor deverá informar, a este Instituto, quando do início das atividades de implantação do empreendimento;
14. O empreendedor deverá apresentar antes do início da implantação do empreendimento, as licenças ambientais e autorizações de órgãos competentes para as áreas utilizadas para extração de materiais de origem mineral (areia, argila, etc.);
15. O empreendedor, caso necessite realizar o desmonte ou quebra de materiais rochosos deverá utilizar métodos de desmonte de rocha que minimizem ao máximo qualquer impacto ambiental ocasionado por essa ação, devendo informa a este Instituto o método utilizado e o destino final do material gerado por esta atividade. Deverá evitar interferências em pontos onde sejam constatadas a presença de grutas, abrigos de espécies animais e/ou qualquer outra cavidade natural. Caso seja necessário o uso de explosivos, Implosivos e qualquer outro artefato, deverá apresentar a autorização do Exército Brasileiro;

Ass. digital: Ilen Cunha de Medeiros / Coordenador de Meio Ambiente - data e hora: 02/09/2022 19:13:21

Ass. digital: Leonilene de Sousa Aguiar / Diretor Geral - data e hora: 02/09/2022 16:17:11

Ass. digital: Werner Parkati Tabosa / Diretor Técnico - data e hora: 02/09/2022 13:09:32

Recabimento eletrônico pelo COMUNIC@: em: 02/09/2022-17:37:44

Consulte essa licença em: <http://sistemas.idema.rn.gov.br/validador.php>, informando o código:28Y4B-3



ANEXO C – CHECK LIST DE DOCUMENTOS PARA LICENCIAMENTO

Governo do Estado do Rio Grande do Norte
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos



RELAÇÃO DE DOCUMENTOS BÁSICOS PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Atividade / Empreendimento: **Canteiro de Obras** Licença: **AUTORIZAÇÃO ESPECIAL (AE)**

- Requerimento - Modelo Idema;
- Documentos da Pessoa Física ou Jurídica, conforme relação apresentada nas Instruções Técnicas emitidas pelo Idema;
- Documento, com firma reconhecida, que comprove a legalidade do uso da área para o desenvolvimento da atividade (Escritura Pública ou Escritura Particular ou Cessão do uso da Área ou Comprovação de Posse ou Contrato de Compra e Venda), conforme Instruções Técnicas do Idema;
- Contrato de Arrendamento ou Autorização do Proprietário, registrada em cartório (para os empreendimentos que apresentarem documentos da área em nome de terceiros);
- Certidão da Prefeitura Municipal, expedida há, no máximo, 02 anos da data de apresentação, declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável ao uso e ocupação do solo e especificando se o empreendimento está inserido em zona urbana ou rural. Em substituição a esta Certidão, poderá ser apresentado, quando disponível, o Alvará de Localização do empreendimento (*);
- Planta de localização, georreferenciada, da área da atividade, impressa e em meio digital, conforme Instruções Técnicas emitidas pelo Idema;
- Descrição sucinta da área, do projeto e do seu funcionamento, conforme Instruções Técnicas emitidas pelo Idema;
- Planta com o layout do projeto;
- Informações sobre o sistema de abastecimento d'água, conforme Instruções Técnicas emitidas pelo Idema;
- Informações sobre o tratamento e destinação final dos efluentes sanitários e dos resíduos sólidos a serem gerados no canteiro de obras, conforme Instruções Técnicas emitidas pelo Idema;
- Cronograma físico de implantação do projeto;
- Anotações de Responsabilidade Técnica (ARTs) de todos os projetos (ambiental, engenharia);
- Comprovante de pagamento do custo do licenciamento ambiental (boleto bancário quitado);

(*): Certidão de acordo com modelo apresentada no site do IDEMA (Certidão para fins de Licenciamento Ambiental) e deverá contemplar, no seu corpo, cada uma das instalações a serem licenciadas, de forma explícita e facilmente identificável.

Observações:

- A não apresentação de algum dos documentos relacionados acima, por não se aplicar tecnicamente à atividade em análise, deverá ser justificada por meio de formulário específico;
- O Empreendedor para se comunicar com o Idema, após processo aberto, deverá fazer uso obrigatório do Serviço Comunic@ que se encontra disponível no site (login: nº do CPF ou CNPJ; senha: 123456). Reforçamos que este sistema é fundamental para os contatos, uma vez que não haverá mais envio de correspondência via CORREIOS;
- Todos os documentos apresentados em forma de fotocópia deverão ser impressos frente e verso;
- A qualquer momento da análise, o Idema poderá solicitar outras informações ou documentos, caso julgue necessário;
- Os documentos apresentados em forma de fotocópia deverão estar autenticados ou ser acompanhados do documento original, para simples conferência.

Documento sujeito a revisão periódica

ANEXO D – CARTILHA EDUCATIVA

parte 4
fundo
capa

Licenças ambientais

O licenciamento ambiental envolve 3 tipos de licença:

- **Licença Prévia** - uma licença inicial que aprova a localização e atesta a viabilidade ambiental do empreendimento, listando os requisitos básicos para sua instalação.
- **Licença de Instalação** - uma licença intermediária que aprova os projetos e permite que a construção aconteça.
- **Licença de Operação** - uma autorização de funcionamento do empreendimento com as devidas medidas de controle ambiental.

Empresa responsável pelo empreendimento

Na região de Rio Grande do Norte existem inúmeras empresas que vem atuando nas áreas de renováveis. O intuito desta cartilha é poder trazer conhecimento para as populações da região, sobre como funcionam os projetos e como ocorre cada fase.

Considerações finais

Infelizmente, os custos de implantação de sistemas de energia eólica e solar ainda são altos, mas os valores têm diminuído.

Além disso, é preciso aumentar a participação social para garantir que os benefícios às comunidades sejam garantidos. E isso só pode acontecer se você, cidadão, conhecer mais sobre a realidade de geração de energia na sua região.

Faça sua parte! Exija dos governantes e das empresas que se instalam próximo a você.

Agradecimentos

Ao ProfÁgua, à UFPE e às empresas que forneceram material que auxiliaram no desenvolvimento desta cartilha.

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Mestrado Profissional em Rede Nacional em
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos
Anna Beatriz de Souza Xavier

Energia renovável no Nordeste Brasileiro

Tudo o que consumimos vem da natureza, desde a nossa comida até a energia que precisamos para carregar o celular e o combustível para fazer o carro andar. E isso vira um problema se pensarmos na quantidade de pessoas que existem no mundo atualmente: chegamos aos 8 bilhões de pessoas.

Essa quantidade de pessoas causa uma grande pressão no meio ambiente, uma vez que precisamos retirar cada vez mais recursos para conseguir manter as populações dos vários lugares do mundo. E isso não é diferente na geração de energia.

Nosso padrão de vida é extremamente dependente de energia elétrica, e parte da geração de energia vem de **fontes não renováveis**, ou seja, que não se recuperam, à exemplo da gasolina, do óleo diesel e do carvão.

O uso de **fontes de energia renováveis** permite que as nossas ações causem um impacto menor no meio ambiente, uma vez que essas fontes não se esgotam, sendo elas a biomassa, a luz solar, os ventos e a água.



O Brasil é um país privilegiado na oferta de energias renováveis, com atenção especial à região **Nordeste**.

Investir nessas fontes de energia permite o **desenvolvimento da região** e traz **menos danos à natureza**.

O estado do **Rio Grande do Norte** participa da geração de 2,6% de energia a partir de hidrelétricas, e se destaca na geração de energia eólica e solar.

Serra do Mel

Serra do Mel é um município localizado no semiárido do Rio Grande do Norte, com **pouca disponibilidade de água**, mas com bastante **vento** e **sol** o ano inteiro.

A **água do município vem do subsolo**, o que mostra a necessidade de cuidar desse recurso, já que, se não for bem administrado, é um recurso que **pode acabar**.

O município de Serra do Mel possui **parques eólicos e solares** responsáveis por gerar, juntos, quase **700 MW**.

Porém, é importante entender que, mesmo sendo formas de **energia limpas**, ou seja, que não poluem, elas trazem **impactos**, e esses impactos podem ser **positivos** e **negativos**.

parte 2

Principais impactos

Antes de tudo, é preciso entender que impacto é tudo que é causado por ações humanas, e que impactos podem ser positivos ou negativos.

Assim, os principais **impactos positivos** da geração de energia solar e eólica são:

- Geração de empregos diretos;
- Desenvolvimento socioeconômico e ambiental local e regional;
- Diminuição de tarifas energéticas em épocas de estiagem.

Sobre os principais **impactos positivos** da **energia hidráulica**, temos geração de empregos e eficiência energética.

Os principais **impactos negativos** associados à **energia solar** estão, em geral, associados à produção ou descarte indevido das células fotovoltaicas.

Quanto aos principais **impactos negativos** da **energia eólica** são alteração visual sobre a paisagem e mortes e/ou lesões de aves.

Por fim, os principais **impactos negativos** da **energia hidráulica** são:

- Geração de gases do efeito estufa;
- Conflitos socioambientais;
- Assoreamento do reservatório;
- Proliferação de vetores;
- Comprometimento da qualidade hídrica.

parte 2

Medidas mitigadoras

Medidas mitigadoras são ações que minimizam os impactos negativos. No caso das fontes citadas, é necessário haver um bom gerenciamento de resíduos, destinando-os para o descarte final adequado, além de um estudo acerca das rotas migratórias das aves.

Cadastro do CAR

A inscrição do imóvel rural do Cadastro Ambiental Rural (CAR), é realizado no próprio sistema eletrônico, onde qualquer pessoa que tenha interesse em normalizar a área, pode executar o início do cadastro. Na região do Rio Grande do Norte, os cadastros são feitos juntamente ao órgão estadual competente, no estado em que se localiza o imóvel rural.

Órgão responsável pelo licenciamento ambiental

No Rio Grande do Norte, o órgão responsável pelo licenciamento ambiental é o **Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA)**. Porém, dependendo do tamanho do empreendimento, pode ser necessária autorização do IBAMA.

parte 3

