



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Avaliação Ambiental da Implantação de Parques Eólicos no Estado Ceará

PAULO FELIPE FERREIRA DE SENA

RECIFE, 2023

PAULO FELIPE FERREIRA DE SENA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS
NO ESTADO CEARÁ**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil

Área de concentração: Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Maria do Carmo Martins Sobral

RECIFE, 2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Sena, Paulo Felipe Ferreira de.

Avaliação Ambiental da Implantação de Parques Eólicos no Estado Ceará /
Paulo Felipe Ferreira de Sena. - Recife, 2023.

36 p. : il., tab.

Orientador(a): Maria do Carmo Martins Sobral

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil -
Bacharelado, 2023.

1. Energia eólica. 2. Parques eólicos. 3. Nordeste brasileiro. 4. Impactos
ambientais e sociais. I. Sobral, Maria do Carmo Martins. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

PAULO FELIPE FERREIRA DE SENA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS
NO ESTADO CEARÁ**

Área de Concentração: Ambiental

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Campus Recife da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, como requisito parcial
para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia civil.

Área de concentração: Ambiental
Data de Aprovação: 12/05/2023

Nota: _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof(a). Dr(a). Maria do Carmo Martins Sobral (Orientadora)

Prof. Dr. Janaína Maria Oliveira de Assis (Examinador Externo)

Prof. Dr. Fabrício Motteran (Examinador Interno)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser o maior combustível e provedor da minha vida, o principal responsável para que eu pudesse chegar até aqui. À minha família que sempre esteve presente e torcendo pelo o meu sucesso, dando forças para prosseguir em direção ao alvo, apoiando e acreditando em meu potencial e contribuindo com incentivo, carinho e suporte, dando a tranquilidade necessária para alcançar os meus sonhos.

À minha Orientadora, Maria do Carmo Martins Sobral, por todo conhecimento transmitido, pela confiança em meu trabalho e por permitir contribuir nesta linha de pesquisa tão importante. A Coorientadora, Roberta Falcão de Cerqueiras Paes, que me acompanhou nesse processo e me instruiu com muito zelo e paciência durante toda a produção dessa pesquisa, auxiliando-me em tudo o que foi preciso para que eu concluísse este trabalho.

A todos os amigos que a UFPE me proporcionou, que me deram leveza e bons momentos para que eu conseguisse passar pela graduação da melhor forma possível. A todos os professores que tive durante o curso, por contribuírem para minha formação e por dar todo o conhecimento necessário para que pudesse exercer de forma excelente a minha profissão. A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, a minha eterna gratidão.

RESUMO

O potencial do território brasileiro na produção de energia através de fontes limpas e renováveis, sempre foi uma característica presente. Aliado a isso, nos últimos anos, o aumento de emissões de gases do efeito estufa, devido a participação de combustíveis fósseis, a crescente crise energética atrelada a escassez do recurso hídrico; colocou os parques eólicos como empreendimentos viáveis na complementação da matriz energética brasileira.

A partir disso, o presente trabalho surge como uma forma de avaliar o crescimento e contribuição dessas obras para a sociedade e como isso afeta o meio ambiente a nossa volta através de efeitos positivos ou negativos, de acordo com a especificação dada a cada atividade. Outro princípio que fundamenta a necessidade dessa pesquisa é evidenciada no crescimento de número de parques eólicos ao longo de todo Brasil, em específico o Nordeste do país, onde encontra-se grande parte desses parques. Logo, foi necessário o levantamento de dados, pesquisas e fontes que corrobora-se com essas informações tendo como principal princípio de análise as condições necessárias para implantação dos aerogeradores sendo essas climáticas, atmosféricas, relevo do local ou vento característicos da região. Paralelo isso, evidenciar sua contribuição em outras esferas importantes para sociedade como seu aspecto econômico, visto que essa modalidade se apresenta como uma alternativa competitiva com as fontes convencionais de energia.

No entanto, o aproveitamento dos ventos para geração de energia eólica também apresenta desafios e impactos negativos que inclui a redução da biodiversidade, interferência nas atividades agrícolas, impacto visual e sonoro, dentre outros. Diante disso, este trabalho visa avaliar a contribuição do aproveitamento eólico no Nordeste brasileiro e os riscos que ela pode trazer para o equilíbrio ambiental, a partir de então será apresentado ,de forma contemplativa ,os efeitos ocorridos em um parque eólico durante os eventos de sua construção, relacionando seus riscos, interferências, o grau de perigo associado a cada etapa e uma breve discussão de quais medidas foram adotadas na construção deste parque, além de medidas mitigadoras que podem ser adotadas afim de amenizar sequelas sobreo meio ambiente.

Palavras-chave: Energia eólica, Parques eólicos, Nordeste brasileiro, impactos ambientais e sociais

ABSTRACT

The potential of the Brazilian territory in the production of energy through clean and renewable sources has always been a present feature. Allied to this, in recent years, the increase in greenhouse gas emissions, due to the participation of fossil fuels, the growing energy crisis linked to the scarcity of water resources; placed wind farms as viable ventures to complement the Brazilian energy matrix.

From this, the present work emerges as a way of evaluating the growth and contribution of these works to society and how this affects the environment around us through positive or negative effects, according to the specification given to each activity. Another principle that supports the need for this research is evidenced in the growth in the number of wind farms throughout Brazil, in particular the Northeast of the country, where most of these parks are located. Therefore, it was necessary to collect data, research and sources that corroborate this information, having as the main principle of analysis the necessary conditions for the implementation of wind turbines, these being climatic, atmospheric, local relief or wind characteristic of the region. Parallel to this, highlighting its contribution in other important spheres for society as its economic aspect, since this modality presents itself as a competitive alternative with conventional energy sources.

However, the use of wind to generate wind energy also presents challenges and negative impacts that include the reduction of biodiversity, interference in agricultural activities, visual and sound impact, among others. In view of this, this work aims to evaluate the contribution of wind farms in the Brazilian Northeast and the risks that it can bring to the environmental balance, from then on, the effects that occurred in a wind farm during the events of its construction will be presented in a contemplative way. construction, listing its risks, interferences, the degree of danger associated with each stage and a brief discussion of what measures were adopted in the construction of this park, in addition to mitigating measures that can be adopted in order to alleviate consequences on the environment.

Keywords: Wind energy, Wind parks, Brazilian Northeast, environmental and social impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Emissões de CO ₂ evitadas por mês em 2021	10
Figura 2: Distribuição da velocidade média do vento na região Nordeste a 100m de altura	11
Figura 3: Potência eólica instalada nos estados brasileiros	12
Figura 4: Gráfico da evolução da capacidade instalada de energia no Brasil	13
Figura 5: Capacidade de energia e números de parques instalados no nordeste brasileiro	14
Figura 6: Localização do Parque A, situado no interior do Estado do Ceará.....	21
Figura 7: Etapas para execução do empreendimento	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quadro resumo de avaliação de impactos ambientais	23
Tabela 2: Ações mitigadoras para cada impacto ambiental gerado.....	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	7
1.2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICO	8
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	8
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
2.0 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 MEIO AMBIENTE E SETOR ELÉTRICO.....	9
2.2 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE BRASILEIRO.....	11
2.3 ASPECTOS LEGAIS PARA O LICENCIAMENTO DE PARQUES EÓLICOS	14
2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS	18
4.0 METODOLOGIA.....	19
4.1 PESQUISA DOCUMENTAL E BIBLIOGRÁFICA.....	19
4.2 LOCALIZAÇÃO DO PARQUE ESTUDADO	20
5.0 RESULTADOS	21
5.1 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	21
5.2 MEDIDAS MITIGADORAS AOS IMPACTOS AMBIENTAIS	27
<u>6.0 CONCLUSÃO.....</u>	32

1. Introdução

A energia eólica é uma fonte renovável de energia e não produz emissões de gases de efeito estufa, tornando uma alternativa mais limpa as fontes de energias convencionais, como por exemplo, usinas térmicas a gás. Logo, a importância de o Brasil, figura entre os principais países mais poluidores do mundo e que mais emitem CO₂, segundo Loaire et al., (2009), a principal contribuição para essa emissão crescente foi a do setor energético associado ao elevado índice de desmatamento e queimada nas Florestas Amazônica.

Devido a isso, nos últimos 10 anos tivemos avanços consideráveis na utilização de energia provenientes de fontes renováveis, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021), 83% da matriz elétrica brasileira é correspondente de fontes eólicas. De acordo com os dados da ABBeeolica(2021), apenas em 2021 foram instaladas um total de 795 parques eólicos com uma capacidade produtiva equivalente a 21,57GW de potência eólica instalada representando um crescimento de 21,53% em relação a dezembro de 2020 na qual houve 17,75GW de capacidade instalada. Esses dados se tornam ainda mais relevantes em um contexto voltado a região Nordeste do país que configura com 104,7% da energia consumida sendo oriundas de fontes eólicas com uma capacidade de produção 11.907Mwmed.

Hoje, as instalações de parques eólicos em regiões remotas, com aplicabilidade em terra e no mar, demonstram sua ampla utilização e disponibilidade na geração de energia elétrica mesmo em áreas onde não há fontes de recursos abundantes. Entretanto, o aproveitamento dos ventos para geração de energia eólica não traz apenas aspectos positivos. Como toda tecnologia energética contribui para geração de impactos negativos, como por exemplo: redução da biodiversidade, interferências nas atividades agrícolas, impacto visual e sonoro, entre outros. Dessa forma, a implantação de parques eólicos depende de um prévio licenciamento ambiental, pois é considerada uma atividade efetivamente poluidora e que pode causar degradação ambiental. Nesse sentido, observa-se a importância de avaliar a contribuição dessa tipologia de geração de energia e quais os riscos podem trazer para o equilíbrio ambiental. Para isso, será utilizado como estudo de caso, um parque eólico implantado no estado do Ceará.

1.1. Justificativa e Motivação

Atualmente a energia eólica é uma das principais fontes de energia renovável no mundo e sua importância na matriz energética tem aumentado significativamente nos últimos anos. Paralelo a isso, o Nordeste brasileiro é uma região com grande potencial para o desenvolvimento de parques eólicos, o que levou a um aumento significativo do número de empreendimentos na região. Baseado nisso, a justificativa que fundamenta a realização deste trabalho está relacionada a entender qual a necessidade efetiva desta modalidade de empreendimento avaliando sua contribuição, aplicabilidade, eficiência e favorecimento para o meio ambiente, dada a relevância da energia eólica no cenário mundial.

Logo, busca-se entender o elevado crescimento de parques eólicos distribuídos em todo o Brasil, sendo 85% dessa representatividade no Nordeste brasileiro, e como esse crescimento podem gerar impactos ambientais observando... Essa motivação se deve ao fato de que apenas em 2021, segundo dados da ABBeólica (2021), foram instalados 110 novos parques, sendo 109 distribuídos no Nordeste entre o Rio Grande do Norte, Bahia, Pernambuco, Piauí e Ceará e apenas 2 deles em Santa Catarina, região Sudeste, gerando um total de 3,83 GW de nova capacidade, estabelecendo um novo recorde para instalação eólica e sendo o país que mais instalou energias eólicas no mundo. Dessa forma, o presente trabalho surge com a prerrogativa de avaliar os impactos ambientais originado pela implementação desses parques na região Nordeste.

1.2. Objetivos gerais e específico

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar os impactos ambientais causados pela implementação e operação de parque eólico, usando como exemplo o parque situado no Estado do Ceará.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar e avaliar os impactos socioambientais causados pela implantação de projeto de energia eólica no estado do Ceará;
- Avaliar programas ambientais estabelecidos nos estudos ambientais para mitigação dos impactos ambientais.

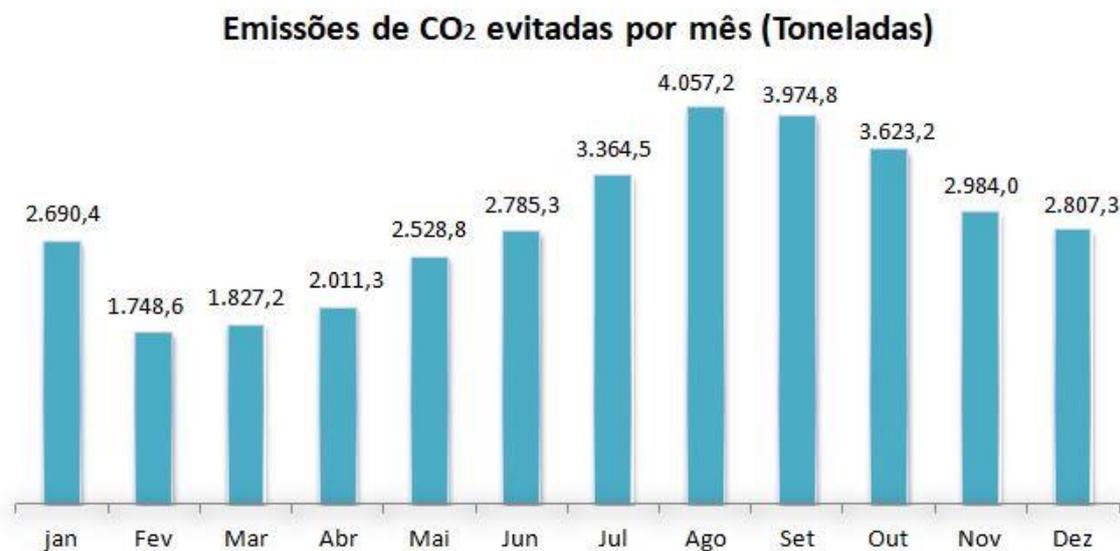
2.0 Referencial Teórico

2.1 Meio ambiente e Setor elétrico

A definição de meio ambiente pode variar de acordo com o campo do conhecimento e a perspectiva adotada. Segundo Zanotelli e Amaral Filho (2016), tudo que circunda o homem, sejam elementos criados por ele, quanto fatores naturais como ar, água, solo, fauna, flora, paisagem natural ou antrópica e aspectos culturais e sociais, estão inseridos nesse conceito. Atualmente, enfrentamos um desequilíbrio energético que afeta muitos países em todo o mundo, decorrente da crescente demanda por energia elétrica e dos desafios enfrentados na produção e distribuição de energia. Ao mesmo tempo, a atividade humana, principalmente a queima de combustíveis fósseis, tem intensificado o efeito estufa e as mudanças climáticas.

Uma alternativa importante para a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa, está na obtenção de energia limpa, como a eólica e solar. Segundo Xue, et al.(2015), os benefícios na utilização de energia eólica se apresentou com a redução de cerca de 170 milhões de toneladas de CO₂ nas emissões de gases de efeito estufa associado à China em 2012, o que representou uma redução de 15% nas emissões do setor elétrico do país. O estudo também sugeriu que a expansão da capacidade instalada de energia eólica, na China, pode trazer benefícios ainda maiores para a redução desses gases, se a capacidade instalada desses parques eólicos atingir 200 GW até 2030, seriam evitadas até 3 bilhões de toneladas de CO₂ por ano, o que equivale a cerca de 18% das emissões do país em 2012.

Por fim, avaliando essa contribuição no Brasil, a redução de gases de efeito estufa obteve resultados expressivos. De acordo com o Boletim Anual de Geração Eólica (2021), a quantidade de CO₂ que foram evitadas apenas em 2021, mensalmente, chegou a 34,4 milhões de toneladas o equivalente à emissão anual de 34 milhões de automóveis, na figura 1, é possível avaliar as emissões de CO₂ evitadas.

Figura 1: Emissões de CO₂ evitadas por mês em 2021

Fonte: ABBeólica, Boletim anual de geração eólica 2021

Essas informações mostram a importância do setor eólico para a matriz energética brasileira, não só por sua capacidade de geração de energia limpa, mas pela sua contribuição positiva no meio ambiente e na economia. Como destacado por Dantas e Rocha (2018), a energia eólica é uma fonte renovável que contribui para redução das emissões de gases de efeito estufa, sendo uma alternativa promissora para a diversificação da matriz energética brasileira e mitigações das mudanças climáticas.

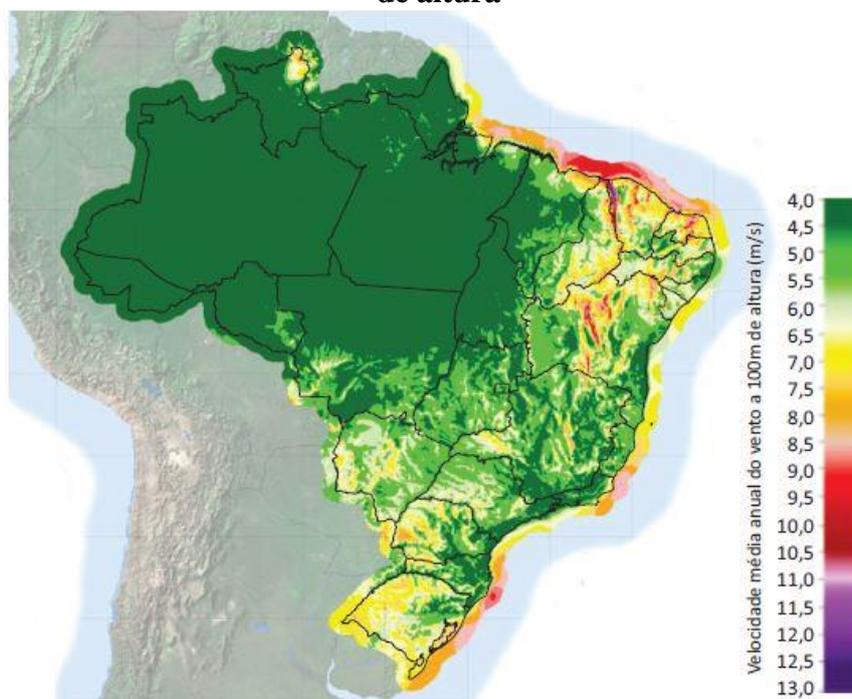
Dessa forma, proporcionar uma distribuição igualitária de energia elétrica, é uma condição essencial para o homem manter suas necessidades em seu cotidiano, porém, a desigualdade nesse processo ainda é uma realidade em muitas regiões, principalmente no Brasil. Segundo a Agência Internacional de Energia Renovável - IRENA (2021), a capacidade global de energia eólica instalada chegou a 743 GW em 2020, o que representou cerca de 7% da capacidade total de geração de eletricidade no mundo. No Brasil, a energia eólica é uma das fontes que mais cresceram nos últimos anos, tendo atingido 17,9 GW de capacidade instalada em 2021, o correspondendo a 10% da capacidade total de geração de eletricidade no país (ABEEólica, 2021).

Em contrapartida, ainda permanece a desigualdade e ineficiência na distribuição de energia elétrica para muitos brasileiros, principalmente em áreas rurais e regiões mais afastadas dos grandes centros urbanos. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2019, cerca de 1,4 milhão de pessoas não tinham acesso à energia elétrica em suas residências.

2.2 Potencial de Geração de Energia Eólica no Nordeste Brasileiro

A região Nordeste do Brasil é conhecida por apresentar ventos de alta velocidade, principalmente nas áreas costeiras. De acordo com Silva e Pinheiro (2008), o Nordeste brasileiro se apresenta como o maior potencial para produção de energia eólica, devido às altas velocidades de vento encontradas na região, a figura 2, ilustra a distribuição de velocidade média ao longo do território brasileiro.

Figura 2: Distribuição da velocidade média do vento na região Nordeste a 100m de altura



Fonte: Adaptado de Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – Cepel (2013) por BNB/Etene.

De acordo com a figura 2, é possível inferir que as áreas litorâneas apresentam condições adequadas para instalação dos aerogeradores com média de velocidade, a 100 m de altura, variando entre 6,5 e 7m/s, podendo chegar a 9m/s em algumas regiões. Determinados locais como Tibau do Sul, no Rio Grande do Norte e em outras áreas do

Nordeste, como no interior do Estado da Bahia, a média de velocidade do vento pode ser um pouco menor, variando de 4,5 a 6,5 m/s. Para Costa e Cols (2018), a região Nordeste seria responsável por cerca de 90% da capacidade instalada de energia eólica no Brasil e esses Estados se destacam como os maiores produtores de energia no país. Essas citações são reforçadas pelo aumento de aerogeradores ao longo do território Nordestino com grande concentração no Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia, conforme é possível perceber na Figura 3.

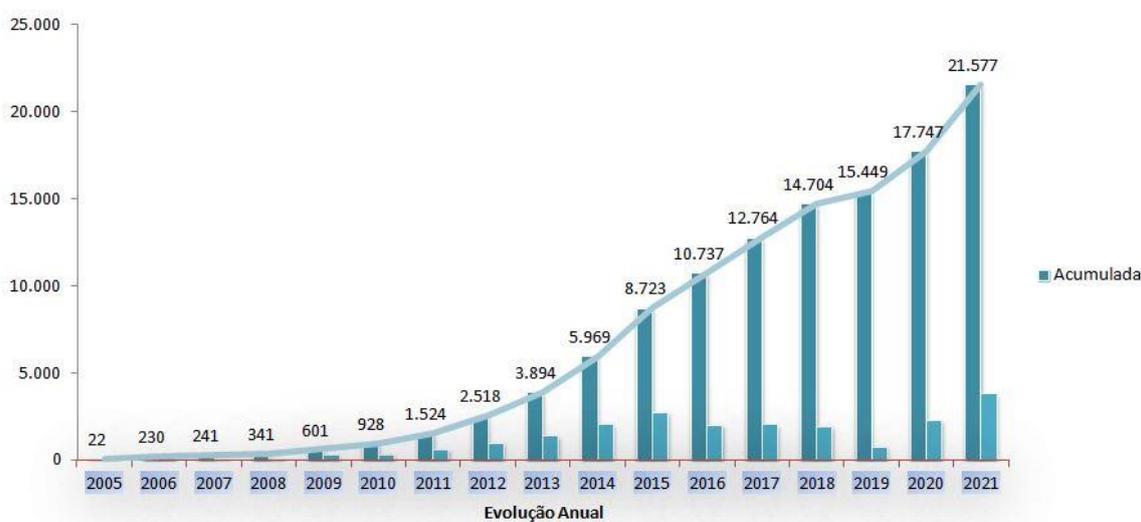
Figura 3: Potência eólica instalada nos Estados Brasileiros



Fonte: ABBeólica (2021)

Para Araújo et al (2018), a energia eólicas se constitui em uma das principais fontes de energia renováveis do Nordeste e que a região tem contribuído significativamente para a expansão da geração elétrica no país. Essa expansão vem ganhando cada vez mais expressividade e relevância, dados que justificam essa magnitude podem ser observados conforme estimativas da Associação Brasileira de Energia Eólica, ABEEólica (2021), na qual a evolução da capacidade instalada no país tem crescido de modo significativo como é ilustrado na Figura 4 abaixo.

Figura 4: Gráfico da evolução da capacidade instalada de energia no Brasil
Evolução da Capacidade instalada (MW)



Fonte: Associação Brasileira de Energia Eólica – ABEEÓLICA (2021)

De acordo com dados do ABEEólica, (2021), essa evolução colocou o Brasil em um patamar de relevância saltando de 15º na posição em capacidade instalada em 2012 para 5º em 2021, o que representou cerca de 3% do montante onshore mundial. É válido salientar como destaque o Nordeste brasileiro, sendo responsável por mais de 80% da capacidade instalada de energia eólica no país conforme ilustrado na figura 5. Essa contribuição é extremamente significativa visto que apenas no setor Nordestino, a produção de potência chega a 15.905, MW tendo o Rio Grande do Norte como capacidade de 5.154,2 MW.

Figura 5: Capacidade de energia e números de parques instalados no nordeste brasileiro

UF	Potência (MW)	Parques
RN	5.154,20	182
BA	4.879,60	189
PI	2.275,90	79
CE	2.179,30	84
RS	1.835,90	80
PF	798,40	34
MA	426,00	15
SC	238,50	14
PB	157,20	15
SE	34,50	1
RJ	28,10	1
PR	2,50	1
Total	18.010,10	695

Fonte: Associação Brasileira de Energia Eólica – ABEEÓLICA (2016)

Em 2021, o Nordeste contava com mais de 17 gigawatts (GW) de capacidade instalada, o que levou benefícios econômicos para a região com a geração de empregos e movimentação da economia local proporcionado pela construção e operação dos parques. Além disso, contribui para a descarbonização de gases de efeito estufa e para mitigação dos impactos das mudanças climáticas.

2.3 Aspectos Legais para o Licenciamento de Parques Eólicos

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei nº 6.938/1981, estabelece o licenciamento ambiental como um dos instrumentos para a gestão ambiental do país. O licenciamento ambiental é definido como um processo administrativo pelo qual os órgãos ambientais competentes avaliam os impactos ambientais de uma atividade ou empreendimento e estabelecem condições para que ela possa ser executada sem causar danos significativos ao meio ambiente.

Outra Lei que colabora para o processo de licenciamento, é a Lei Complementar nº 140/2011, estabelecendo as competências para o licenciamento ambiental no Brasil entre os entes da Federação (União, Estados e Municípios), a fim de evitar conflitos e garantir a proteção ambiental. De acordo com essa Lei, o licenciamento ambiental é de competência dos Estados e do Distrito Federal para atividades e empreendimentos que causem ou possam causar impacto ambiental regional. Já para empreendimento que possam afetar mais de um Estado e em alguns casos definidos, a competência é da União. A Lei Complementar 140/2011, também estabelece que os municípios podem atuar de forma supletiva, ou seja, podem complementar as ações dos Estados e da União, desde que tenham capacidade técnica para tanto e desde que suas normas complementem os entes superiores. Essa lei regulamenta o licenciamento ambiental no Brasil, mas cada Estado e Município podem ter suas próprias leis e regulamentações, desde que não entrem em conflito com as normas Federais.

Nesse contexto, a Resolução CONAMA 01/1986, estabelece critérios específicos para empreendimentos e atividades potencialmente poluidoras. Para isso, define impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população, II - as atividades sociais e econômicas, III - a biota, IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, V - a qualidade dos recursos ambientais. Dessa forma, define que o licenciamento ambiental de usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW dependerá de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão ambiental competente.

A Lei 9.985/00 institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e estabelece em seu Artigo 36, que nos casos de licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental, assim considerado pelo órgão ambiental competente, com fundamento em Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório - RIMA, o empreendedor é obrigado a apoiar a implantação e manutenção de Unidade de Conservação do Grupo de Proteção Integral. De acordo com essa lei, o valor a ser utilizado para a compensação ambiental deve ser proporcional à magnitude do impacto ambiental causado pelo empreendimento. Vale ressaltar que a compensação ambiental não isenta o empreendedor de suas obrigações de mitigação e compensação dos impactos ambientais causados pelo empreendimento, que devem ser previstos no EIA/RIMA e implementados de acordo com o que for determinado pelos órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento. Ressalta-se que legislações ambientais Estaduais também integram essas medidas afim de promover o uso da terra de modo racional, como exemplo a Lei complementar Nº 231, de 13 de janeiro de 2021, do estado do Ceará, que estabelece medidas administrativas, instituindo o Sistema Estadual do Meio Ambiente (SIEMA) e o Fundo Estadual do Meio Ambiente (FEMA), estabelecendo uma Política Estadual do Meio Ambiente.

O licenciamento ambiental é obrigatório para diversas atividades, incluindo a instalação de empreendimento, como os parques eólicos. Esse processo envolve diversas etapas como realização de estudos ambientais, consulta pública, análise técnica, entre outras. Para o licenciamento de parques eólicos no estado do Ceará, o licenciamento é trifásico, ou seja, compreende a obtenção de Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO), sendo necessário seguir algumas exigências, como por exemplo:

- 1- Elaboração de estudos ambientais, como o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), para avaliar os possíveis impactos do empreendimento na região;
- 2- Obtenção de autorizações e licenças de Órgãos Intervenientes como Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional de Águas (ANA), Fundação Nacional do Índio (FUNAI), Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), entre outros, quando necessário;

- 3- Cumprimento das normas técnicas e de segurança aplicáveis às instalações de geração de energia eólica, estabelecidas pela ANEEL e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

É importante salientar que o prazo para obtenção das licenças pode variar de acordo com a complexidade do empreendimento, a análise dos estudos ambientais e documentos apresentados, podendo levar de alguns meses até alguns anos, visto que esses documentos são fundamentais para garantir a viabilidade ambiental e social do projeto, bem como a segurança jurídica para os investidores e a população local. Além disso, a implementação legal desses parques pressupõe a implementação de diversas leis que visam promover a mitigação de impactos e garantir a conservação do meio ambiente, como exemplo:

- Lei Federal nº 12.651/2012 – Código Florestal: Estabelece normas gerais sobre proteção da vegetação, áreas de preservação permanente, reserva legal, entre outros aspectos relacionados à conservação e uso do meio ambiente;
- Resolução CONAMA nº 237/1997: Dispõe sobre o licenciamento ambiental de atividade considerada efetiva ou potencialmente poluidoras, estabelecendo os procedimentos e critérios para a obtenção das licenças ambientais;
- Lei Estadual nº 16.844/2019: Estabelece a Política Estadual de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Ceará, com o objetivo de promover a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, além de estabelecer diretrizes para o desenvolvimento sustentável;
- Lei Estadual nº 14.374/2009: Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelecendo diretrizes para a gestão e conservação dos recursos hídricos do Estado do Ceará;
- Decreto Estadual nº 31.278/2013: Estabelece normas e procedimentos para a elaboração de estudos ambientais, incluindo o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) no Estado do Ceará.

Ressalta-se que a lista acima não é exaustiva e que existem outras Leis e normas ambientais que podem ser aplicáveis à implementação de um parque eólico no Ceará.

2.4 Impactos Ambientais

A geração de energia renovável é uma necessidade urgente em todo o mundo, e a energia eólica tem sido vista como uma das soluções mais promissoras. No entanto, a implementação de parques eólicos também pode ter impactos negativos no meio ambiente. De acordo com a Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração das propriedades física, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, geram a segurança e o bem-estar da população: As atividades sociais e criativas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

De acordo com ODUM (2007), o meio físico compreende a totalidade de fatores físicos e químicos, como luz, calor, umidade, ar, água, minerais e outros materiais necessários para a vida. O meio biótico compreende todos os seres vivos, desde os micróbios até os organismos multicelulares mais complexos, como plantas e animais. O autor destaca a importância da interação entre o meio físico e o meio biótico na ecologia, uma vez que as comunidades biológicas dependem das condições ambientais do meio físico para sobreviver e se desenvolver. Apesar dos efeitos positivos atribuídos ao emprego de aerogeradores, toda mudança provocada na natureza causa seu desequilíbrio e afeta diretamente a relação natural de toda uma cadeia biótica. Devido a isso, elencar as possíveis mudanças de forma crítica, objetiva e bem fundamentada, se faz necessário. Com isso, podemos estabelecer alguns impactos que afetam negativamente os parques eólicos, a possibilidade como alteração na paisagem local, supressão de vegetação, fuga ou extinção da fauna local, desaparecimento do habitat natural, ruídos e vibrações atingindo negativamente a área ao redor de um parque.

Alguns desses efeitos tem caráter específico sendo temporário e reversível ao ser combatido com algumas medidas mitigadoras. Paralelamente a isso, os efeitos positivos estão mais associados a efeitos socioeconômicos visto que esses tem uma grande contribuição para geração de empregos, arrecadação de impostos, investimentos

locais na região de implementação do parque eólico e na contribuição da matriz energética brasileira como uma fonte renovável.

4.0 Metodologia

4.1 Pesquisa documental e bibliográfica

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram realizados levantamentos em fontes bibliográficas e instrumentos legais, disponíveis em páginas oficiais de órgãos de licenciamento ambiental. De modo quantitativa e qualitativamente, prosseguiu um processo de pesquisa analisando dados estatísticos, informações e características do parque estabelecido para esse estudo.

Afim de obter uma maior precisão e informações acerca dos questionamentos dos efeitos provocados pela exploração em larga escala da energia eólica ao longo do Nordeste brasileiro, a revisão bibliográfica foi feita em diversas fontes incluindo mapas cartográficos, relatórios e estudos de impacto ambiental (RIMA), obtido junto a Secretária de Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMACE). Para definição do material utilizado de apoio, foi utilizado ferramentas como Google acadêmico, Scopus, SciELO, Web of Science, aparatos essenciais para a pesquisa acadêmica, permitindo acesso à uma vasta quantidade de literatura científica como artigos científicos, resumos de conferências, livros, capítulos de livros, patentes e outras formas de produção acadêmica necessárias para fundamentar os critérios climáticos para a produção de energia eólica, circulação atmosférica, velocidade, direção do vento, e posicionamento geográfico necessário para visibilidade dos aerogeradores.

De modo organizacional, as atividades iniciaram com escolha do parque eólico no Estado do Ceará, observando como critério a quantidade de parques eólicos, influências e efeitos na região e produção de energia. Em seguida, iniciou-se um processo avaliativo das consequências decorrentes da ação dos empreendimentos eólicos, para isso se fez o uso de documentos como RIMA, o que mostrou-se importante para levantar as etapas do processo construtivo, verificação de licenciamento ambiental, instalação e operação dos projetos. E por fim, uma prática importante é levantar se houve as medidas preventivas necessárias para mitigar efeitos adversos da construção.

4.2 Localização do Parque Estudado

O trabalho em questão visa avaliar o tratamento dos objetivos focando no Estado do Ceará, sendo este um dos que mais crescem no quesito implementação de aerogeradores no Nordeste brasileiro, os dados foram consultados a partir do RIMA (Relatório de Impacto Ambiental), disponibilizado para consulta pública.

O Parque Eólico A, situado no Estado do Ceará, compreende uma área de 10.834 hectares, abrangendo 33 propriedades rurais situados nos municípios de Ararendá, Ipaporanga, Ipueiras e Poranga, na Mesorregião Nordeste Cearense, distando 343 km de Fortaleza. O parque conta com 115 aerogeradores, com altura de 105 metros e turbinas de 4,2 MW de potência, cada. Além da instalação das torres, também foi implantada linhas de transmissão, visando transmitir a energia dos aerogeradores para as subestações coletoras. A figura 6 ilustra um mapa referencial trazendo a localização do parque eólico e a distância da capital cearense.

Figura 6: Localização do Parque A, situado no interior do Estado do Ceará



Fonte: Google imagens (2023)

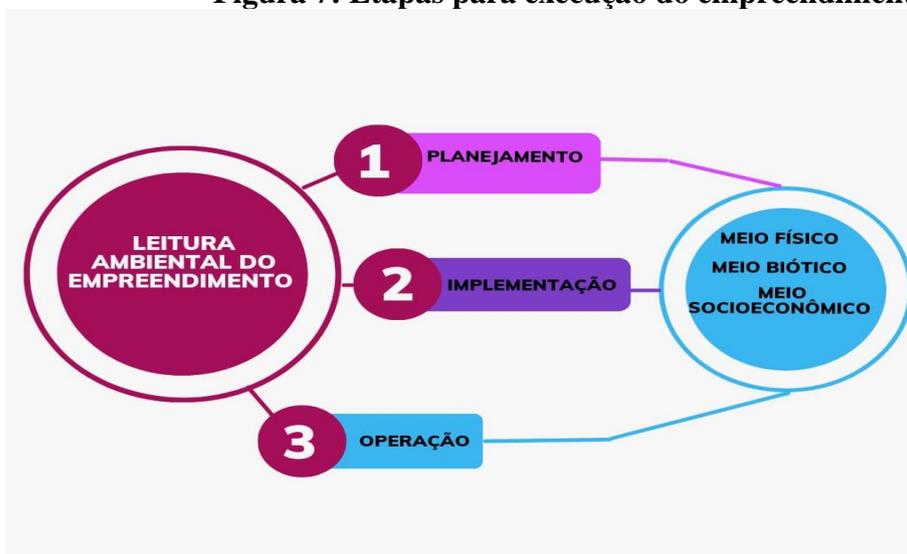
5.0 Resultados

5.1 Avaliação de Impactos Ambientais

O processo de avaliação de impactos ambientais, descrito no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), está distribuído em 3 três etapas fundamentais que visam categorizar de modo mais objetivo as problemáticas que serão enfrentadas. Nesse sentido, segmenta o projeto nas fases de planejamento, implantação e operação, avaliando em cada uma dessas etapas os impactos ambientais no meio físico, biótico e socioeconômico, conforme Figura 7. A Tabela 1 apresenta de forma resumida uma simplificação e visualização geral dos impactos associados nesse empreendimento, a produção da tabela ocorreu por meio de um processo prático consistindo na montagem de colunas seguindo um "Modelo", "X", "Y" e "Z" . O cabeçalho da tabela é a linha superior que contém os títulos das colunas e, progressivamente, cada linha apresenta

uma informação específica, com as características correspondentes a X, Y e Z em cada célula.

Figura 7: Etapas para execução do empreendimento



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 1: Quadro resumo de avaliação de impactos ambientais**TABELA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Atividade	Impactos socioambientais (IS)	Impactos Físicos (IF)	Impactos Bióticos (IB)	Riscos/Impacto ambiental	Classificação do Risco			FASE		
					BAIXO (B)	MÉDIO (M)	ALTO (A)	PROJETO (PR)	IMPLEMENTAÇÃO (IM)	OPERAÇÃO (OP)
-	-	-	-	-	B	M	A	PR	IM	OP
Geração de Empregos Diretos e Indiretos	IS	-	-	-	B	-	-	PR	IM	-
Aumento de arrecadação tributária	IS	-	-	-	B	-	-	PR	IM	OP
Investimentos locais	IS	-	-	-	B	-	-	PR	IM	-
Arrendamento de terra	IS	-	-	-	B	-	-	PR	-	-
Valorização de Imóveis no entorno do empreendimento	IS	-	-	-	B	-	-	PR	-	-
Aumento de acidentes Locais	IS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Proliferação de vetores transmissores de doenças	IS	-	-	-	-	-	-	-	IM	-
Interferência no cotidiano da População	IS	-	-	-	-	M	-	-	IM	-
Poluição Sonora				-	-	M	-	-		OP
Erosão, assoreamento e instabilidade de taludes	-	IF		Pode remover solos férteis; reduzir capacidade do solo de sustentar vegetação .	-	M	-	-	IM	-
Alteração no relevo local	-	IF		Afeta o habitat natural de diversas espécies de plantas e animais.	-	M	-	-	IM	-

Fonte: Elaborado pelo autor com base Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) -

Alteração no microclima local	-	IF		Afeta a distribuição e a composição da vegetação local ocasionando perda de espécies sensíveis ao clima.	BAIXO	-	-	-	IM	OP
Poluição dos Solos e Recursos hídricos superficiais e subterrâneos	-	IF		afeta a qualidade da água local colocando riscos espécies locais, produtividade agrícola e coloca em risco a saúde humana.	BAIXO	-	-	-	IM	-
Perda da área vegetada e da Biodiversidade associada	-	-	IB	Alteração significativa no ecossistema local, afetando a interação entre as espécies e a capacidade do ecossistema de sustentar a vida.	-	M	-		-	-
Fragmentação e perda de Habitats	-	-	IB	Perda de espécies de plantas e animais que dependem de habitats específicos para sobreviver.	-	M	-		-	
Alteração da relação Fauna e Flora	-	-	IB	Perda de biodiversidade, desequilíbrio ecológico, dispersão de espécies invasoras e mudanças na produção agrícola.	-	M	-		-	OP
Perda das comunidades vegetais	-	-	IB	Erosão do solo, perda de habitat e biodiversidade, alteração do ecossistema	-	M	-		-	
Acidentes com espécies de morcegos	-	-	IB	Leva a perda da população de morcegos, e desequilíbrio ecológico pois ajudam na polinização e distribuição de sementes e controle de insetos.	-	-	A		-	OP
Acidentes com espécies de aves migratórias	-	-	IB	Perda da população de aves ,disseminação de doenças pois aves migratórias podem transportar doenças e parasitas de um local para outro, e os acidentes que envolvem essas aves podem aumentar o risco de disseminação de doenças.	-	-	A		-	OP

As análises feitas para desenvolver a tabela 1 de avaliação acima foi baseada em dados previstos no RIMA (relatório de Impacto Ambiental). Na primeira coluna listou-se as atividades que seriam impactadas de acordo com uma etapa específica da obra. Logo após, temos as colunas que identificam o meio que será percebido determinado impacto, podendo este ser um impacto sobre um meio Socioambiental, Físico ou Biótico, sendo essas descrições importante pois estabelecem um modo de distribuir, organizar e reconhecer de forma simplificada as áreas afetadas por cada etapa de construção, sendo assim, são distribuídas as classificações dos impactos para cada atividade na tabela utilizando as abreviações IF (impacto físico), IB (impacto Biótico) e IS (impacto socioambiental) para fácil reconhecimento e praticidade. Após essa categorização, é preciso avaliar os riscos associados as etapas executivas, logo é descrito os efeitos que serão decorrentes dessas interferências e como estes alteram as características naturais do meio que o envolve. Aqui temos um processo importante pois evidencia os resultados inerentes a essas mudanças sendo elas morfológicas, visual ou social.

Todos os recursos ditados fundamentam um modo essencial para fácil observação técnica dos problemas levantados. Alinhado a isso, a próxima coluna é de grande valia pois classifica o grau de risco associado a determinada alteração, é valido salientar que a classificação dada não é exaustiva, visto que existem outras classificações dadas a cada etapa além da atribuição exprimida na tabela como Baixo, Médio ou Alto risco. Outras formas de compreender esses impactos são evidenciados em outros atributos complementares como durabilidade, reversibilidade, Temporalidade, efeito negativo ou positivo, entre outros que são usados como parâmetros para classificar o risco potencial dos efeitos de determinada mudança no local, mensurar formas de combate, catalogar quantitativamente e qualitativamente as diversas possibilidades agressoras ao meio ambiente.

Por fim, temos a disposição da fase ao qual está sendo percebida cada processo citado. Essas fases dividem-se em projeto, implementação e operação e terão efeitos e atribuições específicas em cada momento, de modo geral durante o período de projeto nenhum efeito de alto ou médio risco foi apresentado, uma visão muito diferente da fase de implementação na qual decorrem a maior parte dos impactos levantados sendo eles de médio risco, distribuídos entre IF (impacto físico) e IB (impacto biótico). Por último, temos a fase de operação o qual observa-se atividades com grau elevado de risco e geralmente associados ao biótico.

Conforme apresentado na tabela 1, para a etapa de planejamento não se observa nenhum impacto sobre os meios físico e biótico. Nessa etapa, tem-se as expectativas geradas pela implementação do empreendimento com geração de emprego, arrecadação de impostas e movimentação da economia. Além disso, é durante essa etapa que haverá estudos técnicos na região, visando entender os possíveis efeitos na instalação do parque. É válido salientar as classificações de risco estabelecidas para cada atividade nessa etapa, em que todas elas foram classificadas de baixo risco e sem efeitos graves nessa fase, além de ter sua ocorrência durante o ciclo de projeto do empreendimento o que demanda uma necessidade no processo de informar a população sobre a necessidade da implantação do projeto e os benefícios atrelados a este.

Em seguida, Na etapa de implementação é possível descrever diversos impactos que serão provocados e destacar que a maioria desses são de médio risco significando sua potencialidade de reversão. Conforme caracterizado na tabela 1, haverá um grande impacto com supressão de vegetação, causando a fuga da fauna local, muito disso provocado pela abertura de estradas. Nessa fase, poderá acontecer alterações de habitat natural de espécies endêmicas, além de processos erosivos e alteração na estrutura morfológica local. Ainda na fase de implantação do empreendimento é comum observar a alteração na qualidade do ar, devido ao tráfego de máquinas, podendo causar prejuízos à saúde dos trabalhadores e da população do entorno. Outro impacto significativo é a geração de resíduos sólidos, podendo causar contaminação do solo e águas subterrânea, caso não seja devidamente tratado.

Os impactos relacionados com a fase de operação estão relacionados com o ruído provocado pelas máquinas, podendo causar danos à saúde da população. Cita-se também o risco de colisão de espécies da fauna voadora (Aves e Morcegos), aumentando o risco de morte e alterando de seu sistema de eco localização, desorientação acústica e rompimento de vasos sanguíneos em virtude da alteração da pressão atmosférica.

Nessa etapa se atribui uma classificação de alto risco, o qual apesar de seu efeito negativo quando bem analisado e seguindo processos adequados de acompanhamento; seus efeitos serão reversíveis. Não se observam impactos sobre a qualidade do ar, ou seja, um impacto positivo na operação dos aerogeradores, por se tratar de uma energia limpa e ter praticamente nulo a emissão de gases poluentes.

5.2 Medidas Mitigadoras aos Impactos Ambientais

De acordo com o RIMA para cada etapa da obra haverá alguma implicação no meio ambiente com repercussões positivas e negativas. Para combater esses impactos negativos e tentar manter o equilíbrio ambiental, é necessário dispor de contramedidas.

Segundo Aversa e Montanô (2019), existe uma subjetividade e dificuldade nos impactos ambientais, o que tornam difícil a mensuração dos seus efeitos, surge então a necessidade de estudos de viabilidade especificando definição de parâmetros e previsões futuras.

No Parque Eólico A, uma série de programas ambientais atribuídas para cada atividade específica. A tabela 7 apresenta a distribuição desses programas utilizados ao longo do processo de planejamento, implementação e operação do parque.

Tabela 2: Ações mitigadoras para cada impacto ambiental gerado

PROJETO/PLANEJAMENTO	IMPLANTAÇÃO		OPERAÇÃO	
	Meio físico	Meio biótico	Meio físico	Meio biótico
Programa de controle social	Programa de gestão Ambiental (PGA)	Programa de recuperação da flora	Programa de gestão Ambiental (PGA)	Programa de recuperação de áreas degradadas
	Programa controle ambiental de obras(PCAO)	Programa de educação ambiental	Programa controle ambiental de obras(PCAO)	Programa de controle e monitoramento processos erosivos e assoreamento
	Programa de controle e monitoramento de processos erosivos e assoreamento (PCMPA)	Programa de compensação florestal	Programa de gestão de resíduos sólidos (PGRS)	Programa de contratação e desmobilização da mão de obra
	Programa de gestão de resíduos sólidos (PGRS)	Programa de controle de emissão atmosférica	Programa de monitoramento da fauna voadora	Programa de educação ambiental
	Programa de recuperação de área degradadas (PRAD)	Programa de afugentamento e resgate da fauna silvestre	Programa de gestão Ambiental (PGA)	Programa de monitoramento de ruídos
	Programa de acompanhamento da supressão de vegetação	Programa de gestão de efluentes líquidos	Programa de educação ambiental	

		Programa de contratação e desmobilização da obra	Programa de controle de emissão atmosféricas	
		Programa de monitoramento da qualidade da água superficial	Programa de monitoramento de ruídos	
			Programa de eventual desativação do empreendimento	

Para a etapa de projeto/planejamento, não foi observado nenhum impacto estabelecido nos meios físicos ou biótico. Essa etapa está relacionada a uma produção de expectativas a população que irá ser beneficiada pela chegada do parque com possíveis movimentações de rendas oriundas de hospedagem, arrecadação tributária, geração de empregos. Foi adotado um Programa de Comunicação Social visando esclarecer à população sobre os efeitos do empreendimento e os objetivos do empreendedor.

O processo de Implementação mostrou com o maior número de programas ambientais que visam estabelecer a prevenção, controle, mitigação e/ou compensação sobre cada etapa. Relativo ao meio físico, existe um esforço no processo de programas de gestão ambiental na tentativa de assegurar o cumprimento das ações destinadas às mitigações direcionadas ao meio ambiente, consecutivamente o Programa de Controle de obras destinado ao processo organizacional adotada pela empresa e empreendedor no combate aos problemas vindouros.

Outros programas também terão os devidos destaques durante essa etapa a exemplo do combate aos processos erosivos, programas de áreas degradadas e programas de supressão vegetal realizando acompanhamento e orientação na remoção da vegetação existente, restringindo o máximo de supressão e aproveitando o material vegetal cortado.

Quando avaliado o processo biótico, muitos programas terão o seu foco no combate ao afugentamento de espécies endêmicas da região circundante como programa de afugentamento e resgate da fauna silvestre. Programa de recuperação da flora que consiste em procedimentos para salvamento e resgate de mudas, sementes, pequenos arbustos e árvores, ligada a essa também, está inserido programa de compensação florestal promovendo a recomposição da vegetação degradada.

A etapa de operação também haverá programas destinados à recuperação e monitoramento dos impactos desenvolvidos. Programas como monitoramento de ruído no intuito de verificar o impacto nos trabalhadores e comunidades próximas ao empreendimento, além de interferir em espécies voadoras, o que será combatido com programas de monitoramento da fauna voadora com ações corretivas de controle e supervisão visando atender a legislação e normas técnicas vigentes, além de ações combativas ao impacto de gestão de resíduos sólidos sendo esses alguns dos impactos que marcam essa fase.

Ações pré-definidas e bem planejadas, faz necessário para uma boa recuperação e combate aos efeitos a serem provocados pela implementação de uma obra. Além disso, a busca constante por ferramentas tecnológicas e estratégias modernas objetivando avaliar as diversas mudanças atreladas; ainda no processo de planejamento da obra, faz toda a diferença para um bom desempenho. Em um estudo desenvolvido por Katsaprakakis (2012), a utilização de softwares de modelagem buscando avaliar simulações com diferentes distâncias, contribuiu para uma análise crítica na avaliação de mudanças para o impacto visual, áreas de residências próximas, impactos na modelagem do relevo e vegetação local, essas ferramentas surgem como elemento contributivo de relevante para o combate de impactos negativos futuros. Exemplos de algumas ferramentas como:

1. ArcGIS, um software de Sistema de Informações Geográficas (SIG), amplamente utilizado, que permite a modelagem de terrenos por meio de ferramentas de análise espacial avançadas, como a criação de modelos de elevação digital (DEM) e a análise de declividade.
2. LIDAR (Light Detection and Ranging), é uma tecnologia de sensoriamento remoto que utiliza pulsos de laser para coletar dados de altitude e mapear a superfície do terreno em alta resolução. Esses dados podem ser processados em softwares de modelagem, como o Global Mapper, para criar modelos digitais de terreno extremamente detalhados. Essa precisão na modelagem do terreno permite uma análise mais precisa dos impactos ambientais, como a identificação de áreas de maior vulnerabilidade a deslizamentos de terra ou inundações, auxiliando na tomada de decisões para mitigar esses impactos.

Outro efeito bem característico dessa modalidade de empreendimento, está ligado à mortalidade da avifauna da região. Como já mencionado, aerogeradores interferem na eco localização de espécies locais e causam acidentes locais. Para Deshmukh *et al.* (2018), existem métodos computacionais específicos que auxiliam no design dos modelos de aerogeradores, principalmente nas pás, proporcionando minimização dos ruídos aerodinâmicos sem perder a eficiência do seu desempenho. Para Amett e May (2016), o desenvolvimento de mapas de risco de probabilidade de

impactos sobre essas espécies considerando seus padrões de voos, rotas de migração e habitats dessas aves, evidencia uma maneira eficiente de lidar na operação destes parques reduzindo suas consequências.

6.0 Conclusão

Os parques eólicos têm se tornado cada vez mais importantes no Nordeste do Brasil como fonte de energia renovável e limpa, contribuindo para a redução da emissão e gases do efeito estufa e para a diversificação da matriz energética do país. É inegável que esses empreendimentos trazem benefícios socioeconômicos para a região, como a geração de empregos e o desenvolvimento de novas tecnologias.

No entanto, é importante destacar que a implementação desses parques geram impactos ambientais como alteração da paisagem, fragmentação de habitats, colisão de aves e a perturbação da fauna local. Por isso, é fundamental que sejam realizados estudos de impacto ambiental para avaliar os efeitos das atividades sobre o meio ambiente e que sejam adotadas medidas de mitigação e compensação dos danos causados. Apesar da contribuição do recurso eólico ser da ordem de 6% da matriz elétrica nacional, sua potencialidade e recursos variados são fatores que evidenciam um grande potencial ainda não explorado no país. Dessa forma, é necessário que os parques eólicos sejam implantados de forma sustentável, levando em consideração a proteção do meio ambiente e a preservação da biodiversidade, além de promover o desenvolvimento socioeconômico da região para que assim possa haver uma contribuição positiva na transição energética do país de forma responsável e consciente.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, O. A. C.; ZACK, M. B. J.; SÁ, A. L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília: MME, ELETROBRAS, CEPEL, CRESESB, TrueWind Solutions e Camargo Schubert Engenharia Eólica, 2001

ANEEL. ANEEL **ultrapassa em mais de 800 MW a meta de expansão da geração em 2020**. Disponível em: < <https://electraenergy.com.br/aneel-ultrapassa-em-mais-de-800-mw-a-meta-de-expansao-da-geracao-em-2020/#:~:text=Com%20esse%20resultado%2C%20a%20ANEEL,Dez%20estados%20conclu%C3%ADram%20novos%20empreendimentos.>> Acesso em: 25 de Maio de 2023.

ARAÚJO, RS et al. **Energia eólica no Nordeste: desafios e oportunidades**. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 7, n. 19, pág. 90-107, 2018.

ABEEÓLICA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. *Boletim anual de geração eólica 2021*. Disponível em < https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/07/ABEEOLICA_BOLETIMANUAL-2021_PORT.pdf>. Acesso em 17 de março de 2023.

ABEEÓLICA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. *Boletim anual de geração eólica 2016*. 2016. Disponível em <<http://www.abeeolica.org.br>>. Acesso em 17 de março de 2023.

AVERSA, Izabella de Camargo; MONTAÑO, Marcelo. A defasagem de conhecimento na prática na Avaliação de Impacto Ambiental em projetos de energia eólica.

DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE, [S.L.], v. 52, p. 114-141, 30 dez. 2019. Universidade Federal do Paraná

ANEEL - **AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. BD SIGA**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 19 fev. 2023.

ARNETT, Edward B; MAY, Roel F. Mitigating wind energy impacts on wildlife: approaches for multiple taxa. **Human–Wildlife Interactions**, [S.I.], v. 10, n. 1, p. 28-41, set. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA -**ABEEÓLICA**. **InfoVento 19. Fevereiro de 2021**. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2021/02/2021_02_18_InfoVento19.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2023.

BRASIL, **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, [...] Brasília: Presidência da República [2012]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em 19 Maio. 2023.

BRASIL, **LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República [2012]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em 19 Maio. 2023.

BRASIL, **LEI COMPLEMENTAR Nº 140, DE 8 DE DEZEMBRO DE 2011**. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do **caput** e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília: Presidência da República [2011]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm. Acesso em 27 abr. 2023.

BRASIL, **LEI N.º 16.844, DE 06.03.19 (D.O. 07.03.19)**.. Brasília: Presidência da República [2012]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em 19 Maio. 2023.

BRASIL, **LEI COMPLEMENTAR N° 231, 13 de janeiro 2021**. Institui o sistema estadual do meio ambiente – SIEMA, e o fundo estadual do meio ambiente – FEMA, reformula a política estadual do meio ambiente. Diário oficial da União, FORTALEZA [2021]. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2021/09/Lei-Complementar-no-231-de-13-de-Janeiro-de-2021-Instituiu-o-Sistema-Estadual-do-Meio-Ambiente-SIEMA-e-criou-o-Fundo-Estadual-do-Meio-Ambiente-FEMA.pdf>. acesso em 27 abr. 2023

CEARÁ. **Lei Estadual n° 16.844, de 17 de janeiro de 2019**. Estabelecer a Política Estadual de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Ceará, com o objetivo de promover a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, além de estabelecer diretrizes para o desenvolvimento sustentável. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, 17 jan. 2019. Disponível em: <http://www.al.ce.gov.br> . Acesso em: 23 Abr 2023.

CEARÁ. Lei n° 14.374, de 15 de julho de 2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, 16 jul. 2009. Disponível em: <http://pesquisa.doe.seplag.ce.gov.br/doespesquisa/sead.do?page=ultimasEdicoes&cmd=11&action=Ultimas>. Acesso em: 25 Abr 2023.

COSTA, JB; SILVA, FJS; PINTO, MCM; ALBUQUERQUE, PC **Regiões com potencial eólico no Nordeste Brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar**, 7, 2018, Natal. Anais... Natal: CBENS, 2018. p. 205-210.

CONAMA. **Resolução n° 001 de 23 de janeiro 1986**. Define as situações e estabelece os requisitos e condições para desenvolvimento de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial da União. Brasília.

DANTAS, AC; ROCHA, EM **Energia eólica: uma alternativa para a redução das emissões de gases de efeito estufa e diversificação da matriz energética brasileira**. Ambiente & Sociedade, v. 21, n. 2, pág. 41-60, 2018.

IRENA. **Renewable Capacity Statistics 2021. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA), 2021**. Disponível em: <https://www.irena.org/>

/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Mar/IRENA_Renewable_Capacity_Statistics_2021.pdf . Acesso em: 10 de maio de 2023.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: Acesso e utilização de serviços de infraestrutura urbana 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Acesso em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2789/pnud_2019_20191219.pdf . Acesso em: 10 mai. 2023.

SANTOS, M. A Natureza do Espaço. São Paulo: Edusp, 2012._____, M. Técnica, Espaço e Tempo. São Paulo: Edusp, 2013._____,M.; SILVEIRA, M. L. O Brasil: Território e sociedade no início do século XXI. Rio de Janeiro: Record, 2006

LOAIRE, S. R.; ASNER, G. P.; FIELD, C. B. Boosted carbon emissions from Amazon deforestation. **Geophysical Research Letters**, v. 36, L14810, 2009. <http://dx.doi.org/10.1029/2009GL037526>.

SILVA, JCS, & PINHEIRO, LA. **A Energia Eólica no Nordeste do Brasil: Um Estudo do Potencial de Geração de Energia Elétrica.** Anais do V Congresso Nacional de Excelência em Gestão, pag. 1-12 (2008)

Xue, B., Ma, Z., Geng, Y., Heck, P., Ren, W., Tobias, M., Maas, A., Jiang, P., Oliveira, J. A. P., Fujita, T., 2015. **A life cycle co-benefits assessment of wind power in China.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews* v. 41, p. 338-346, 2015.

ZANOTELLI, Aline; AMARAL FILHO, João. **A importância da educação ambiental para a preservação do meio ambiente.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 16, n. 2, pág. 93-98, 2016.