



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**



JULIANE CAPUTO COSTA

**IMPACTOS AMBIENTAIS DE COMPLEXOS EÓLICOS E DE PARQUES SOLARES: UMA
OUTRA REALIDADE NA FASE DE OPERAÇÃO?**

TRABALHO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Ouro Preto, 2019

JULIANE CAPUTO COSTA

**IMPACTOS AMBIENTAIS DE COMPLEXOS EÓLICOS E DE PARQUES SOLARES: UMA
OUTRA REALIDADE NA FASE DE OPERAÇÃO?**

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Engenheiro Ambiental

Orientadora: Prof^a Dr^a Auxiliadora Maria Moura Santi

Ouro Preto, 2019.

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C837i Costa, Juliane Caputo .
Impactos ambientais de complexos eólicos e de parques solares [manuscrito]:
uma outra realidade na fase de operação?. / Juliane Caputo Costa. - 2019.
99 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Auxiliadora Maria Moura Santi.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas.

1. Energia eólica. 2. Geração de energia fotovoltaica. 3. Energia - Fontes
alternativas - Impacto ambiental. I. Santi, Auxiliadora Maria Moura. II. Universidade
Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 502/504

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB:1716

JULIANE CAPUTO COSTA

**IMPACTOS AMBIENTAIS DE COMPLEXOS EÓLICOS E DE PARQUES
SOLARES: UMA OUTRA REALIDADE NA FASE DE OPERAÇÃO?**


Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado, em 05 de dezembro de 2019, pela
Comissão Avaliadora constituída pelos seguintes membros:



Auxiliadora Maria Moura Santi (orientadora)
Escola de Minas - UFOP



Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausínio (membro)
Escola de Minas - UFOP



Fidélis Bitencourt Gonzaga Louzada e Estanislau (membro)
Escola de Engenharia – UFMG

A Deus,
e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Aduino e Maria Inês, à minha irmã Caroline e ao meu marido Fernando por sempre acreditarem no meu potencial e por me incentivarem a trilhar essa jornada acadêmica.

Agradeço também a todos os professores da Universidade Federal de Ouro Preto que contribuíram com a construção do meu conhecimento e, principalmente, à minha orientadora, professora Doutora Auxiliadora Maria Moura Santi, pela constante solicitude e competência técnica a mim concedidas para que a confecção desse trabalho se tornasse possível.

RESUMO

Os impactos ambientais associados projetos de geração eólica e solar fotovoltaica são considerados, pelo senso comum, relativamente pequenos e, na maioria das vezes, referem-se, somente, à fase de operação. A partir dessa premissa, julgou-se interessante identificar e avaliar os impactos ambientais, juntamente com as suas características e seus atributos, tanto na fase de instalação, quanto na fase de operação desse tipo de empreendimento, de modo a quantificar quantos impactos ocorrem nas respectivas fases de instalação e operação, e verificar aqueles que são irreversíveis ou de longa duração, gerados na fase de instalação, os quais deveriam se somar aos impactos gerados durante a operação de tais usinas. Para isso, foram selecionados quatro projetos de usinas eólicas, com capacidade instalada de 70MW e 30 MW, e usinas solares fotovoltaicas, com capacidade instalada de 50 MW e 196 MW, a serem desenvolvidos na região Nordeste do Brasil, e para os quais foram realizados EIA/RIMA, disponibilizados pelos órgãos ambientais em suas respectivas páginas na Internet. Para os empreendimentos eólicos, foram identificados 78 impactos ambientais negativos, na fase de instalação e 7 impactos negativos na fase de operação, para a usina de 70 MW; 76 impactos negativos na fase de instalação e 7 impactos negativos na fase de operação, para a usina de 30 MW. Para os empreendimentos solares fotovoltaicos foram identificados 68 impactos negativos, na fase de instalação e 5 impactos negativos, na fase de operação, para usina de 50 MW; 90 impactos negativos, na fase de instalação e 3 impactos negativos na fase de operação, para a usina de 196 MW. Tais resultados demonstram que, a fase de instalação dos empreendimentos de geração eólica e de geração solar fotovoltaica causa significativos impactos ambientais nas áreas onde esses projetos são implantados, embora haja uma idéia generalizada de que eles interferem pouco nos compartimentos ambientais, ficando visíveis ao público, somente os impactos relacionados à fase de operação.

Palavras-Chave: Energia eólica. Energia solar fotovoltaica. Impactos ambientais.

ABSTRACT

The environmental impacts associated with wind and solar photovoltaic generation projects are considered, by common sense, to be relatively small and, in most cases, refer only to the operational phase. From this premise, it was considered interesting to identify and evaluate environmental impacts, along with their characteristics and attributes, both in the implementation phase and in the operation phase of this type of project, in order to quantify how many impacts occur in the respective implementation and operation phases, and check those that are irreversible or long-term, generated in the implementation phase, which should add to the impacts generated during the operation of such plants. To this end, four wind power projects with an installed capacity of 70MW and 30 MW were selected, and photovoltaic solar plants with an installed capacity of 50 MW and 196 MW, to be developed in the Northeast of Brazil, and for which EIA were carried out. / RIMA, made available by environmental agencies on their websites. For wind farms, 78 negative environmental impacts were identified in the implementation phase and 7 negative impacts in the operation phase for the 70 MW plant; 76 negative impacts in the implementation phase and 7 negative impacts in the operation phase, for the 30 MW plant. For solar photovoltaic projects, 68 negative impacts were identified in the implementation phase and 5 negative impacts in the operation phase for a 50 MW plant; 90 negative impacts in the implementation phase and 3 negative impacts in the operation phase for the 196 MW plant. These results show that the implementation phase of wind and solar photovoltaic projects has significant environmental impacts in the areas where these projects are implemented, although there is a widespread idea that they interfere little with environmental compartments, being visible to the public, only impacts related to the operating phase.

Keywords: Wind Energy. Photovoltaic solar energy. Environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira	5
Figura 2 - Fontes primárias de energia no mundo.....	6
Figura 3 - Evolução da matriz elétrica mundial.....	7
Figura 4 - Evolução da matriz energética brasileira	7
Figura 5 - Desenho esquemático de uma turbina eólica moderna	9
Figura 6 - Mapa temático: velocidade média anual de vento a 50 m de altura	13
Figura 7 - Potencial eólico estimado para vento médio anual igual ou superior a 7,0 m/s	15
Figura 8 - Matriz elétrica do Brasil	16
Figura 9 - Capacidade instalada de geração eólica no Brasil (MW) e distribuição do número de parques eólicos por Estado de Federação.....	18
Figura 10 - Complexo eólico em Caetité, BA	19
Figura 11 - Sistema de geração, transformação e transmissão de energia	22
Figura 12 - Evolução da capacidade instalada de energia solar no mundo	24
Figura 13 - Distribuição dos climas característicos no território brasileiro	26
Figura 14 - Rendimento energético anual	27
Figura 15 - Potência instalada de geração distribuída solar fotovoltaica no Brasil (MW)	28
Figura 16 - Potência instalada (MW) e status de geração centralizada solar fotovoltaica por estado	29
Figura 17 - Parque Solar Horizonte, localizado em Tabocas do Brejo Velho, BA	30
Figura 18 - Área de instalação do Complexo Eólico Amontada.....	43
Figura 19 - Área de instalação do Parque Eólico Ventos de São Miguel.....	51
Figura 20 - Área de instalação da Central Geradora Solar Fotovoltaica Tauá.....	60
Figura 21 - Área de instalação da Usina Solar Fotovoltaica UFV Lavras	69
Figura 22 - Impactos ambientais do Complexo Eólico Amontada	74
Figura 23 - Impactos ambientais do Parque Eólico Ventos de São Miguel	74
Figura 24 - Impactos ambientais da Central Fotovoltaica Tauá.....	75
Figura 25 - Impactos ambientais da UFV Lavras.....	1
Figura 26 - Comparação dos impactos ambientais da fase de instalação para os quatro empreendimentos	76
Figura 27 - Comparação dos impactos ambientais da fase de operação para os quatro empreendimentos	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Geração eólica bruta e capacidade cumulativa instalada de turbinas eólicas nos diferentes continentes	11
Tabela 2 - Potencial eólico - elétrico estimado no Brasil, calculado por integração de áreas nos mapas temáticos	14
Tabela 3 - Recordes de despacho de carga no Brasil	17
Tabela 4 - Geração e potência instalada no mundo	23
Tabela 5 - Top 10 - Países com maior capacidade instalada em geração solar.....	25
Tabela 6 - Complexo Eólico Amontada: Classificação dos impactos da fase de instalação segundo atributos	48
Tabela 7 - Complexo Eólico Amontada: Classificação dos impactos da fase de operação segundo atributos	49
Tabela 8 - Parque Eólico Ventos de São Miguel: Classificação dos impactos da fase de instalação segundo atributos	57
Tabela 9 - Parque Eólico Ventos de São Miguel: Classificação dos impactos da fase de operação segundo atributos	58
Tabela 10 - Central Solar Fotovoltaica Tauá: Classificação dos impactos da fase de instalação segundo atributos	66
Tabela 11 - Central Solar Fotovoltaica Tauá: Classificação dos impactos da fase de operação segundo atributos	67
Tabela 12 - Usina Solar Fotovoltaica - UFV Lavras: Classificação dos impactos ambientais da fase de instalação e fase de operação segundo atributos	72
Tabela 13 - Características dos empreendimentos eólicos e fotovoltaicos.....	79
Tabela 14 - Número de impactos ambientais adversos irreversíveis na fase de instalação dos empreendimentos	81

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo geral	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. Considerações iniciais	5
3.2. Energia eólica	8
3.2.1. Cenário mundial da energia eólica	11
3.2.2. Cenário brasileiro da energia eólica	12
3.3. Energia solar fotovoltaica	20
3.3.1. Cenário mundial de energia solar fotovoltaica	22
3.3.2. Cenário brasileiro da energia solar fotovoltaica	25
3.4. Legislação ambiental pertinente	30
4. METODOLOGIA	37
4.1. Revisão bibliográfica	37
4.2. Estudo de caso	38
4.3. Identificação, compilação e análise de dados	38
4.4. Estruturação lógica e redação do trabalho	39
5. RESULTADOS	40
5.1. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA	40
5.2. Avaliação dos Relatórios de Impacto Ambiental dos empreendimentos eólicos	41
5.2.1. AMONTADA, CEARÁ - COMPLEXO EÓLICO AMONTADA	41
5.2.2. PARAZINHO, RIO GRANDE DO NORTE - PARQUE EÓLICO VENTOS DE SÃO MIGUEL	50
5.3. Avaliação dos Relatórios de Impacto Ambiental dos empreendimentos de geração solar fotovoltaica	59
5.3.1. TAUÁ, CEARÁ - CENTRALGERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA DE TAUÁ	59
5.3.2. CAUCAIA, CEARÁ - USINA SOLAR FOTOVOLTAICA - UFV LAVRAS	68
5.4. Análises gráficas	73

5.4.1. Análise gráfica dos impactos ambientais de cada empreendimento.....	73
5.4.2. Análise gráfica comparativa dos impactos ambientais por tipo de empreendimento	76
5.4.3. Comparação dos impactos ambientais por área e capacidade instalada de cada empreendimento	78
5.4.4. Comparação dos impactos ambientais com base no atributo reversibilidade	81
6. CONCLUSÃO	83
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

1. INTRODUÇÃO

As fontes de energia renováveis, utilizadas cada vez mais no mundo, na atualidade, apresentam um ciclo de renovação em escala de tempo humana, tendo então a característica de não se esgotarem. Além disso, são muito mais "limpas" quando comparadas às fontes não renováveis, como por exemplo o petróleo, o carvão mineral e o gás natural, que são muito poluidoras e, quando passam por processos para geração de energia térmica ou elétrica, liberam o gás dióxido de carbono (CO₂), o principal gás de efeito estufa, juntamente com outros gases, que, sendo emitidos para a atmosfera, causam poluição do ar. Mesmo assim, ainda hoje, as fontes de energia não renováveis são utilizadas em larga escala em todo o mundo.

A energia solar fotovoltaica e a energia eólica são dois tipos de fontes renováveis de energia que têm se desenvolvido bastante no Brasil, nos últimos anos, o que tem sido favorecido pelas condições climáticas favoráveis que se estendem pelo território nacional. Das regiões brasileiras, a Região Nordeste é a que apresenta níveis elevados de insolação e maior potencial eólico, com periodicidade e velocidade dos ventos muito favoráveis ao seu aproveitamento para a geração de eletricidade, sendo, portanto, amais interessante do país, para o desenvolvimento de empreendimentos eólicos e solar fotovoltaico.

Apesar dos processos de transformação de energia solar fotovoltaica e eólica serem considerados "limpos", eles também geram impactos ambientais, causando diversos desequilíbrios ao ambiente, mesmo que em menor proporção, quando comparadas às fontes não renováveis.

Os impactos ambientais provenientes dos empreendimentos de geração de energia solar fotovoltaica e de energia eólica podem ocorrer tanto na fase de instalação do empreendimento, quanto na fase de operação. Porém, como diversas vezes é relatado, em informes e, até mesmo, em trabalhos técnico-científicos que abordam a geração eólica e a solar fotovoltaica, e, principalmente, quando comparadas com a geração de eletricidade a partir do carvão mineral ou do gás natural ou da energia hidráulica, os impactos ambientais associados a tais projetos

são considerados relativamente pequenos e, na maioria das vezes, referem-se à fase de operação.

Assim sendo, julgou-se importante identificar e avaliar os impactos ambientais, juntamente com as suas características e seus atributos, tanto na fase de instalação, quanto na fase de operação desses projetos, para que se possa explicitar aqueles que são causados pelas intervenções no ambiente, durante a instalação do empreendimento, os quais acabam ficando muitas vezes esquecidos ou subestimados, quando da expressão das virtudes ambientais de tais empreendimentos. Muitos desses impactos são permanentes e vão se superpor àqueles gerados durante a operação dessas usinas.

Dessa forma, pretendeu-se realizar uma avaliação dos impactos ambientais nas diferentes fases do projeto, e, considerando as características e os atributos de cada um deles, de modo a ser possível estabelecer conclusões sobre os reais impactos causados ao meio ambiente, e mais, se tais impactos estendem-se ao longo da vida das usinas eólicas e solares fotovoltaicas.

Há que se destacar que, quando a análise dos impactos ambientais de usinas de geração de eletricidade utilizando fontes renováveis são avaliados na perspectiva da sustentabilidade ambiental, no geral, e, em particular, em relação ao combate às mudanças climáticas, não se tem o que discutir. São melhores para tal finalidade, haja vista o crescimento de sua participação na matriz elétrica mundial e brasileira. As usinas eólicas e as usinas solares fotovoltaicas não emitem gases de efeito estufa e, portanto, na etapa de conversão da energia primária em eletricidade, não ocorre geração de dióxido de carbono.

Uma importante ferramenta que possibilita a análise dos impactos ambientais provenientes de diferentes empreendimentos eólicos e solar fotovoltaicos é o documento denominado Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), que tem a função de comunicar, em linguagem acessível à população, o que foi avaliado e concluído no Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

O EIA, apesar de também ser um relatório técnico, é muito mais descritivo e complexo que o RIMA, possuindo informações mais detalhadas sobre toda a avaliação de impactos ambientais realizada e sobre as possíveis consequências para o meio ambiente, que poderão advir da instalação e operação de um determinado projeto.

Destaca-se que o EIA e o RIMA são instrumentos a serem submetidos à aprovação do órgão ambiental estadual ou ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com o intuito de se obter o licenciamento de qualquer empreendimento que cause, ou possa *causar significativo impacto ambiental* no meio ambiente, de modo a modificar a sua estrutura original, como forma de prevenir ou mitigar tais impactos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar a real extensão dos impactos ambientais de complexos eólicos e parques solares, na fase de operação de tais empreendimentos.

2.2 Objetivos específicos

- Identificação dos impactos ambientais previstos para cada um deles, levando-se em consideração as fases de instalação e de operação;
- Proposição de indicadores de impacto ambiental em função de critérios de projeto dos parques solares e eólicos.
- Análise dos impactos ambientais com base em seus atributos: caráter, magnitude, duração, ordem, escala, importância, condição, temporalidade, cumulatividade e sinergia;
- Verificação da existência de impactos da fase de instalação que podem se estender até a fase de operação do empreendimento;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

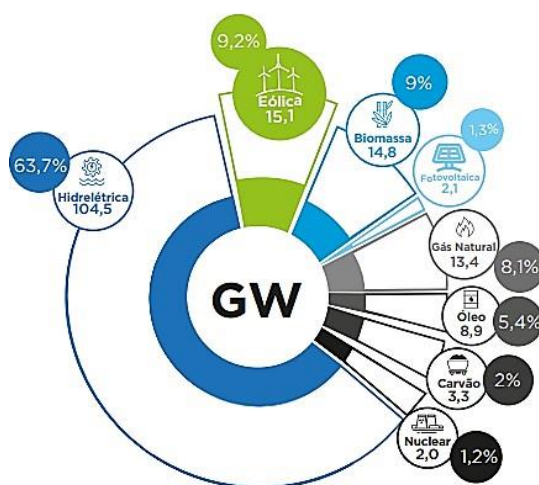
3.1 Considerações iniciais

A Oferta Interna de Energia, ou matriz energética, como é conhecida, representa o conjunto de fontes de energia disponíveis para serem transformadas, distribuídas ou consumidas nos processos produtivos, nas residências, para iluminação pública, no transporte e no próprio setor energético. A matriz elétrica, por sua vez, é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de eletricidade (EPE, 2019).

Devido à abundância de cursos d'água espalhados por quase todo o território brasileiro, a fonte hidrelétrica está no topo da matriz elétrica brasileira. Porém, nos últimos anos, a implementação de políticas públicas tem aumentado a participação de outras fontes nessa matriz.

Na Figura 1, pode-se observar o gráfico com a participação de fontes de geração de eletricidade na matriz elétrica brasileira, no final de 2018. É interessante ressaltar que, no final do ano de 2017, a contribuição da energia eólica para a geração de eletricidade foi de 8,1% e da energia solar fotovoltaica foi de 2,1% (ABEEÓLICA, 2019).

Figura 1: Matriz Elétrica Brasileira (Dados em GW)

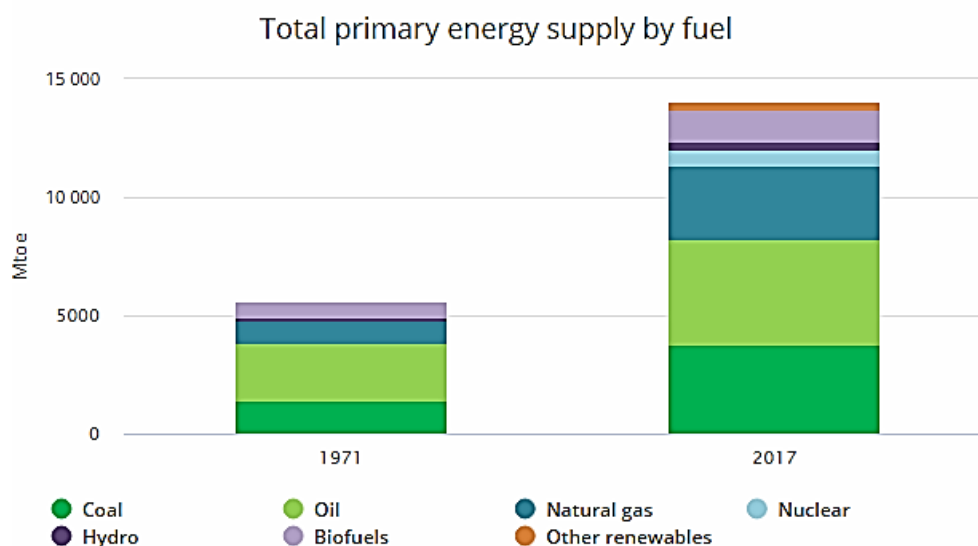


Fonte: ABEEÓLICA (2019)

Em nível mundial, as fontes de energia primária vem sendo fortemente marcadas pela participação do carvão mineral, derivados de petróleo e gás natural, como pode ser observado na Figura 2, que apresenta dados para os anos de 1971 e 2017 (IEA, 2018).

A produção mundial de energia foi de 14.035 Mtep, em 2017, tendo sido registrado um aumento de 2,2% em relação à 2016. Esse aumento foi impulsionado pelo carvão mineral e o gás natural, ambos aumentando em mais de 120 Mtep, e por fontes renováveis que não são hidráulicas e biocombustíveis, que cresceram um pouco mais de 30 Mtep (IEA, 2018).

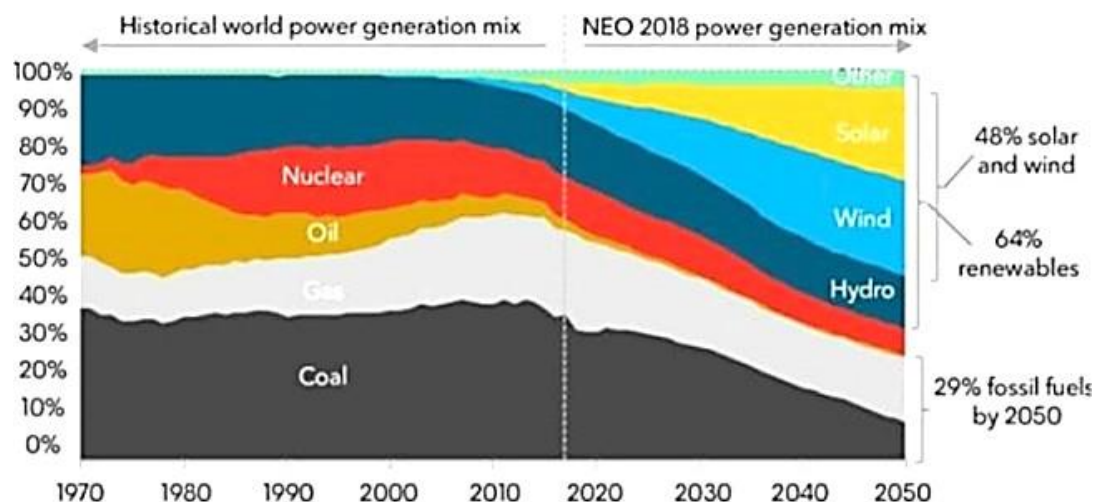
Figura 2: Fontes primárias de energia no mundo (2017)



Fonte: IEA (2018)

A matriz elétrica mundial é mostrada na Figura 3, onde é possível se observar a evolução da Matriz Elétrica Mundial em valores de porcentagem uma projeção até para o ano de 2050.

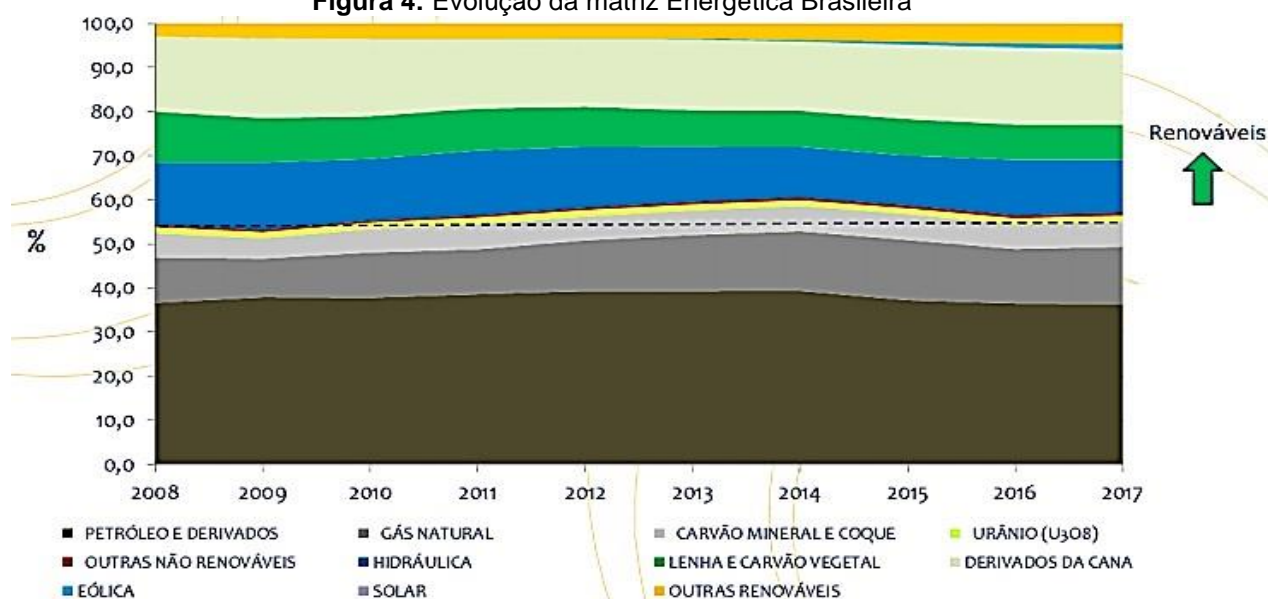
Figura 3: Evolução da matriz elétrica mundial



Fonte: NHSOLAR (2019)

O gráfico da Figura 4 representa a matriz energética brasileira, com as mudanças registradas entre os anos de 2008 e 2017. É possível notar que houve uma redução da participação das fontes renováveis na matriz energética entre os anos de 2011 e 2014 devido à queda da oferta hidráulica. A partir do ano de 2015, as fontes renováveis retomaram uma trajetória de crescimento, com a expansão das ofertas de derivados da cana, biodiesel e eólica, atingindo 42,9% em 2017 (EPE, 2018).

Figura 4: Evolução da matriz Energética Brasileira



Fonte: EPE (2018)

3.2. Energia eólica

A energia eólica, inesgotável e sedutora em tempos de recursos energéticos escassos, pode ser definida como a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). O seu aproveitamento se dá por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cataventos (e moinhos), para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água (ANEEL, 2018).

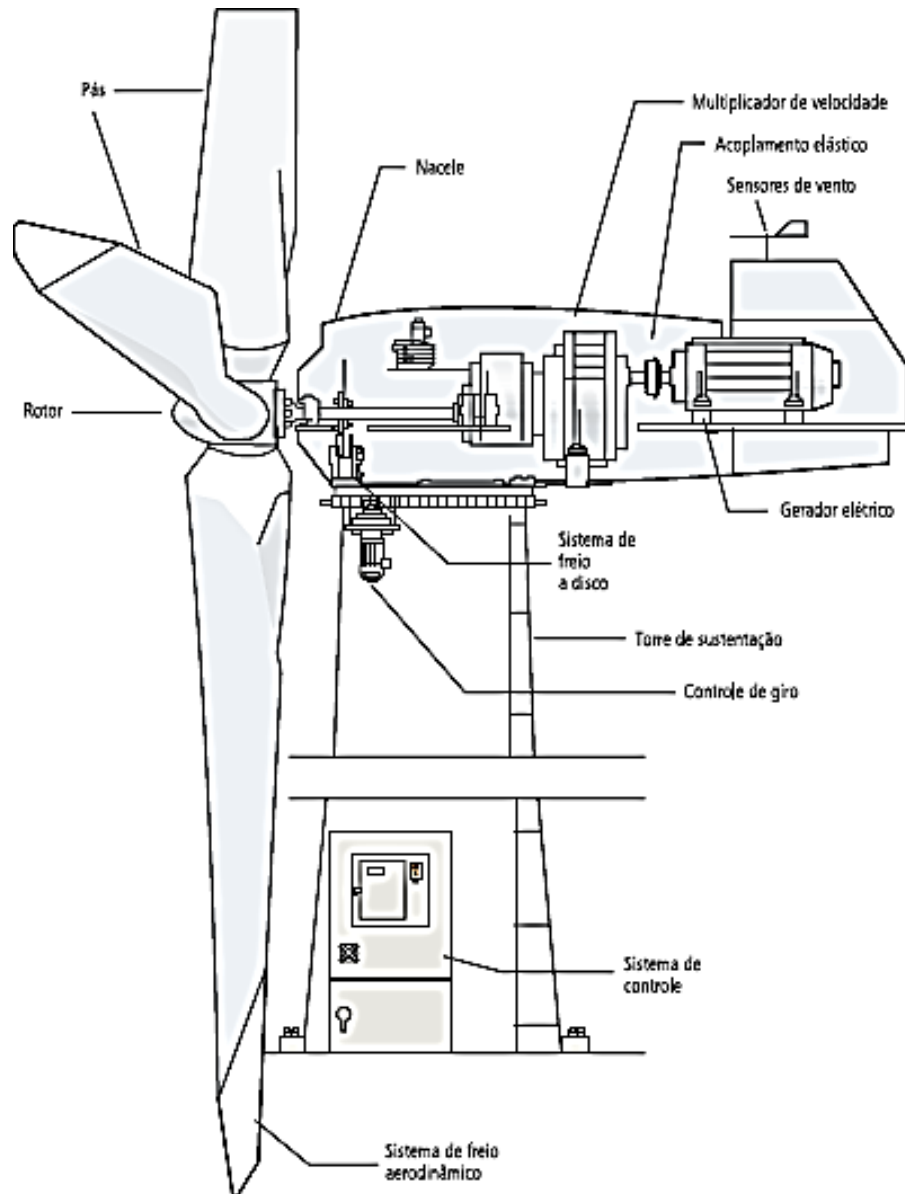
O vento é gerado pelo aquecimento não homogêneo da atmosfera, que é uma consequência das irregularidades da superfície terrestre (por exemplo terra versus mar), da rotação da terra (noite versus dia) e da forma quase esférica do nosso planeta. As massas de ar mais quentes sobem na atmosfera e geram zonas de baixa pressão junto à superfície. Como consequência, massas de ar frio deslocam-se para essas zonas de baixa pressão e dão origem ao vento (MME, 2016).

Os aerogeradores são máquinas eólicas que absorvem parte da potência cinética do vento através de um rotor aerodinâmico, convertendo em potência mecânica de eixo, a qual é transformada em potência elétrica através de um gerador elétrico. Os principais componentes de uma turbina eólica moderna de eixo horizontal são (VARELLA et al, 2018):

- Rotor: Componente destinado a captar energia cinética dos ventos e convertê-la em energia mecânica no eixo;
- Torre: Responsável pela sustentação da turbina, eleva os rotores a altura desejada. Tem entre 50 a 80 metros de altura;
- Sistema de transmissão/multiplicação: Mecanismo que transmite a energia mecânica do eixo do rotor ao eixo do gerador.
- Gerador: Equipamento de conversão eletromecânica que promove a transformação de energia mecânica de rotação em energia elétrica.
- Nacelle: Cabina na qual se encontra o gerador e outros dispositivos.

Na Figura 5, é possível observar o desenho esquemático de uma turbina eólica moderna.

Figura 5: Desenho esquemático de uma turbina eólica moderna.



Fonte: CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA – CBEE / UFPE. 2000.

Quanto ao porte, as turbinas eólicas podem ser classificadas da seguinte forma:

- Pequenas: potência nominal menor que 500 kW;
- médias: potência nominal entre 500 kW e 1000 kW;
- grandes: potência nominal maior que 1 MW.

A primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca. Atualmente, existem mais de 30 mil turbinas eólicas em operação no mundo (ANEEL, 2019).

3.2.1. Cenário mundial da energia eólica

A geração eólica bruta e a capacidade cumulativa instalada de turbinas eólicas nos diferentes continentes, no ano de 2017, de acordo com o BP Statistical Review of World Energy, edição 67, podem ser observadas na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Geração eólica bruta e a capacidade cumulativa instalada de turbinas eólicas nos diferentes continentes

Região	Geração Eólica Bruta (TWh/ano)	Capacidade Cumulativa Instalada (MW/ano)
América do Norte	301,1	104.070
América do Sul e Central	57,2	17.415
Europa	383,4	178.314
Oriente Médio	1,0	434
África	11,8	4.492
Ásia Pacífico	366,8	209.977
TOTAL	1122,7	514.798

Fonte: BP Statistical Review of World Energy, edição 67 (2018).

Segundo a GLOBAL WIND STATISTICS - 2017, documento anual com dados mundiais de energia eólica, elaborado pelo Global Wind Energy Council (GWEC), os países China, Estados Unidos, Alemanha e Índia, juntos, detêm 68% da capacidade instalada de geração eólica no mundo¹.

¹A capacidade instalada corresponde à capacidade máxima que uma unidade produtora pode produzir se trabalhar ininterruptamente, sem que seja considerada nenhuma perda.

ANDRADE et al, (2013) destacaram que outras regiões da Terra têm potencial para ser aproveitado por apresentarem as condições naturais básicas necessárias, que são ventos constantes até 50 m de altitude, com velocidade de 7 m/s a 8 m/s. Entre essas regiões estão o Brasil e o continente africano.

Ainda de acordo com a GLOBAL WIND STATISTICS de 2017, o Brasil ocupa o oitavo lugar no ranking de capacidade instalada de produção de energia eólica, referente ao valor de 12,763 GW, distribuídos por 458 parques eólicos espalhados pelo país, correspondendo a 2% do quadro global.

Segundo estatísticas realizadas pelo Global Wind Energy Council (GWEC), em 2017, foram anexados um total de 52,57 GW de potência instalada à produção mundial, totalizando 539,58 GW de capacidade instalada global.

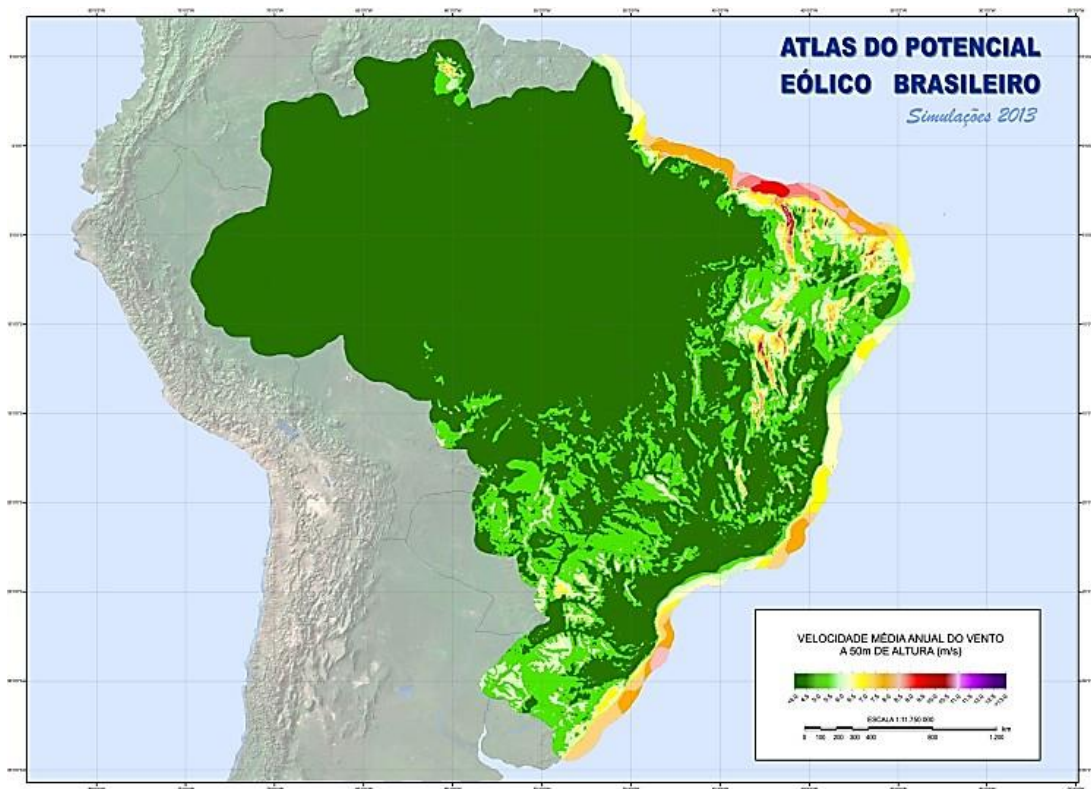
3.2.2. Cenário brasileiro da energia eólica

O Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB/CEPEL) realizou, em 2001, um estudo com o objetivo de fornecer informações para capacitar tomadores de decisão na identificação de áreas adequadas para aproveitamentos eólicos para geração de eletricidade. O resultado da pesquisa, que cobriu todo o território nacional, deu origem ao Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Em 2013 foi feita uma nova edição do Atlas, com o intuito de apresentar para a sociedade os primeiros resultados obtidos com a atualização dos dados.

Na Figura 6, é possível observar o Mapa temático de velocidade média anual de vento a 50 m de altura (expressa em m/s), que foi feito tendo como base as simulações realizadas com o modelo de meso-escala Brams².

²A Meso-escala Brams é uma versão brasileira do modelo numérico RAMS (Regional Atmospheric Modeling System) e é bem difundido no meio acadêmico, sendo bastante utilizado para a previsão do tempo, em estudos de brisa marítima, na simulação de sistemas convectivos de mesoescala, simulações climáticas e aplicado na modelagem de dispersão atmosférica, dentre outros. O RAMS, no qual está fundamentado o BRAMS, foi desenvolvido pela Universidade do Colorado (CSU – Colorado State University) e é o resultado da combinação de dois modelos existentes inicialmente na CSU: o modelo de nuvem/mesoescala (Tripoli e Cotton, 1982) e o modelo de brisa marítima descrito por Marher e Pielke (1977). O BRAMS utiliza uma grade computacional alternada do tipo C de Arakawa (Messinger e Arakawa, 1976), onde as variáveis termodinâmicas e de umidade são definidas nos mesmos pontos da grade, enquanto as componentes u, v e w do vento são intercaladas em $\Delta x/2$, $\Delta y/2$ e $\Delta z/2$, respectivamente (Biazeto, 2007).

Figura 6: Mapa temático de velocidade média anual de vento a 50 m de altura



Fonte: CRESEB.CEPEL (2013)

Por meio da integração dos mapas digitais, utilização de recursos de geoprocessamento, cálculos de desempenho e produção de energia elétrica a partir de curvas de potência de turbinas eólicas existentes no mercado, os valores calculados, para velocidades médias anuais iguais ou superiores à 7 m/s, em altura de 50 m, podem ser observados na Tabela 2. O potencial eólico brasileiro total estimado foi da ordem de 143 GW.

Tabela 2: Potencial eólico-elétrico estimado do Brasil, calculado por integração de áreas nos mapas temáticos.

Região	Vento (m/s)	Área Cumulativa (km ²)	Potência Instalável (GW)	Energia Anual (TWh/ano)
Norte	≥7	6.420	12,84	26,45
Nordeste	≥7	37.526	75,05	144,29
Centro-Oeste	≥7	1.541	3,08	5,42
Sudeste	≥7	14.869	29,74	54,93
Sul	≥7	11.379	11,76	41,11
Total Brasil	≥7	71.735	143,47	272,20

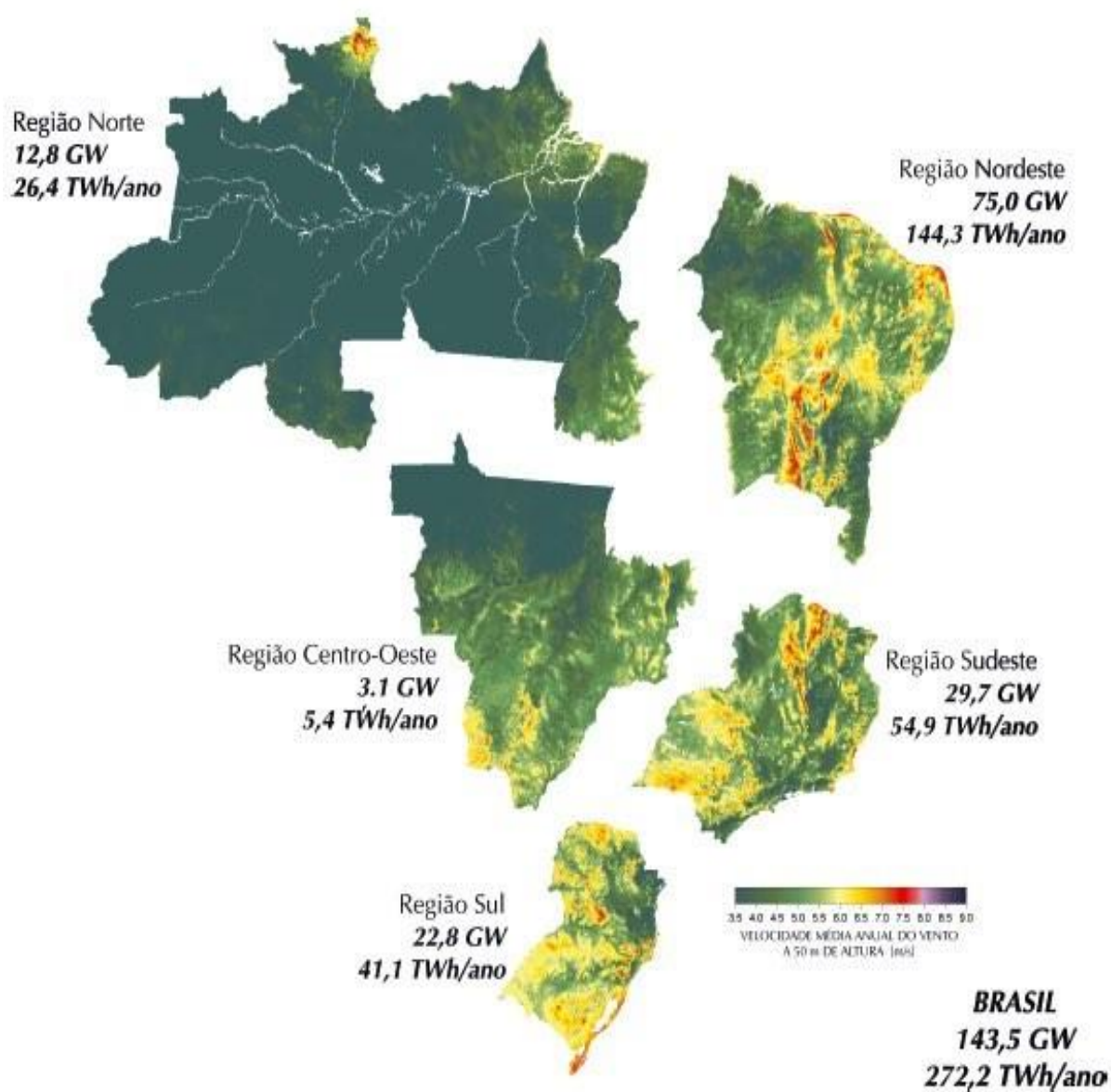
Fonte: CRESESB.CEPEL (2013)

Na Figura 7 é possível se observar com maior clareza a distribuição, entre as regiões do Brasil, do potencial eólico estimado para vento com velocidade média anual igual ou superior a 7,0 m/s.

Conforme observa-se na Tabela 2 e na Figura 7, a Região Nordeste é a que possui maior potencial eólico instalável no Brasil, com 75 GW, seguida pela região Sudeste, com 29,7 GW.

A Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), no Segundo Boletim Anual de Geração de 2019, informa que, em 2018, foram adicionados à matriz elétrica brasileira mais 1,94 GW de energia eólica, gerados em 75 novos parques, fazendo com que o Setor Eólico chegasse ao final deste ano, com 14,71 GW de capacidade instalada em 583 parques eólicos, representando 9% da matriz elétrica nacional. A estimativa é de mais de 7 mil aerogeradores funcionando em 12 Estados da Federação (2019), fornecendo energia suficiente para abastecer, em média, cerca de 76 milhões de habitantes por mês.

Figura 7: Potencial eólico estimado para vento médio anual igual ou superior a 7,0 m/s.



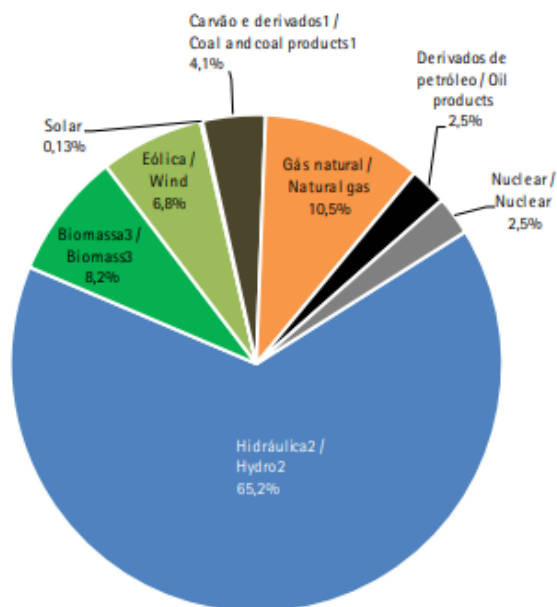
Fonte: CRESEB.CEPEL (2013)

Segundo dados da ABEEólica, ao todo foram gerados 48,42 TWh de energia elétrica de fonte eólica ao longo de 2018. Em comparação com 2017, a geração eólica cresceu 14,6% (BEN, 2018). Além disso, fez notar que, em se tratando de "dias de geração recorde", a energia eólica foi responsável pelo abastecimento de quase 14% da energia elétrica demandada no País e mais de 70% na Região Nordeste.

De acordo com dados do GWEC (Global Wind Energy Council), o Brasil foi o quinto País que mais implantou sistemas de geração eólica no mundo, em 2018. Em primeiro, segundo, terceiro e quarto lugares estão China, Estados Unidos, Alemanha e Índia, que instalaram, com a ampliação da capacidade instalada em 21,20 GW, 7,58 GW, 2,40 GW e 2,19 GW, respectivamente.

A participação da energia eólica na matriz elétrica brasileira vem, portanto, crescendo de forma acentuada, e foi responsável por 6,8% da oferta de eletricidade, no Brasil, em 2017, como pode ser constatado no gráfico da Figura 8, da matriz elétrica nacional.

Figura 8: Matriz elétrica (Brasil, 2017)



Notas / Notes:

1. Inclui gás de coqueria / Includes coke oven gas
2. Inclui importação de eletricidade / Includes electricity imports
3. Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações / Includes firewood, sugarcane bagasse, black-liquor and other primary sources

Fonte: BEN (2018)

Dados recentes publicados pela ABEEólica (InfoVento³ n° 10, de 17 de Abril de 2019) mostram que há 600 parques eólicos no Brasil, compostos por 7.500 aerogeradores em operação, distribuídos entre 12 Estados, totalizando 15 GW de capacidade instalada. Essa geração corresponde ao abastecimento de 25,5 milhões de residências/mês, para atender a cerca de 80 milhões de habitantes. Os recordes de despacho de eletricidade encontram compilados na Tabela 3, de acordo com Sistema Interligado Nacional (SIN)⁴.

Tabela 3: Recordes de despacho de carga no Brasil (2018)

Sistema e Região	Energia consumida advinda das eólicas (%)	Fator de Capacidade (%)	Geração (MWmed)	Data
Subsistema Nordeste	74,12	76,58	7.839	13/09/2018
Subsistema Sul	13,72	77,22	1.541	01/09/2018
Subsistema Norte	3,95	97,65	215	13/09/2018
Sistema Interligado Nacional (SIN)	13,98	72,30	8.983	12/09/2018

Fonte: ABEEÓLICA (2019)

O Fator de Capacidade médio no Brasil⁵, em 2018 foi 42%. A título de comparação, o fator de capacidade médio mundial, no mesmo ano, foi em torno de 25%. Um bom vento para obtenção de um significativo valor de capacidade média

³ Infográfico da ABEEólica que reúne os principais dados do setor

⁴ O SIN é um sistema hidro-termo-eólico de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários, constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte, que estão interligados entre si, de modo a otimizar a distribuição da oferta de eletricidade de acordo com a demanda pelo Operador Nacional do Sistema (ONS, 2019)

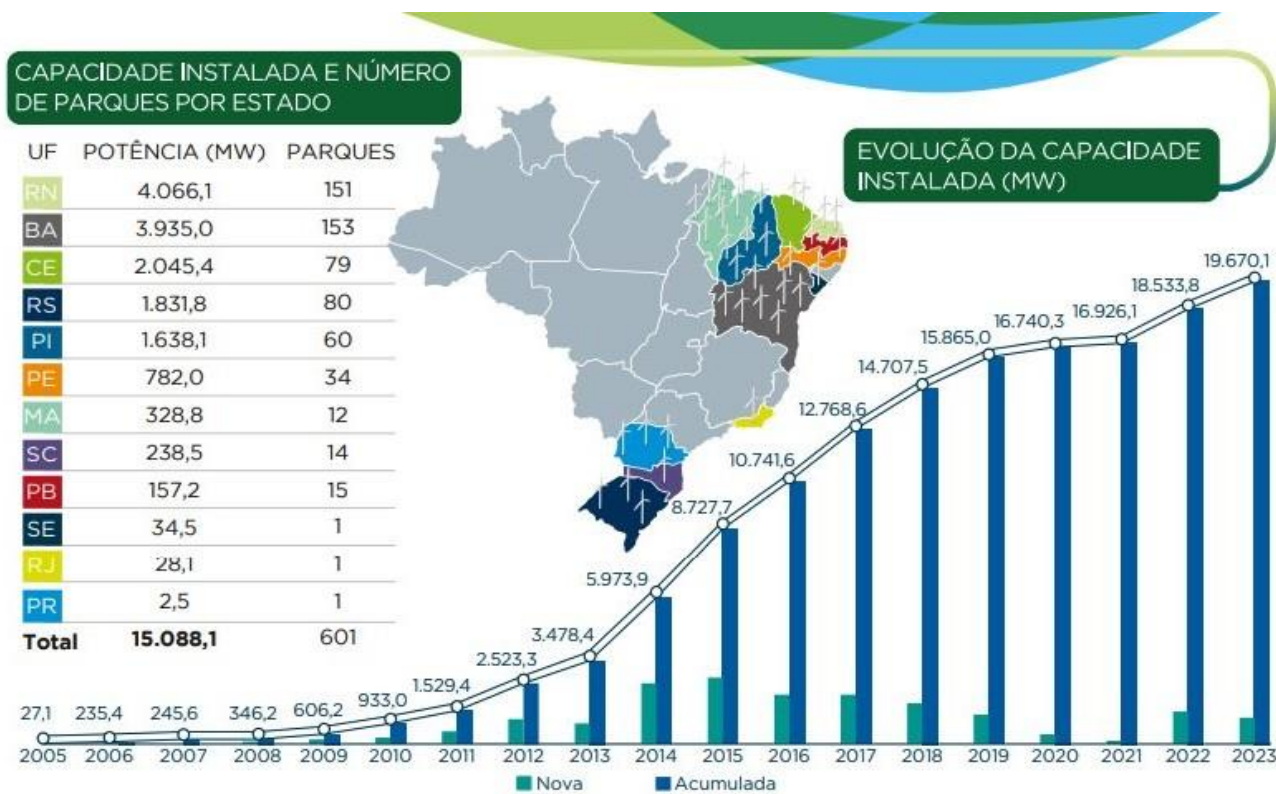
⁵ O fator de capacidade de qualquer sistema de geração é definido como sendo a energia gerada durante determinado período dividida pela energia máxima possível de ser gerada no mesmo período (LIMA, 2019). O megawatt médio (MW medio) é a unidade de produção energética que representa a energia produzida pela operação contínua de 1 MW de capacidade durante um dado período de tempo. O MW médio é calculado por meio da razão MWh/h, onde MWh representa a energia elétrica gerada e h o número de horas do período no qual a referida quantidade de energia foi gerada.

deve ser unidirecional, constante e estável em termos de velocidade. Tais ventos são abundantes no Nordeste e no Sul Brasileiro. (ABEEÓLICA, 2019).

Os ventos abundantes e intensos do Nordeste fazem da região uma potência na geração de energia eólica. Tais ventos fortes ocorrem em função de um sistema de alta pressão atmosférica, conhecido como Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que se desloca em direção ao Nordeste, a 6 km de altitude, em relação à superfície. O fato da região possuir baixa nebulosidade também colabora para o desempenho. Ainda segundo o mesmo autor, outro fator que influencia na qualidade dos ventos no Nordeste é a persistência das condições de El Niño na atmosfera. Mesmo após o encerramento do El Niño no oceano Pacífico, a tendência é que a atmosfera continue respondendo às condições ao fenômeno por mais alguns meses.(BARBOSA 2019)

Na Figura 9 pode-se observar a evolução da capacidade instalada (em MW), no Brasil, assim como a distribuição do número de parques eólicos por Estado.

Figura 9: Capacidade instalada de geração eólica no Brasil (MW) e distribuição do número de parques eólicos por Estado da Federação



Fonte: ABEEÓLICA (2019)

Os dados futuros apresentados no gráfico da Figura 4 são referentes aos contratos viabilizados em leilões de fontes alternativas já realizados e no mercado livre de eletricidade.

Destaca-se que os leilões são a principal forma de contratação de energia no Brasil. Por meio desse mecanismo, concessionárias, permissionárias e autorizadas de serviço público de distribuição de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) garantem o atendimento à totalidade de seu mercado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). Quem realiza os leilões de energia elétrica é a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), por delegação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (CCEE, 2019).

Em 2012, no Semiárido baiano, foi instalado o maior complexo de energia eólica da América Latina, conhecido como Complexo Eólico do Alto Sertão. Mais de quatrocentos aerogeradores estão distribuídos pelos municípios de Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí, no Sudoeste do Estado. Na Figura 10 pode-se observar um registro do complexo eólico instalado em Caetité, BA (LETRAS AMBIENTAIS, 2019)

Figura 10: Complexo eólico em Caetité, BA.



Fonte: LETRAS AMBIENTAIS (2019)

3.3. Energia solar fotovoltaica

A radiação solar pode ser utilizada diretamente de diferentes formas, são elas:

- Como fonte de energia térmica;
- Para geração de potência mecânica ou elétrica;
- Para conversão imediata em energia elétrica.

A utilização da radiação como fonte de energia térmica se dá através do aproveitamento da iluminação natural e do calor, que podem servir, por exemplo, para o aquecimento de fluidos (água, principalmente) e de ambientes. Ela pode ser feita com o uso de coletores ou concentradores solares. Tal modalidade é denominada de aquecimento solar passivo e decorre da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, acarretando numa redução da necessidade de utilização energia elétrica para tal.

As técnicas de engenharia e arquitetura podem auxiliar nos melhores resultados para obtenção do máximo aproveitamento da energia térmica proveniente da radiação solar. Em locais residenciais e comerciais, como hotéis, clubes, restaurantes, entre, os coletores solares são os mais utilizados para a promoção do aquecimento da água. Já os concentradores solares são utilizados para atividades que necessitam de elevadas temperaturas, como por exemplo a secagem de grãos e para a produção de vapor. No caso da geração de vapor, a energia mecânica pode ser gerada com a ajuda de uma turbina a vapor, e ainda, no caso da utilização também de um gerador, pode-se gerar energia elétrica (ANEEL, 2019).

Com relação à conversão direta da radiação solar em energia elétrica, o fenômeno se baseia nos efeitos de calor e de luz sobre determinados materiais com características de semicondutores, destacando-se o efeito fotovoltaico e o efeito termoelétrico.

No Brasil, a geração fotovoltaica está implantada, em maior proporção, nas regiões Norte e Nordeste, principalmente em comunidades que se situam isoladas da rede de energia elétrica. O efeito termoelétrico, por sua vez, caracteriza-se pelo

surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. Em território nacional, a utilização do efeito termoelétrico ocorre mais nas regiões Sul e Sudeste, devido às características climáticas locais (ANEEL, 2019).

Os parques solares, também chamados de usinas solares, são sistemas fotovoltaicos de grande porte projetados para a geração e a comercialização de energia elétrica. Essas usinas fornecem eletricidade em alta tensão para fins de distribuição, diferentemente dos sistemas fotovoltaicos isolados, instalados em casas e indústrias, que geram energia para autoconsumo.

A produção de energia dos parques solares advém da conversão da energia do Sol em energia elétrica, decorrente dos painéis fotovoltaicos, como destacado, e geram energia elétrica em corrente contínua. Porém a eletricidade correspondente a que é consumida nas casas e instalações industriais e comerciais é em corrente alternada, sendo, nesse caso necessário instalar um inversor solar, que é utilizado justamente para promover a conversão da corrente contínua em corrente alternada. Esses inversores repassam a eletricidade gerada pelos painéis em até aproximadamente 380V.

Para que a energia elétrica seja transmitida pelas linhas de transmissão de alta potência, o valor da tensão precisa ser suficientemente alto, acima de 13.800 V. Para isto, transformadores são utilizados com o intuito de promoverem a elevação da tensão. Dessa forma, a eletricidade produzida pela usina solar já pode ser transmitida pelas redes de transmissão de energia elétrica e posteriormente distribuída para o consumidor final (PORTALSOLAR, 2019). Na Figura 11 abaixo é possível se observar uma ilustração da geração da energia solar fotovoltaica e da transmissão da energia final.

Figura 11: Sistema de geração, transformação e transmissão de energia.



Fonte: PORTALSOLAR (2019)

3.3.1. Cenário mundial da energia solar

A disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente, e a variabilidade desse recurso energético dependem das condições de tempo e clima de uma dada região, pois sistemas meteorológicos provocam alterações na nebulosidade e nas concentrações dos gases e aerossóis, afetando os processos radiativos que atenuam a radiação solar ao longo de seu percurso na atmosfera (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017).

Fatores astronômicos também têm relação direta com a intensidade e a variabilidade da radiação solar, como por exemplo a posição relativa entre o Sol e a Terra. A duração do dia e a quantidade de energia solar incidente em uma região da superfície terrestre dependem do ciclo anual, que ocorre como consequência da inclinação em 23,45 graus do eixo axial da Terra com relação ao plano orbital do planeta em torno do Sol, e do ciclo diário, que está relacionado diretamente com as estações do ano (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017).

As estações são determinadas pelos solstícios, momento em que o sol atinge a maior declinação em latitude medida a partir do Equador, e os equinócios, instante em que o Sol cruza o Equador terrestre. A palavra equinócio é usada para denominar os dois dias do ano em que a duração do dia é igual à duração da noite

em ambos os hemisférios, que são os dias 21 de março e 22 de setembro.

Os movimentos de rotação e de translação da Terra também estão ligados à variabilidade de incidência de energia solar sobre a superfície terrestre (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017).

Em 2016, a potência instalada de geração de energia solar, no mundo, era de 301 GW, sendo 294 GW de FV (energia solar fotovoltaica) e 7 GW de CSP (energia solar térmica concentrada). A geração de eletricidade total foi de 333 TWh, resultando em um fator de capacidade médio de 14,4% (MME, 2017). Na Tabela 4, é possível se observar a geração e a potência instalada solar no Mundo, naquele ano.

Tabela 4: Geração e Potência Instalada Solar no Mundo (2016)

País	Geração (TWh)	% da Geração Total	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Expansão no Ano (GW)
1 China	66,2	1,1	78.070	13,2	34,5
2 Estados Unidos	56,8	1,3	40.300	18,6	14,7
3 Japão	49,5	4,9	42.750	14,9	8,6
4 Alemanha	38,2	5,9	41.275	10,8	1,5
5 Itália	22,9	8,1	19.279	13,7	0,4
6 Espanha	13,6	5,0	5.490	28,3	0,1
7 Índia	11,9	0,8	9.010	18,8	4,0
8 Reino Unido	10,3	3,1	11.727	11,0	2,0
9 França	8,3	1,5	7.130	13,8	0,6
10 Austrália	7,2	2,8	5.488	15,8	0,8
11 Coreia do Sul	5,2	0,9	4.350	15,2	0,9
12 Grécia	4,0	8,2	2.611	17,5	0,0
13 África do Sul	3,3	1,3	1.544	27,6	0,5
14 Canadá	3,1	0,5	2.715	13,4	0,2
15 Bélgica	3,0	3,6	3.422	10,1	0,2
Outros	29,7	0,4	26.313	14,6	6,3
Mundo	333,1	1,4	301.473	14,4	75,1
% do mundo	1,4		4,7		34,9

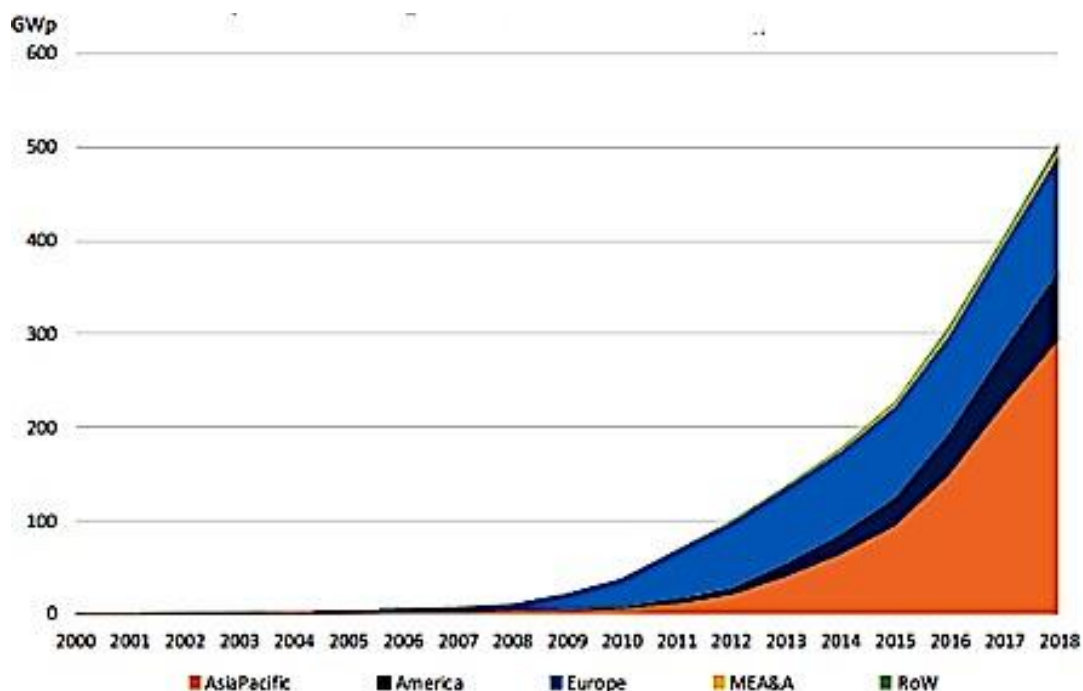
Fonte: MME (2017)

Dentre os quinze maiores países em geração solar, a Grécia apresentou o maior percentual de geração solar em relação à sua geração total, de 8,2%, seguida da Itália (8,1%). A Espanha teve o maior fator de capacidade, de 28,3%, em razão da presença de mais de 40% de potência instalada de CSP, boa parte com estoque de calor entre 7 e 8 horas, para gerar nos períodos sem sol. Os cinco primeiros

países em potência instalada responderam por 74% do total mundial (MME, 2017).





Em 2018, a capacidade instalada acumulada de energia solar no mundo foi de 505 GW. Houve uma explosão de investimentos em energia solar fotovoltaica no mundo nos últimos anos e, desde 2010, os custos de instalação dessa tecnologia foi reduzido em mais de 85 % (CAMARA FEDERAL, 2019). Na Figura 12, pode-se observar a evolução da capacidade instalada de energia solar no mundo. Na Tabela 5, estão listados os dez países com maior capacidade instalada de geração solar no mundo.

Figura 12: Evolução da capacidade instalada de energia solar no mundo



Fonte: CÂMARA LEGISLATIVA (2019)

Tabela 5: Top 10 - Países com maior capacidade instalada em geração solar (2018)

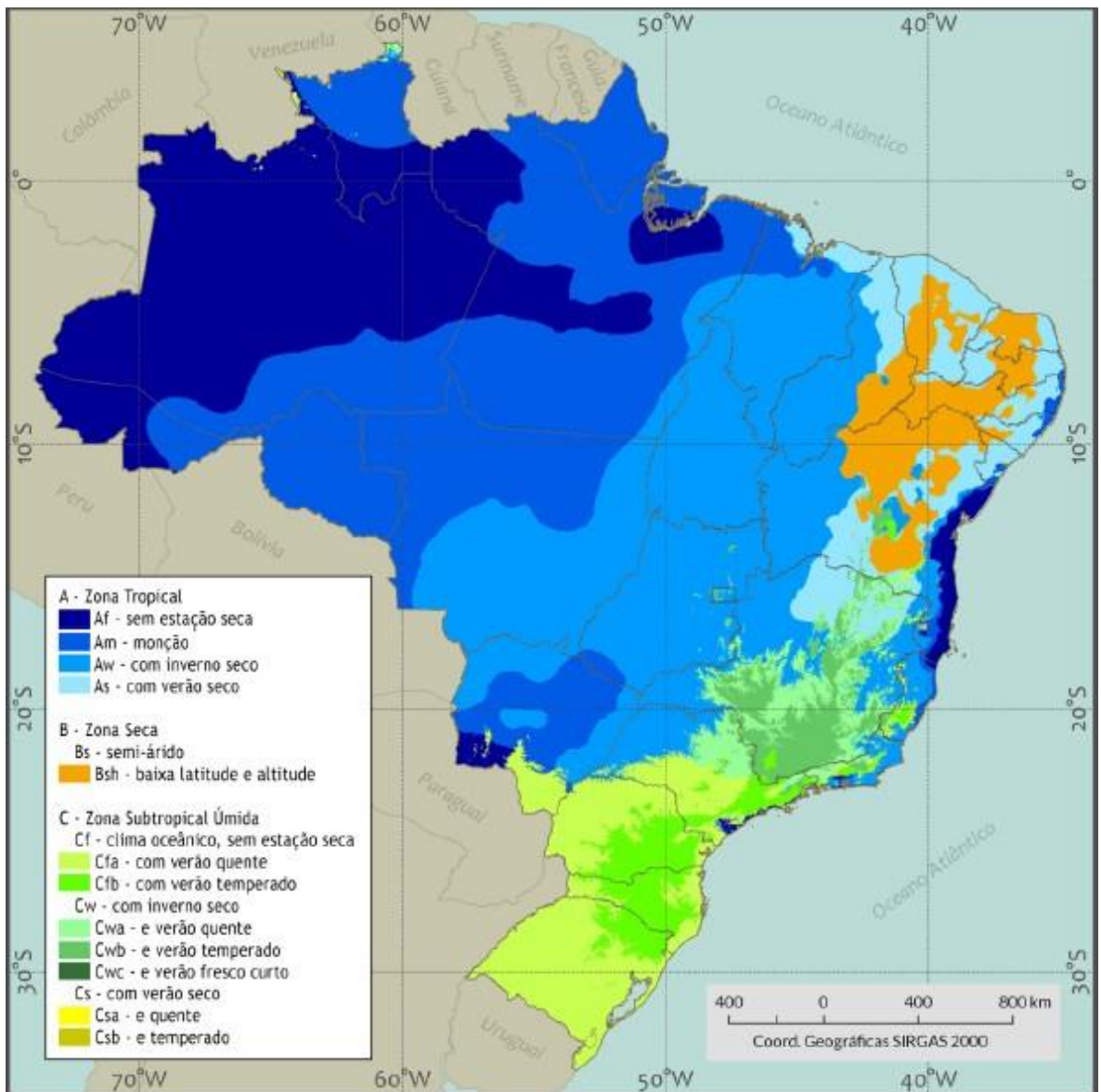
FOR ANNUAL INSTALLED CAPACITY				FOR CUMULATIVE CAPACITY			
1		China	45,0 GW	1		China	176,1 GW
2		India	10,8 GW	2		USA	62,2 GW
3		USA	10,6 GW	3		Japan	56,0 GW
4		Japan	6,5 GW	4		Germany	45,4 GW
5		Australia	3,8 GW	5		India	32,9 GW
6		Germany	3,0 GW	6		Italy	20,1 GW
7		Mexico	2,7 GW	7		UK	13,0 GW
8		Korea	2,0 GW	8		Australia	11,3 GW
9		Turkey	1,6 GW	9		France	9,0 GW
10		Netherlands	1,3 GW	10		Korea	7,9 GW

Fonte: CÂMARA LEGISLATIVA (2019)

3.3.2. Cenário brasileiro da energia solar fotovoltaica

A dinâmica da atmosfera terrestre é de suma importância para os fenômenos que ocorrem na Terra, pois atua diretamente tanto na temperatura quanto nos níveis de precipitação, provocando as diferenças climáticas regionais. Na Figura 13 pode-se observar a distribuição dos diferentes tipos de climas característicos do território brasileiro (VIANELLO; ALVES, 2013), que é diversificado em consequência de fatores variados, como a extensão territorial, o relevo e a dinâmica das massas de ar (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017).

Figura 13: Distribuição dos climas característicos no território brasileiro.

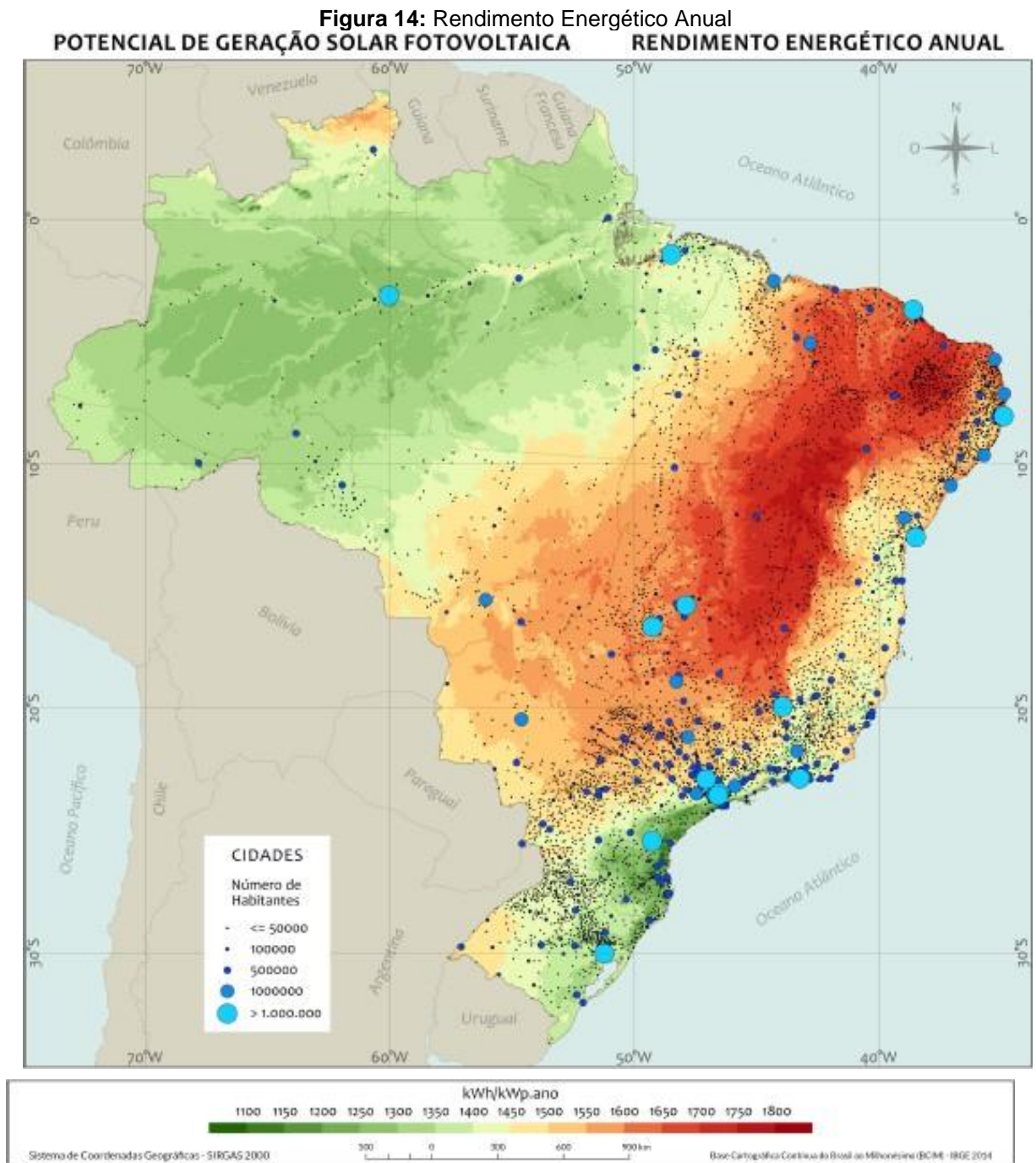


Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017.

Nota-se que grande parte do território brasileiro apresenta os climas tropical e subtropical (médias latitudes e altitudes elevadas no Sudeste brasileiro). Parte do sertão nordestino apresenta o clima classificado como semiárido.

A geração fotovoltaica de energia elétrica tem um grande potencial no Brasil. No local menos ensolarado do Brasil, é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, por exemplo. O mapa da Figura 14 mostra o rendimento energético anual máximo (medido em kWh de energia elétrica gerada por ano para cada kWp de potência fotovoltaica instalada) em todo o território nacional, tanto para usinas de grande porte centralizadas e instaladas em solo,

como para a geração fotovoltaica distribuída integrada em telhados e coberturas de edificações. A concentração populacional é também mostrada através dos círculos azuis espalhados pelo território brasileiro (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017).



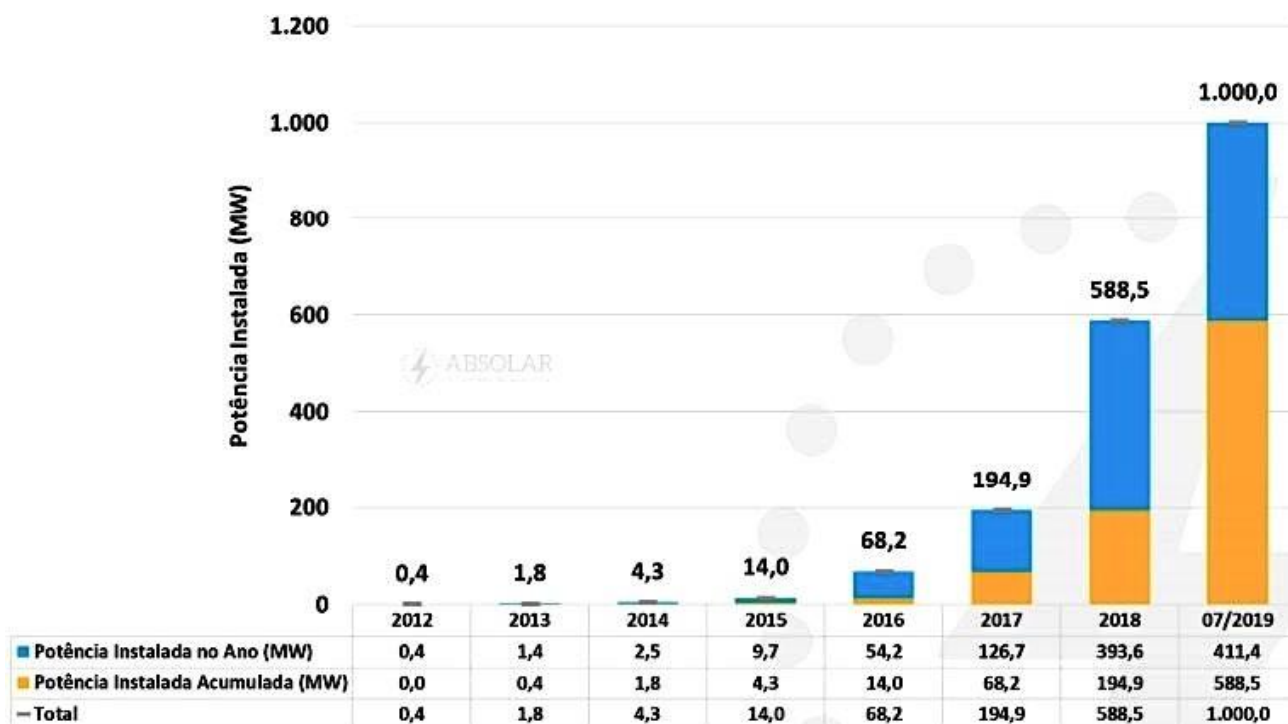
Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017.

A Região Nordeste apresenta os maiores valores de irradiação solar global, com a maior média e a menor variabilidade anual entre todas as regiões. Os valores máximos de irradiação solar no país são observados na região central da Bahia (6,5kWh/m²/dia), incluindo parte da região noroeste de Minas Gerais. Há, durante todo o ano, condições climáticas que conferem um regime estável de baixa nebulosidade e alta incidência de irradiação solar na região semiárida (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017).

A irradiação média anual brasileira varia entre 1.200 kWh/m²/ano e 2.400 kWh/m²/ano, bem acima da média da Europa, mas há no mundo regiões com valores acima de 3.000 kWh/m²/ano, como Austrália, norte e sul da África, Oriente Médio, parte da Ásia Central, parte da Índia, sudoeste dos USA, além de México, Chile e Perú (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017).

A evolução da potência instalada (MW) de geração distribuída solar fotovoltaica no Brasil, entre os anos de 2012 a 2019, pode ser observada no gráfico da Figura 15

Figura 15: Potência instalada de geração distribuída solar fotovoltaica no Brasil (MW).



Fonte: CÂMARA LEGISLATIVA (2019)

Na Figura 16, pode-se observar a potência instalada (MW) e o status da geração centralizada solar fotovoltaica por Estado da Federação

Figura 16: Potência instalada (MW) e status da geração centralizada solar fotovoltaica por estado.



Fonte: CÂMARA LEGISLATIVA (2019)

A título de ilustração, apresenta-se, na Figura 17, uma fotografia panorâmica do Parque Solar Horizonte, localizado no município de Tabocas do Brejo Velho, BA, que ocupa a segunda posição entre os maiores parques solares do Brasil. O projeto entrou em operação em setembro de 2017 e possui hoje uma capacidade instalada de geração de energia de 254 MW. Com 850 mil painéis fotovoltaicos, o parque está em uma área de 579 hectares e possui capacidade para atender 268 mil residências (INSTALOSOLAR, 2018).

O maior parque solar fotovoltaico instalado no Brasil encontra-se no município de Pirapora, em Minas Gerais. É formado por dez usinas fotovoltaicas de capacidade instalada de 30 MW cada, que totalizam uma potência instalada de

300MW, compostas por 1.188.000 módulos solares policristalinos, que ocupam uma área de 800 ha.

Figura 17: Parque Solar Horizonte, localizado em Tabocas do Brejo Velho, BA.



Fonte: CONEXÃO PLANETA (2019)

3.4 Legislação

Nos termos da Lei Federal nº 6938, de 31 de agosto de 1981, que trata da Política Nacional do Meio Ambiente e da Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, o licenciamento ambiental é uma obrigação legal prévia à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente, e tal obrigação é compartilhada pelo Ibama e pelos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente e pelo Ibama. As principais diretrizes para a execução do licenciamento ambiental estão expressas nesses documentos legais.

Dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente estabelecidos pela *Lei Federal nº 6938/1981* (Artigo 9º), destaca-se:

- (iii) a avaliação de impactos ambientais
- (iv) o *licenciamento* e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras

O Licenciamento Ambiental é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras e degradadoras do meio ambiente.

A Resolução CONAMA nº 237/97, de 19-12-1997, estabelece três tipos de licença ambiental:

- i. Licença Prévia (LP): concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento; aprova sua localização e concepção, viabilidade ambiental, e estabelece requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases do licenciamento
- ii. Licença de Instalação (LI): autoriza a instalação do empreendimento de acordo com os planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes
- iii. Licença de Operação (LO): autoriza a operação da atividade após o empreendimento cumprir o que consta das licenças anteriores

As licenças ambientais têm validade para períodos que dependem da atividade.

Os instrumentos legais de implementação da Avaliação de Impacto Ambiental são:

- Estudo de Impacto Ambiental – EIA
- Relatório de Impacto Ambiental – RIMA

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) estão previstos no artigo 225, § 1º, IV da Constituição Federal (CF/88), que relata:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade.

Eles são instrumentos importantes para aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável e da prevenção. O EIA é um instrumento preventivo necessário para a realização de qualquer atividade que possa causar prejuízos ao meio ambiente, visando verificar a viabilidade de sua realização, com a finalidade de evitar danos ou compensar os problemas ambientais que possam ocorrer. Ele é composto por estudos técnicos, científicos, sociais, econômicos e outros que possam aferir o impacto ambiental.

O RIMA é o instrumento de comunicação do EIA à administração pública e ao cidadão. Ele detalha o Estudo realizado, para posteriormente ser apresentado ao órgão responsável pelo licenciamento.

A *Resolução CONAMA nº 001/86*, de 23.01.1986, define critérios básicos e diretrizes gerais para a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental.

Segundo a Resolução 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente — CONAMA, de 23/01/1986, art. 5º:

Impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem: a) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e e) a qualidade dos recursos ambientais.

Portanto, conforme orienta a resolução do CONAMA, o impacto ambiental é caracterizado por qualquer alteração no meio ambiente engendrada pelo ser humano que, de forma significativa, venha a alterar sua forma original. Sendo assim, o impacto ambiental pode ser tanto positivo como negativo.

A avaliação de impacto ambiental, de caráter eminentemente preventivo, tem como principal objetivo subsidiar a decisão do órgão público como instrumento de gestão ambiental. Pelo fato de ser decisória, tem o objetivo de subsidiar as

autoridades ambientais a decidir pela melhor alternativa, quer seja locacional, quer seja de processo tecnológico, confrontando-as com a alternativa da não execução do projeto.

As características da avaliação de impacto ambiental que a tornam instrumento de promoção do desenvolvimento sustentável são:

- análise de alternativas tecnológicas: instalação de tecnologias mais limpas (menor pressão sobre os recursos naturais, redução dos desperdícios e dos níveis de poluição); minimização da degradação ambiental;
- análise de alternativas de localização: planejamento de uso do solo considerando a capacidade de suporte do meio ambiente aos impactos das atividades antrópicas;
- caráter preventivo: modernização das tecnologias de produção e de controle da poluição;
- participação da sociedade: ampliação do processo democrático; oportunidade para a cobrança da adoção de práticas sustentáveis tanto no estabelecimento das premissas (Poder Público), quanto no cumprimento das premissas (Setor Privado) das políticas de gestão ambiental.

As diretrizes para elaboração do estudo de impacto ambiental são (Art. 5º.):

I – Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;

II – Identificar e avaliar os impactos ambientais gerados nas fases de instalação e operação da atividade;

III – Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos (área de influência do projeto), considerando a bacia hidrográfica na qual se localiza;

IV – Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em

instalação na área de influência do projeto e sua compatibilidade.

O RIMA é objeto de deliberação do CONAMA, conforme disposto no Art. 8º e 9º da Resolução nº 001/86.

De acordo com o Art. 9º - parágrafo único da referida Resolução, “o RIMA deve ser apresentado de forma objetiva e adequada à sua compreensão, as informações traduzidas em linguagem acessível, ilustradas por mapas, quadros, gráficos e outras técnicas de comunicação visual, de modo que se possam entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as conseqüências ambientais de sua implementação.”

Dependerá de elaboração de ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento das atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

XI – Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW

O artigo 225, no parágrafo 1º, inciso IV, da Constituição Federal de 1988, como destacado, afirma ser obrigatória a execução do EIA/RIMA em qualquer empreendimento que cause ou possa causar dano caracterizado como impacto ambiental no meio ambiente, modificando sua estrutura original.

De um modo geral, os impactos são distribuídos quanto aos seguintes atributos: caráter; magnitude; duração; ordem; escala; importância; condição ou reversibilidade; temporalidade; cumulatividade e sinergia. O Quadro 1 abaixo apresenta as definições dos atributos e parâmetros utilizados na avaliação de impactos ambientais.

Quadro 1: Atributos e parâmetros utilizados na avaliação de impactos ambientais.

Atributos	Parâmetros de Avaliação
<p>Caráter</p> <p>Representa a influência de uma ação realizada na área afetada tendo como resposta uma alteração ambiental no seu constituinte ambiental</p>	<p>Positivo A ação realizada na área tem como consequência uma alteração benéfica à mesma.</p> <p>Negativo A ação realizada na área tem como consequência uma alteração negativa à mesma.</p>
<p>Magnitude</p> <p>Representa a força do impacto ambiental apresentando-se em uma dimensão que se torna graduais às diferenciadas ações dos impactos no ambiente.</p>	<p>Pequena Os fatores impactantes são inexpressíveis não causando descaracterização ambiental.</p> <p>Média Os fatores impactantes são medianamente elevados, causando baixa descaracterização.</p> <p>Grande Os fatores impactantes são elevados, causando profunda descaracterização ambiental.</p>
<p>Duração</p> <p>É o registro de tempo de permanência do impacto depois de concluída a ação que o gerou.</p>	<p>Curta A neutralização do impacto ocorre imediatamente após o final da ação.</p> <p>Média É necessário decorrer certo período de tempo para que o impacto gerado seja neutralizado.</p> <p>Longa Após a conclusão da ação geradora do impacto, este permanece por longo período de tempo.</p>
<p>Ordem</p> <p>Estabelece o grau de relação entre a ação impactante e o impacto gerado ao meio ambiente.</p>	<p>Direta Resulta de ação direta da atividade impactante sobre elemento do meio.</p> <p>Indireta Resultado de uma ação secundária em resposta à ação anterior.</p>
<p>Escala</p> <p>Delimita a extensão espacial do impacto tendo como base, a relação entre a ação causadora e a extensão territorial atingida.</p>	<p>Local A abrangência do impacto ambiental restringir-se unicamente a área de influência direta.</p> <p>Regional O impacto ambiental estende-se para além dos limites geográficos da área de influência direta.</p>
<p>IMPORTÂNCIA</p> <p>Estabelece a significância ou o quanto cada impacto é importante na sua relação de interferência com o meio ambiente.</p>	<p>NÃO SIGNIFICATIVA A intensidade do impacto sobre o meio ambiente não implica em alteração da qualidade de vida.</p> <p>MODERADA A intensidade do impacto sobre o meio ambiente assume dimensões recuperáveis.</p> <p>SIGNIFICATIVA A intensidade do impacto sobre o meio ambiente acarreta alterações da qualidade de vida.</p>
<p>CONDIÇÃO OU REVERSIBILIDADE</p> <p>Delimita a reversibilidade do impacto ambiental em consequência da ação que o gerou.</p>	<p>REVERSÍVEL Cessada a ação que gerou a alteração, o meio afetado pode retornar ao seu estado primitivo.</p> <p>IRREVERSÍVEL Cessada a ação que gerou a alteração, o meio afetado não retornará ao seu estado anterior.</p>
<p>TEMPORALIDADE</p> <p>Expressa a interinidade da alteração ou modificação.</p>	<p>TEMPORÁRIO O efeito gerado apresenta um determinado período de duração.</p> <p>PERMANENTE O efeito gerado é definitivo, perdura mesmo quando cessada a ação que o gerou.</p> <p>CÍCLICO O efeito esperado apresenta uma sazonalidade de ocorrência.</p>
<p>CUMULATIVIDADE</p> <p>Acumulação de alterações nos sistemas ambientais, no tempo e no espaço, de modo aditivo e interativo, causado pela soma de impactos passados.</p>	<p>CUMULATIVO Há acumulação, sobreposição de impactos de diferentes naturezas.</p> <p>NÃO CUMULATIVO Não há acumulação, sobreposição de impactos de diferentes naturezas.</p>
<p>SINERGIA</p> <p>Efeito resultante da ação de vários impactos que atuam da mesma forma, cujo valor é superior ao valor do conjunto desses impactos, se atuassem individualmente.</p>	<p>SINÉRGICO Ocorre interatividade entre impactos de modo a aumentar o poder de modificação.</p> <p>NÃO SINÉRGICO Não ocorre interatividade entre impactos de modo a aumentar o poder de modificação.</p>

Fonte: Oliveira; Medeiros (2007).

Destaca-se que a Resolução CONAMA Nº 1, de 8 de março de 1990, estabelece que a emissão de ruídos em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, não devem ser superiores aos considerados aceitáveis pela Norma NBR 10.152 – “Níveis de Ruídos para Conforto Acústico”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. A NBR 10.151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade.

Este procedimento, tem a finalidade de fixar “as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades”, e especifica um método de medição de ruído, as correções necessárias e um critério para a comparação dos níveis encontrados e estabelecidos. Segundo a Norma NBR 10.151 o nível critério de avaliação de ruídos em áreas de sítios e fazendas deverá ser 40 dB (A) no período diurno e 35 dB (A) no período noturno. Para áreas internas de residências, a NBR 10.152 estipula nível de ruído de 35 a 45 dB(A) para dormitórios e de 40 a 50 dB(A) para sala de estar. O valor inferior destas faixas representa o nível sonoro para conforto , enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Níveis superiores a estes estabelecidos são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar em risco de dano à saúde.

4 METODOLOGIA

A metodologia adotada para a elaboração deste trabalho caracteriza-se como descritiva, possibilitando uma análise qualitativa. Segundo Vergara (2004), a metodologia descritiva tem por objetivo expor características de determinada população ou de determinado fenômeno, podendo também estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza. Godoy (1995) esclarece que "uma análise de natureza qualitativa é apropriada, quando o estudo é de caráter descritivo, e o que se busca é o entendimento do fenômeno como um todo na sua complexidade". Menezes (2005) destaca que, "no enfoque qualitativo, o pesquisador é o instrumento-chave e o ambiente é a fonte direta dos dados, não sendo necessário o uso de técnicas e métodos estatísticos, e não sendo o resultado o foco da abordagem, mas sim o processo e seu significado, sendo a interpretação do fenômeno objeto de estudo o principal objetivo".

De modo geral, a metodologia está composta de quatro etapas, conforme apresentado a seguir:

4.1. Revisão bibliográfica

Pesquisa sobre os temas que são tratados neste trabalho, quais sejam: geração eólica e solar fotovoltaica, licenciamento e avaliação de impactos ambientais de parques geradores, em relatórios governamentais nacionais e de agências internacionais; legislação ambiental; artigos técnico-científicos versando sobre os temas de interesse.

O Atlas Solar e o Atlas Eólico brasileiros foram obtidos em suas versões mais recentes por meio de pesquisa direta, na Rede Mundial de Computadores, para possível análise das regiões de maior potencial eólico e solar, no Brasil.

Para os assuntos relacionados aos objetivos específicos, como a taxa de incidência da luz solar, a velocidade média dos ventos, as áreas coincidentes de potencial eólico e solar e a capacidade instalada, foi realizada pesquisa bibliográfica e documental de revisão do estado da arte. Tais pesquisas levaram em conta, primeiramente, a busca de artigos científicos nacionais e internacionais, dissertações e normas. A revisão foi feita a partir de consultas ao portal de periódicos da CAPES, pesquisa direta (Google) de artigos e relatórios técnicos sobre os temas.

Com relação ao cenário nacional de energia eólica e energia solar, as informações mais atualizadas puderam ser obtidas nos sites da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA) e Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR), mas foram considerados também dados do Balanço Energético Nacional, da Agência Internacional de Energia e de relatórios da BP.

4.2 Estudo de caso

Segundo Patton (2002), “um estudo de caso tem como propósito reunir informações detalhadas e sistemáticas sobre um fenômeno, sendo um procedimento metodológico que enfatiza entendimentos contextuais, sem esquecer-se da representatividade”.

O estudo de caso abordado neste trabalho refere-se ao processo de licenciamento ambiental de parques eólicos e solares fotovoltaicos. A partir das informações obtidas no site da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), foram selecionados dois projetos de parques solares e dois projetos de parques eólicos, que serviram como base para a identificação dos principais impactos ambientais decorrentes das fases de instalação e de operação, e seus atributos e, para os quais, os respectivos órgãos de meio ambiente disponibilizaram os Estudos de Impacto Ambiental e seus respectivos Relatórios de Impacto Ambiental em seus respectivos sites na internet.

A análise dos mapas dos Atlas Eólico e Solar Brasileiros juntamente com a análise dos dados da ANEEL possibilitaram a definição final do aspecto condicionante para a escolha dos projetos, sendo tal condicionante pautada na localização em área com potencial elevado de causar impactos ambientais.

4.3. Identificação, compilação e análise de dados

Foram identificadas as características das regiões onde os projetos eólicos e solares a serem implantados; a identificação dos impactos ambientais previstos para cada um deles, levando-se em consideração as fases de instalação e de operação.

Em seguida, os impactos ambientais foram agrupados com base em seus atributos — caráter; magnitude; duração; ordem; escala; importância; condição; temporalidade; cumulatividade e sinergia. —, para verificar a existência de impactos da

fase de instalação que podem se estender até a fase de operação do empreendimento.

4.4. Estruturação lógica e redação do trabalho

A interpretação dos dados e a análise geral do trabalho como um todo puderam então ser expressas nos capítulos “Resultados” e “Conclusão.”

5. RESULTADOS

5.1. Relatório de Impacto Ambiental – RIMA

Os relatórios de impactos ambientais (RIMA) selecionados foram referentes à projetos de parques eólicos e solares a serem implantados na região Nordeste do Brasil, pois tal localidade lidera, tanto em relação ao potencial de energia solar e eólica, quanto em relação à capacidade instalada (MW), ocupando os dois primeiros lugares no ranking brasileiro de geração de energia eólica, e o primeiro e terceiro lugares no ranking brasileiro de geração de energia solar fotovoltaica, considerando os dados mais atualizados da ABEEÓLICA e da Câmara Legislativa, do ano de 2019, citados na revisão bibliográfica.

Uma vez que a região Nordeste apresenta a maior capacidade instalada no Brasil, ela é também a região com maior potencial para sofrer impactos ambientais provenientes dos projetos de parques solares e eólicos, tanto nas fases de instalação, quanto na fase de operação dos empreendimentos.

Os estados nordestinos selecionados apresentam elevados valores de potencial de energia renovável e coexistem nos rankings de produção de energia solar fotovoltaica e energia eólica, sendo eles os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte.

Em todos os quatro projetos selecionados, referentes aos Estados Ceará e Rio Grande do Norte, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) foram elaborados pela empresa GEOCONSULT Consultoria, Geologia e Meio Ambiente Ltda, visando a maior uniformidade no desenvolvimento dos referidos estudos ambientais.

Para a abordagem das análises dos impactos ambientais, foram levadas em consideração a fase de instalação e a fase de operação dos empreendimentos. Todos os quatro Relatórios de Impacto Ambiental selecionados utilizaram, para análise dos impactos ambientais, a mesma metodologia, tornando assim possível a comparação entre os resultados obtidos.

A metodologia utilizada na avaliação de impacto ambiental é a de Listagem de Controle ou “Check List”, que tem uma forma simples de abordagem e de fácil interpretação.

Segundo Silva (2014), a Listagem de Controle ou “Check list” é composta tendo

por base a sequência de ações do empreendimento, permitindo a identificação dos efeitos benéficos ou positivos e adversos ou negativos gerados por cada ação, nas fases de planejamento, instalação e de operação do empreendimento. Posteriormente, é traçado um paralelo entre os elementos impactantes e os respectivos efeitos causados, resultando em uma relação de causa e efeito das atividades sobre os ambientes onde elas serão desenvolvidas.

Para a análise dos resultados, os impactos ambientais, tanto dos empreendimentos eólicos quanto dos empreendimentos fotovoltaicos, foram subdivididos, conforme sua classificação, em três grupos, denominados meio físico, meio biótico e meio antrópico.

5.2. Avaliação dos Relatórios de Impacto Ambiental dos empreendimentos eólicos

Os empreendimentos eólicos selecionados para o desenvolvimento do trabalho proposto foram o COMPLEXO EÓLICO AMONTADA, localizado no município de Amontada, Ceará, e o PARQUE EÓLICO VENTOS DE SÃO MIGUEL, localizado no município de Parazinho, Rio Grande do Norte.

Os principais impactos ambientais potenciais, identificados nos RIMA's, para cada fase dos empreendimentos eólicos selecionados podem ser observados nos tópicos 5.1.1 e 5.1.2, separados de acordo com os atributos "adversos" e "benéfico".

5.2.1. AMONTADA, CEARÁ - COMPLEXO EÓLICO AMONTADA

O projeto do COMPLEXO EÓLICO AMONTADA foi proposto pela Empresa Central Eólica Palmas, com o objetivo produzir eletricidade, em escala comercial, utilizando fonte de energia renovável local. O consórcio foi formado por três módulos de Central Geradora Eólica (CGE), sendo elas CGE PALMAS, CGE RIBEIRÃO e CGE ILHA GRANDE.

A CGE PALMAS e a CGE RIBEIRÃO foram projetadas para uma capacidade instalada de 20 MW, com dez aerogeradores de 2.000 kW de potência cada. A CGE ILHA GRANDE foi projetada para uma capacidade instalada de 30 MW, obtidos em

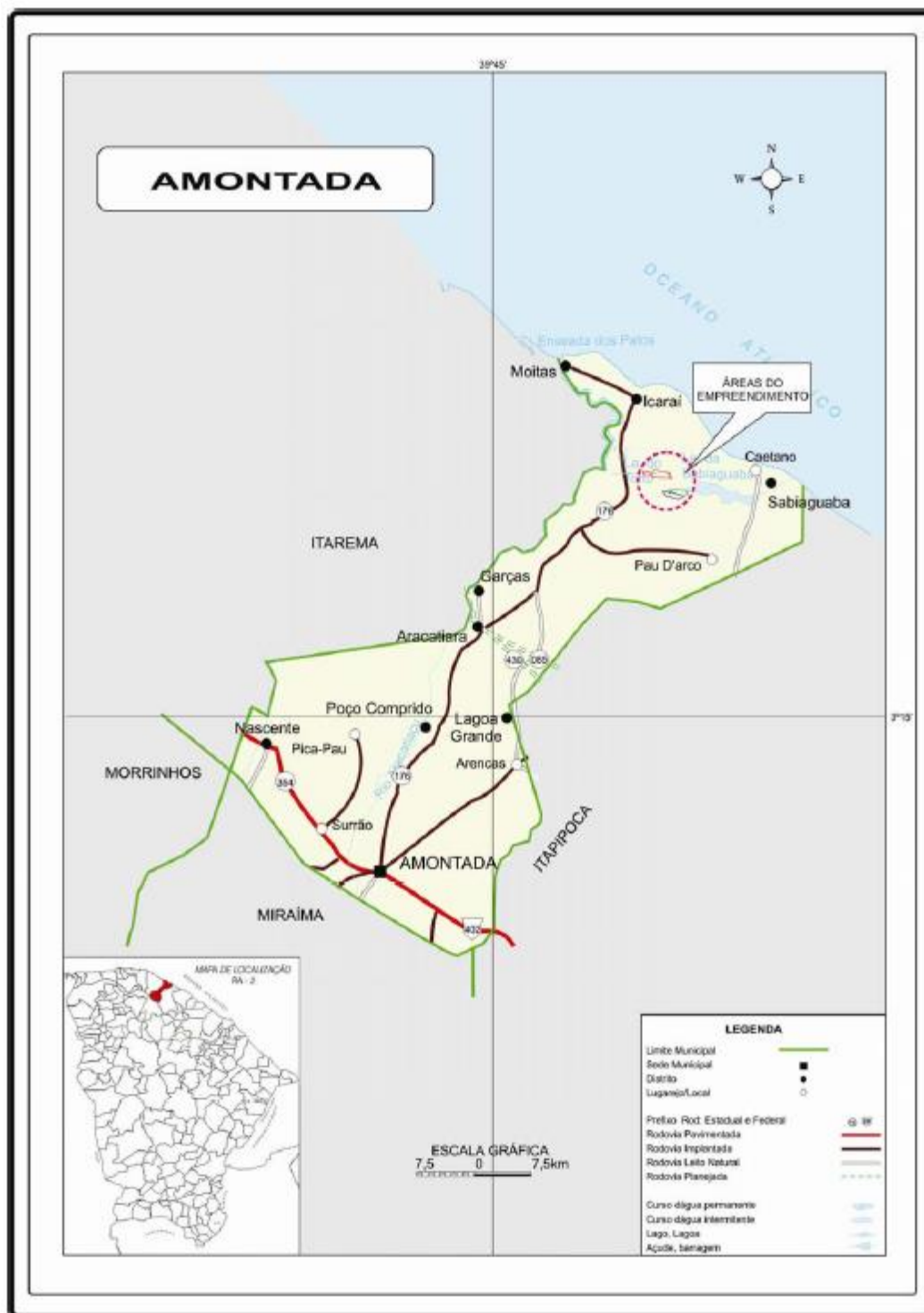
quinze aerogeradores de 2.000 kW de potência.

Amontada é um município do Estado do Ceará que possui 39.232 habitantes e densidade demográfica de 33,3 habitantes por km² (IBGE,2018). O município de Amontada apresenta clima tropical, chuvoso, quente e úmido, com chuvas no verão e precipitações máximas no outono.

A área de instalação do projeto abrange uma superfície total de 689,36 hectares. A área de influência direta do empreendimento Complexo Eólico Amontada encontra-se inserida em um ambiente litorâneo/costeiro essencialmente conservado com relação aos seus aspectos naturais.

Na Figura 18 é possível se observar a área do COMPLEXO EÓLICO AMONTADA situada no Distrito de Icaraí, município de Amontada, no Estado do Ceará.

Figura 18: Área de instalação do COMPLEXO EÓLICO AMONTADA



Fonte: GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2011. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Complexo Eólico Amontada, Ceará.

Foram identificados 149 impactos ambientais totais para a área de influência funcional do empreendimento, considerando as fases de instalação e de operação, sendo 64 (42,95%) de caráter benéfico e 85 (57,05%) de caráter adverso.

Os impactos ambientais identificados na **fase de instalação** foram:

(i) Impactos adversos:

➤ **Meio Físico**

• **Alteração do Nível de Pressão Sonora (Ruído):**

A utilização de equipamentos e veículos no local ocasionará um aumento nos níveis de ruídos, decorrendo em poluição sonora.

• **Interferência no solo:**

A atividade de terraplenagem acarretará mudanças na cobertura sedimentar da área em questão, provocando mudanças nas superfícies do relevo.

A construção das vias resultará diretamente em alteração geotécnica das camadas superficiais, uma vez que serão introduzidos materiais terrosos para formação do leito da estrada, provocando assim uma alteração na dinâmica sedimentar e hidrodinâmica local.

• **Processos Erosivos:**

A ação de limpeza do terreno irá desencadear processos erosivos, tendo em vista a perda da camada superficial do solo, deixando a superfície mais susceptível aos agentes erosivos.

• **Transporte de sedimentos:**

Tendo em vista que as vias locais de acesso são em leito natural, prevê-se a intensificação da dinâmica sedimentar em função do tráfego mais intenso de veículos. Tal impacto tende a ser potencializado no período de estiagem, onde ocorre uma maior influência dos ventos no transporte de sedimentos.

• **Alteração da Qualidade do Ar:**

O deslocamento de equipamentos e materiais para a área de instalação do

empreendimento resultará em alteração da qualidade do ar em virtude da emissão de gases gerados pelos veículos automotores.

Durante a ação da limpeza do terreno ocorrerá lançamento de poeiras decorrentes do manuseio dos equipamentos e manejo de materiais terrosos modificando as condições do ar localmente.

Na instalação de alguns equipamentos poderão ser emitidos gases, em decorrência do uso de tintas, "spray", soldas, solventes e outros produtos químicos.

- **Geração de Resíduos Sólidos:**

Haverá geração de resíduos sólidos, como os materiais de bota-fora e as sobras de produtos do empreendimento.

- **Interferência na rede de drenagem:**

A rede de drenagem da área poderá vir a ser afetada durante a limpeza da área. Esta ação poderá vir a provocar alterações ocasionadas através de poeiras e restolhos vegetais nos corpos d'água ocorrentes na área.

➤ **Meio Biótico**

- **Interferência na Flora:**

Com a supressão da vegetação, ocorrerá diminuição do potencial ecológico e da carga genética da flora local.

- **Interferência na Fauna:**

Com a supressão da vegetação, ocorrerá estresse e fuga da fauna. Ainda, o aumento da circulação de veículos, de vários portes, implicará no aumento do risco de atropelamento de animais nas vias.

- **Interferência nos corpos de água:**

O possível carreamento de matéria orgânica por meio dos restolhos vegetais nos setores de acúmulo de água poderão culminar em eutrofização dos recursos hídricos.

➤ **Meio Antrópico**

• **Interferência na disponibilidade de recurso hídrico:**

Para a umectação do solo a ser compactado, será captada água do manancial subterrâneo, isto representa uma diminuição da disponibilidade do recurso hídrico para a região.

(ii) Impactos benéficos:

➤ **Meio Antrópico**

• **Benefícios econômicos:**

A contratação de pessoal, mesmo que temporária, resultará em pagamento de numerários, o que aumentará o poder aquisitivo das pessoas envolvidas, resultando em melhoria das condições econômicas e sociais dos empregados e dos seus familiares. Conseqüentemente haverá um aumento do poder de compra, gerando dinamismo no mercado local, posto que haja maior circulação de moeda, possibilitando assim o crescimento do comércio e o aumento de arrecadação tributária.

Os impactos ambientais identificados na **fase de operação** foram:

(i) Impactos adversos:

➤ **Meio Biótico**

• **Interferência na Fauna:**

Riscos de acidentes com a avifauna são iminentes, uma vez que muitos animais poderão se chocar com as estruturas instaladas principalmente no tocante às aves migratórias devido a uma pequena modificação na pressão do ar nas proximidades das pás, confundindo o instinto destes animais.

➤ **Meio Antrópico**

- **Campos magnéticos:**

Haverá formação de campos magnéticos no entorno dos cabos elétricos e linhas de transmissão. Embora uma corrente de estudiosos afirme que não existam evidências científicas comprovadas, suficientemente fortes para que existam preocupações a esse respeito, alguns estudos epidemiológicos desenvolvidos nos últimos anos têm apontado a exposição de seres vivos a campos magnéticos como fator responsável pelo surgimento de várias doenças, tais como leucemia e câncer.

(ii) Impactos benéficos

➤ **Meio Físico**

- **Não emissão de poluentes atmosféricos:**

A produção de energia elétrica através da força eólica é considerada uma atividade “limpa” uma vez que não gera efluentes gasosos, ressaltando-se que a corrente de ar que entra no processo sai com as mesmas características quantitativas e qualitativas.

- **Não geração de ruídos:**

A manutenção e regulação dos equipamentos resultarão em controle da emissão de ruídos, o que decorrerá em benefícios sobre a qualidade ambiental da área das Centrais Geradoras Eólicas e do seu entorno.

- **Não geração de resíduos sólidos:**

Não haverá produção de resíduos no processo produtivo do empreendimento, principalmente pelo fato do seu funcionamento ser majoritariamente automatizado.

As Tabelas 6 e 7 apresentam a totalização dos impactos ambientais, na fase de instalação e de operação, classificados de acordo com seus atributos.

Tabela 6: Complexo Eólico Amontada: Classificação dos impactos ambientais da fase de instalação segundo atributos

FASE DE INSTALAÇÃO														
CARATER	TOTAL	%	MAGNITUDE	TOTAL	%	IMPORTANCIA	TOTAL	%	DURAÇÃO	TOTAL	%	CUMULATIVIDADE	TOTAL	%
BENÉFICO (+)	46	36,58	PEQUENO	89	72,36	NÃO SIGNIFICATIVA	62	50,41	CURTA	97	78,86	CUMULATIVA	111	90,24
ADVERSO (-)	78	63,42	MÉDIO	31	25,20	MODERADA	52	42,28	MÉDIA	3	2,44	NÃO CUMULATIVA	12	9,76
			GRANDE	3	2,44	SIGNIFICATIVA	9	7,31	LONGA	23	18,70			
	123			123			123			123			123	
REVERSIBILIDADE	TOTAL	%	ORDEM	TOTAL	%	TEMPORALIDADE	TOTAL	%	ESCALA	TOTAL	%	SINERGIA	TOTAL	%
REVERSIVEL	111	90,24	DIRETA	51	41,46	TEMPORÁRIO	97	78,86	LOCAL	80	65,04	COM SINERGIA	108	87,80
IRREVERSIVEL	12	9,76	INDIRETA	72	58,54	PERMANENTE	26	21,14	REGIONAL	43	34,96	SEM SINERGIA	15	12,20
						CÍCLICO	0	-						
	123			123			123			123			123	

Fonte: GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2011. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Complexo Eólico Amontada, Ceará.

Na fase de instalação deste empreendimento, a maior parte dos impactos ambientais são de pequena magnitude, de importância não significativa, de curta duração, não cumulativos, reversíveis, de ordem direta, temporários, de escala local e apresentam sinergia.

Tabela 7: Complexo Eólico Amontada (CE): Classificação dos impactos ambientais da fase de operação segundo atributos.

FASE DE OPERAÇÃO														
CARATER	TOTAL	%	MAGNITUDE	TOTAL	%	IMPORTANCIA	TOTAL	%	DURAÇÃO	TOTAL	%	CUMULATIVIDADE	TOTAL	%
BENÉFICO (+)	19	73,08	PEQUENO	10	38,46	NÃO SIGNIFICATIVA	6	23,08	CURTA	3	11,54	CUMULATIVA	16	61,54
ADVERSO (-)	7	26,92	MÉDIO	15	57,69	MODERADA	13	50,00	MÉDIA	3	11,54	NÃO CUMULATIVA	10	38,46
			GRANDE	1	3,85	SIGNIFICATIVA	7	26,92	LONGA	20	76,92			
	26			26			26			26			26	
REVERSIBILIDADE	TOTAL	%	ORDEM	TOTAL	%	TEMPORALIDADE	TOTAL	%	ESCALA	TOTAL	%	SINERGIA	TOTAL	%
REVERSÍVEL	26	100	DIRETA	13	50,00	TEMPORÁRIO	4	15,38	LOCAL	15	57,69	COM SINERGIA	19	73,08
IRREVERSÍVEL	0	-	INDIRETA	13	50,00	PERMANENTE	22	84,62	REGIONAL	11	42,31	SEM SINERGIA	7	26,92
						CÍCLICO	0	-						
	26			26			26			26			26	

Fonte: GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2011. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Complexo Eólico Amontada, Ceará.

Na fase de operação deste empreendimento, a maior parte dos impactos ambientais são de média magnitude, de importância moderada, de longa duração, cumulativos, reversíveis, permanentes, de escala local e apresentam sinergia. Dos impactos ambientais desta fase, 50% foram considerados de ordem direta e 50% foram considerados de ordem indireta.

5.2.2. PARAZINHO, RIO GRANDE DO NORTE- PARQUE EÓLICO VENTOS DE SÃO MIGUEL

O RIMA em questão refere-se à instalação do PARQUE EÓLICO VENTOS DE SÃO MIGUEL, no município de Parazinho, Estado do Rio Grande do Norte.

O projeto deste empreendimento é de iniciativa privada, por parte da sociedade de propósito específico (SPE) ENERGISA GERAÇÃO – CENTRAL EÓLICA VENTOS DE SÃO MIGUEL S.A e foi projetado para ser instalado em parcelas de cinco propriedades particulares, resultando em uma área de 383,47 hectares.

Parazinho possui um área territorial de 258.025 km² e população de 5.201 habitantes (IBGE, 2018), sendo sua densidade demográfica é de 17,64 hab/km².

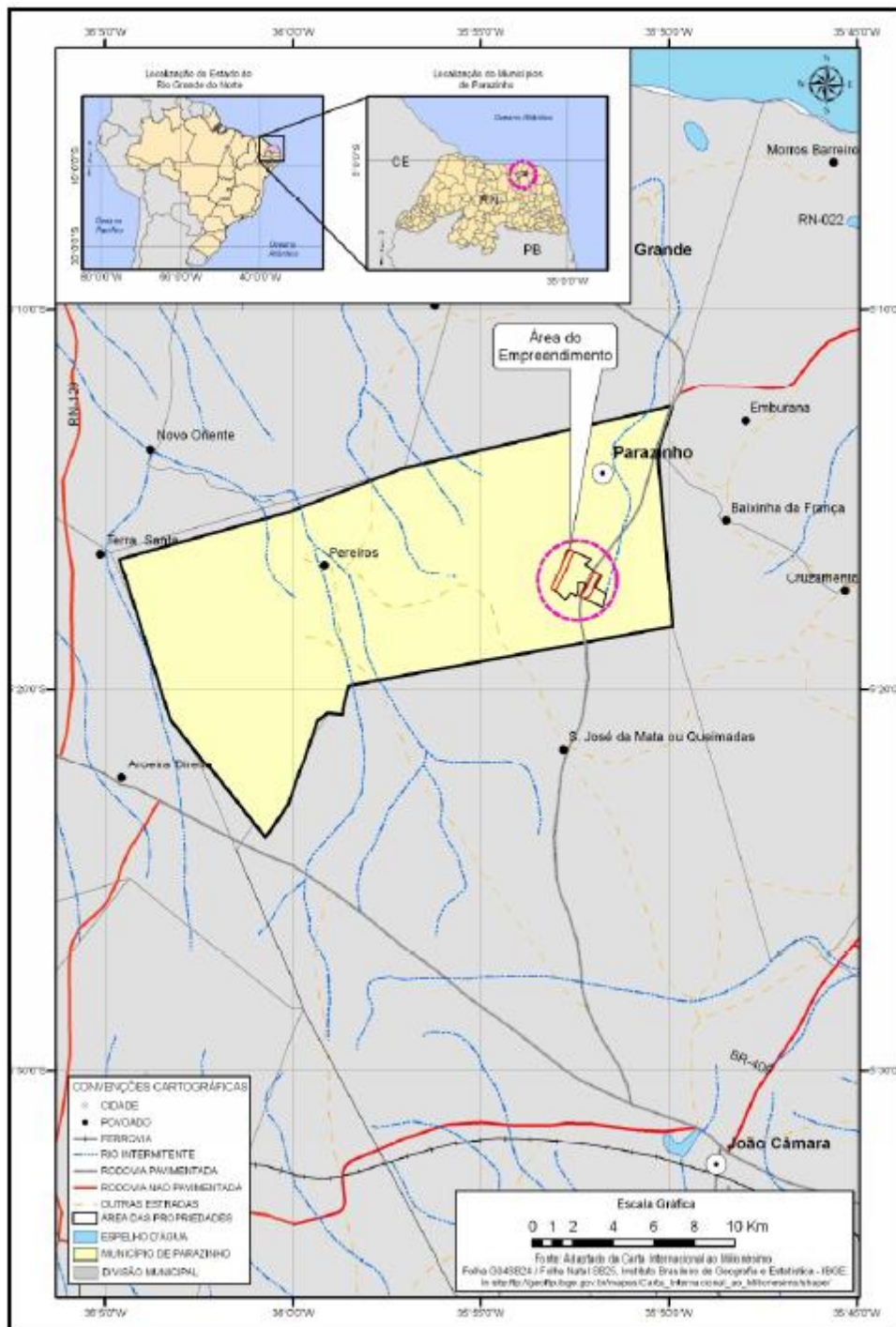
O clima da região varia entre quente e úmido a semi-árido, sendo ambas, características climáticas tropicais. O padrão climático local se deve à influência das massas de ar vindas do Oceano Atlântico e dos ventos alísios do Sudeste.

A área de influência direta do empreendimento insere-se no Bioma Caatinga.

O PARQUE EÓLICO VENTOS DE SÃO MIGUEL foi projetado para uma capacidade instalada de 30MW, através da operação de quinze turbinas eólicas de 2,0 MW, com 100 metros de altura de rotor.

Na Figura 19 pode-se observar a área de instalação do empreendimento.

Figura 19: Área de instalação do PARQUE EÓLICO VENTOS DE SÃO MIGUEL



Fonte: GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2011. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Parque Eólico Ventos de São Miguel, Parazinho, Rio Grande do Norte.

Foram identificados 147 impactos ambientais totais para a área de influência funcional do empreendimento, considerando as fases de instalação e de operação, sendo 64 (43,50%) de caráter benéfico e 83 (56,50%) de caráter adverso.

Os impactos ambientais identificados na **fase de instalação** foram:

(i) Impactos adversos:

➤ **Meio Físico**

• **Alteração da Qualidade do Ar:**

A circulação de veículos e a operação de equipamentos movidos a combustão implicarão no lançamento de material particulado na atmosfera.

• **Alteração do Nível de Pressão Sonora (Ruído):**

A operação de equipamentos e a circulação de veículos resultarão em emissão de ruídos.

• **Interferência no solo:**

A abertura das vias de acesso resulta em alteração da camada superficial dos solos das faixas de terra afetadas, como a exposição direta do solo aos raios solares e a incidência direta das chuvas. Os tratores, ao retirarem parte da camada superficial do solo, removerão os restos vegetais deixados durante a operação, o que implicará em uma alteração mais significativa em termos das características químicas do solo por conta da decomposição mais rápida da matéria orgânica.

As escavações para construção das fundações dos aerogeradores e a terraplenagem ocasionarão os impactos mais significativos sobre o meio físico da área estudada. Com as obras de terraplenagem e escavações, as camadas superficiais serão alteradas pelas obras em função do revolvimento do material, de modo que as características sedimentológicas e geotécnicas dos materiais superficiais serão modificadas.

• **Processos erosivos:**

A limpeza do terreno irá desencadear processos erosivos, tendo em vista a

perda da camada superficial do solo, uma vez que na retirada da vegetação e destocamento, notadamente nos setores de caatinga arbórea -arbustiva, as raízes carregam volumes de solos superficiais, deixando a superfície mais susceptível aos agentes erosivos.

- **Transporte de sedimentos:**

Tendo em vista que as vias locais de acesso são em leito natural, haverá uma intensificação da dinâmica sedimentar em função do tráfego mais intenso de veículos. Tal impacto tende a ser potencializado no período de estiagem, onde ocorre uma maior influência dos ventos no transporte de sedimentos.

- **Interferência na rede de drenagem:**

A supressão vegetal implicará em diminuição do fluxo das drenagens naturais.

- **Interferência com Sítios Arqueológicos:**

Levando-se em consideração os sítios arqueológicos conhecidos no entorno do empreendimento, os impactos serão: depredação ou profunda desestruturação espacial e estratigráfica de antigos assentamentos históricos; deposição de material estranho sobre a matriz de sustentação de testemunhos materiais de atividades humanas pretéritas; e, ocorrência de ações que retirem a camada de solo que protege fisicamente os sítios arqueológicos, tornando-os extremamente vulneráveis a fatores externos que possam levar à sua desestruturação espacial e estratigráfica.

- **Geração de Resíduos Sólidos:**

Os resíduos sólidos a serem gerados na fase de instalação corresponderão aos resíduos domésticos gerados nos refeitórios, sanitários e escritórios, resíduos inertes associados às atividades relativas às obras civis além dos que serão gerados nos ambulatórios dos canteiros de obras.

- **Interferência nas vias:**

A mobilização de equipamentos para a área poderá decorrer em alterações das condições de tráfego nas rodovias de acesso, considerando-se que os equipamentos pesados serão deslocados em velocidade lenta. Esta ação poderá gerar danos às estradas de acesso devido à intensificação de fluxo pesado, bem como poderá

decorrer em acidentes de trânsito, causando transtornos aos demais usuários das rodovias públicas.

➤ **Meio Biótico**

• **Interferência na Flora:**

A cobertura vegetal na área de instalação das vias de acesso, plataformas e base dos aerogeradores, casas de comando, subestações elevadoras e canteiros de obra será afetada diretamente pela ação de limpeza do terreno. A supressão da vegetal resultará diretamente em prejuízo à cobertura vegetal e a biodiversidade local.

• **Interferência na Fauna:**

A intensa mobilização de máquinas e equipamentos na área durante a instalação e readequação da infraestrutura de macrodrenagem levará ao afugentamento temporário da fauna, pela emissão de ruídos. O aumento dos riscos de atropelamentos de animais silvestres nas principais vias de acesso a área do parque eólico é iminente.

(ii) **Impactos benéficos:**

➤ **Meio Antrópico**

• **Benefícios econômico:**

A locação ou contratação de equipamentos pesados resultará em oferta de ocupação e renda indireta. A contratação de empreiteiras e a locação de equipamentos para a execução das obras gerará um acréscimo no setor de serviços e um crescimento do mercado de máquinas, equipamentos e produtos. Ainda, as atividades implicarão em aumento de empregos, aumento da moeda circulante e conseqüentemente crescimento no comércio local, aumento na arrecadação de impostos e crescimento do setor terciário.

Os impactos ambientais identificados na **fase de operação** foram:

(i) Impactos adversos

➤ Meio Físico

- **Emissão de Ruídos:**

A emissão de ruídos é um dos impactos que mais preocupam a população que reside próxima a parques eólicos. Segundo estudos realizados em aerogeradores pela Danish Wind Industry Association, 2010, a 43 metros de distância de um aerogerador emitindo 100 dB(A) geralmente ter-se-á um nível de som de 55 a 60 dB(A), correspondente a uma secadora de roupa ; a 172 metros ter-se-á 44 dB(A), que corresponde ao som que se tem em uma tranquila sala de estar ; e a uma distância de 260 m ter-se-á aproximadamente 40 dB(A). As residências da comunidade de Escadilha se encontram a mais de 300 metros dos aerogeradores projetados de forma que a esta distância o nível de ruído será inferior a 40 dB(A) o que atenderá ao disposto na NBR10.152.

- **Interferência no fluxo da água:**

O projeto do parque eólico prevê a interceptação de alguns cursos de água intermitentes, esta ação implicará em mudanças em relação as características hidrológicas/hidrogeológicas das áreas afetadas, tais como; perda do fluxo hídrico; perda da área de recarga dos aquíferos e variação do fluxo em alguns canais.

➤ Meio Biótico

- **Interferência na Fauna:**

Estudos envolvendo os animais afetados pelos aerogeradores descreveram as aves e insetos voadores como os grupos mais atingidos (Rogers *et al.*, 1978 *apud* Sovernigo, 2009). Sobre a avifauna, um encontro para discutir -los em Portugal (Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, 2005) definiu como impactos do parque eólico os seguintes: redução de habitat disponível, barreira intransponível, colisão com os aerogeradores, eletrocussão no choque com as linhas de transmissão associadas, exclusão do habitat, redução no sucesso reprodutivo.

(ii) Impactos benéficos

➤ Meio Físico

- **Não Emissão de Poluentes atmosféricos:**

Os parques eólicos, por não utilizarem combustíveis fósseis como matéria - prima, não produzem qualquer tipo de emissão de gases, uma vez que utilizam uma fonte limpa e inesgotável, o vento. O mais importante benefício da geração de energia eólica ao meio ambiente é a não emissão de dióxido de carbono ou outros poluentes na atmosfera. O dióxido de carbono contribui significativamente com agravamento do efeito estufa e consequentemente com as mudanças climáticas.

As Tabelas 8 e 9 apresentam a totalização dos impactos ambientais, na fase de instalação e de operação do PARQUE EÓLICO VENTOS DE SÃO MIGUEL, classificados de acordo com os atributos.

Tabela 8: Parque Eólico Ventos de São Miguel: Classificação dos impactos ambientais da fase de instalação segundo atributos

FASE DE INSTALAÇÃO														
CARATER	TOTAL	%	MAGNITUDE	TOTAL	%	IMPORTANCIA	TOTAL	%	DURAÇÃO	TOTAL	%	CUMULATIVIDADE	TOTAL	%
BENÉFICO (+)	45	37,19	PEQUENO	90	74,38	NÃO SIGNIFICATIVA	60	49,60	CURTA	96	79,34	CUMULATIVA	109	90,08
ADVERSO (-)	76	62,81	MÉDIO	27	22,31	MODERADA	55	45,45	MÉDIA	3	2,48	NÃO CUMULATIVA	12	9,92
			GRANDE	4	3,31	SIGNIFICATIVA	6	4,95	LONGA	22	18,18			
	121			121			121			121			121	
REVERSIBILIDADE	TOTAL	%	ORDEM	TOTAL	%	TEMPORALIDADE	TOTAL	%	ESCALA	TOTAL	%	SINERGIA	TOTAL	%
REVERSÍVEL	110	90,91	DIRETA	48	39,67	TEMPORÁRIO	95	78,51	LOCAL	79	65,29	COM SINERGIA	106	87,60
IRREVERSÍVEL	11	9,09	INDIRETA	73	60,33	PERMANENTE	26	21,49	REGIONAL	42	34,71	SEM SINERGIA	15	12,40
						CÍCLICO	0	-						
	121			121			121			121			121	

Fonte: GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2011. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Parque Eólico Ventos de São Miguel, Parazinho, Rio Grande do Norte.

Na fase de instalação deste empreendimento, a maior parte dos impactos ambientais são de pequena magnitude, de importância não significativa, de curta duração, não cumulativos, reversíveis, de ordem indireta, temporários, de escala local e apresentam sinergia.

Tabela 9: Parque Eólico Ventos de São Miguel: Classificação dos impactos ambientais da fase de operação segundo atributos

FASE DE OPERAÇÃO														
CARATER	TOTAL	%	MAGNITUDE	TOTAL	%	IMPORTANCIA	TOTAL	%	DURAÇÃO	TOTAL	%	CUMULATIVIDADE	TOTAL	%
BENÉFICO (+)	19	73,08	PEQUENO	10	38,46	NÃO SIGNIFICATIVA	6	23,08	CURTA	3	11,54	CUMULATIVA	16	61,54
ADVERSO (-)	7	26,92	MÉDIO	14	53,85	MODERADA	11	42,31	MÉDIA	0	-	NÃO CUMULATIVA	10	38,46
			GRANDE	2	7,69	SIGNIFICATIVA	9	34,61	LONGA	23	88,46			
	26			26			26			26			26	
REVERSIBILIDADE	TOTAL	%	ORDEM	TOTAL	%	TEMPORALIDADE	TOTAL	%	ESCALA	TOTAL	%	SINERGIA	TOTAL	%
REVERSÍVEL	26	100	DIRETA	13	50,00	TEMPORÁRIO	4	15,38	LOCAL	15	57,69	COM SINERGIA	18	69,23
IRREVERSÍVEL	0	-	INDIRETA	13	50,00	PERMANENTE	22	84,62	REGIONAL	11	42,31	SEM SINERGIA	8	30,77
						CICLICO	0	-						
	26			26			26			26			26	

Fonte: GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2011. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Parque Eólico Ventos de São Miguel, Parazinho, Rio Grande do Norte.

Na fase de operação deste empreendimento, a maior parte dos impactos ambientais são de média magnitude, de importância moderada, de longa duração, cumulativos, reversíveis, permanentes, de escala local e apresentam sinergia. Dos impactos ambientais desta fase, 50% foram considerados de ordem direta e 50% foram considerados de ordem indireta.

5.3. Avaliação dos Relatórios de Impacto Ambiental dos empreendimentos de geração solar fotovoltaica

Os empreendimentos solares selecionados foram a CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA TAUÁ, localizada no município de Tauá, Ceará, e a USINA SOLAR FOTOVOLTAICA - UFV LAVRAS, localizado no município de CAUCAIA, Ceará.

Os principais impactos ambientais potenciais, identificados nos RIMA's, para cada fase dos empreendimentos solares fotovoltaicos selecionados podem ser observados nos tópicos 5.2.1 e 5.2.2 abaixo, separados em adversos e benéficos.

5.3.1. TÁUÁ, CEARÁ - CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA TAUÁ

A CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA TAUÁ foi planejada para ser instalada no Município de Tauá, e teve iniciativa privada, de interesse da empresa MPX TAUÁ ENERGIA SOLAR LTDA.

A CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA TAUÁ foi projetada para uma capacidade instalada total de 50 MW, através da utilização de painéis fotovoltaicos, sendo 5MW correspondentes a primeira etapa de instalação e os 45 MW restantes correspondentes à segunda etapa.

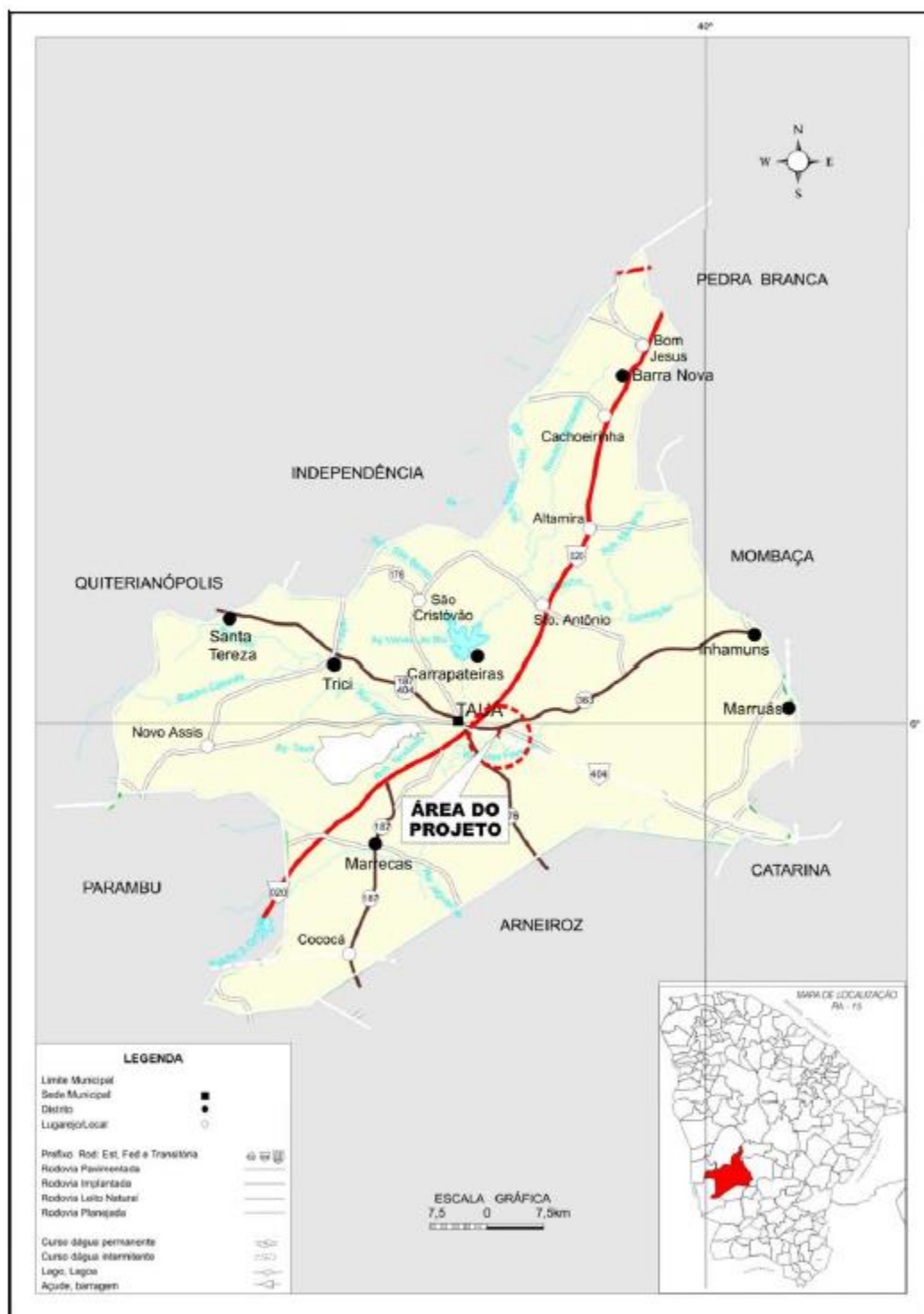
A área específica, localizada dentro do município de Tauá, para a instalação da CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA TAUÁ, é na porção sudoeste do Estado do Ceará, denominada Perímetro Irrigado Várzea do Boi, correspondendo a um total de 203,70 hectares.

Tauá é o segundo maior município cearense em área territorial, inserido por completo no bioma da Caatinga, apresentando clima semi-árido. Sua população é de 58.119 habitantes e sua densidade demográfica de 14,46 hab/km² (IBGE, 2017).

A área de influência direta do projeto da CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA TAUÁ encontra-se inserida em um ambiente sertanejo, onde as interferências antrópicas são caracterizadas pelo plantio de culturas irrigadas.

Na Figura 20 pode-se observar a área de instalação do empreendimento.

Figura 20: Área de instalação da CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA TAUÁ



Fonte: GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2012. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Centra Geradora Solar Fotovoltaica Tauá, Ceará.

Foram identificados 126 impactos ambientais totais para a área de influência funcional do empreendimento, considerando as fases de instalação e de operação, sendo 53 (42,06%) de caráter benéfico e 73 (57,94%) de caráter adverso.

Os impactos ambientais identificados na **fase de instalação** foram:

(i) Impactos adversos:

➤ **Meio Físico**

• **Alteração da Qualidade do Ar:**

A circulação de veículos e o manuseio de máquinas e equipamentos na área de instalação do empreendimento resultam em lançamento de poeiras e material particulado e de gases na atmosfera, alterando assim o padrão da qualidade do ar local.

Na instalação de alguns equipamentos poderão ser emitidos gases, em decorrência do uso de tintas, "spray", soldas, solventes e outros produtos químicos, os quais poderão ocasionalmente alterar a qualidade do ar, sendo efeitos de pequena magnitude e de curta duração.

• **Alteração do Nível de Pressão Sonora (Ruído):**

Os ruídos emitidos pelas máquinas e equipamentos implicarão em alteração do padrão de sonoridade das áreas afetadas. Durante a instalação dos equipamentos serão emitidos ruídos e vibrações, causando alterações temporárias na sonoridade local.

• **Geração de Resíduos Sólidos:**

A instalação e operação do canteiro de obras, incluindo oficinas, cozinha, banheiros e almoxarifado, gerarão inúmeros resíduos. Também, a remoção da cobertura vegetal na área resultará em produção de resíduos sólidos, como restolhos vegetais e troncos.

• **Interferência nas vias:**

A mobilização de equipamentos para a área poderá decorrer em alterações das

condições de tráfego nas rodovias de acesso, considerando-se que os equipamentos pesados serão deslocados em velocidade lenta. Esta ação poderá gerar danos às estradas de acesso devido à intensificação de fluxo pesado.

- **Processos erosivos:**

Com a supressão vegetal e o destocamento, grande volume de solos superficiais acabam sendo removidos também, deixando a superfície mais susceptível aos agentes erosivos.

Após as estradas serem implantadas, poderão ocorrer durante o período chuvoso processos erosivos no leito das estradas.

- **Transporte de sedimentos e assoreamento:**

Com a retirada da vegetação e conseqüente acirramento de processos erosivos, ocorrerá a intensificação do transporte e migração de sedimentos arenosos na direção preferencial das áreas topograficamente mais baixas, podendo ocorrer assoreamentos de pequenos cursos de drenagens naturais, afetando assim o comportamento hídrico local.

Durante a execução da terraplanagem, os locais trabalhados ficarão instáveis, podendo favorecer a movimentação de materiais, podendo causar o assoreamento das drenagens devido a instabilidade provocada na bacia de contribuição hídrica local.

- **Interferência no fluxo da água:**

A construção das vias de acesso alterará o fluxo hidrológico superficial da área de influência direta do empreendimento tendo em vista que alguns trechos das estruturas viárias conterão o fluxo natural das águas e diminuirão a superfície de infiltração das águas pluviométricas.

➤ **Meio Biótico**

- **Interferência na Flora:**

Para a instalação do projeto será realizada, a limpeza do terreno nos pontos de locação dos painéis/módulos fotovoltaicos, no local da subestação e nos traçados das vias de acesso, onde a vegetação será totalmente removida. Esta ação resultará

diretamente em prejuízo à cobertura vegetal, a qual se constitui predominantemente de espécies típicas da caatinga. Com a retirada da vegetação, ocorre diminuição do potencial ecológico.

- **Interferência na Fauna:**

Com a retirada da vegetação, ocorrerá a fuga da fauna, sendo também previsível a eliminação de grupos representantes da microfauna.

- **Interferência no solo:**

O transporte de matérias entre o canteiro e as frentes de serviços, associado ainda ao armazenamento de óleos e outras substâncias potencialmente poluentes, representam riscos de acidentes e conseqüentemente contaminação dos solos por resíduos oleosos, por esgotos sanitários e por resíduos diversos.

(ii) Impactos benéficos:

➤ **Meio Antrópico**

- **Benefícios econômico:**

A contratação de pessoas para a obra criará junto à população expectativas quanto à oferta de ocupação e renda, resultando em pagamento de numerários, aumentando assim o poder aquisitivo das pessoas envolvidas. Desta forma será possível uma melhoria das condições econômicas e sociais dos empregados e dos seus familiares. Ainda como conseqüência ocorrerá o aumento do poder de compra, gerando um crescimento do comércio e o aumento de arrecadação tributária. Tudo isso refletirá positivamente nos componentes econômicos e sociais das áreas influenciadas pelo empreendimento.

Os impactos ambientais identificados na **fase de operação** foram:

(i) Impactos adversos

➤ **Meio Biótico**

- **Interferência na Fauna:**

Riscos de acidentes com a fauna podem existir, uma vez que animais de pequeno porte poderão entrar em contato com as estruturas elétricas instaladas no solo pela construção de tocas e/ou buracos.

➤ **Meio Antrópico**

- **Campos magnéticos:**

Haverá formação de campos magnéticos no entorno dos cabos elétricos e linhas de transmissão. Estudos epidemiológicos desenvolvidos nos últimos anos têm apontado a exposição de seres vivos a campos magnéticos como fator responsável pelo surgimento de várias doenças, tais como leucemia e câncer no cérebro. Ainda, poderá haver efeitos cumulativos na área, uma vez que já existem no local linha de eletrificação de alta e média tensão.

(ii) Impactos benéficos

➤ **Meio Físico**

- **Não Emissão de Poluentes atmosféricos:**

A produção de energia elétrica através da tecnologia solar fotovoltaica não gera efluentes gasosos.

- **Não geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos:**

A produção de energia elétrica através da tecnologia solar fotovoltaica é considerada uma atividade “limpa” uma vez que não gera efluentes líquidos nem resíduos sólidos.

As Tabelas 10 e 11 apresentam a totalização dos impactos ambientais, na fase de instalação e de operação, classificados de acordo com os atributos.

Tabela 10: Central Geradora Solar Fotovoltaica Tauá: Classificação dos impactos ambientais da fase de instalação segundo atributos.

FASE DE INSTALAÇÃO														
CARATER	TOTAL	%	MAGNITUDE	TOTAL	%	IMPORTANCIA	TOTAL	%	DURAÇÃO	TOTAL	%	CUMULATIVIDADE	TOTAL	%
BENÉFICO (+)	39	36,45	PEQUENO	68	63,55	NÃO SIGNIFICATIVA	48	44,86	CURTA	79	73,83	CUMULATIVA	99	92,52
ADVERSO (-)	68	63,55	MÉDIO	38	35,51	MODERADA	54	50,47	MÉDIA	9	8,41	NÃO CUMULATIVA	8	7,48
			GRANDE	1	0,94	SIGNIFICATIVA	5	4,67	LONGA	19	17,76			
	107			107			107			107			107	
REVERSIBILIDADE	TOTAL	%	ORDEM	TOTAL	%	TEMPORALIDADE	TOTAL	%	ESCALA	TOTAL	%	SINERGIA	TOTAL	%
REVERSÍVEL	94	87,85	DIRETA	40	37,38	TEMPORÁRIO	85	79,44	LOCAL	68	63,55	COM SINERGIA	106	99,07
IRREVERSÍVEL	13	12,15	INDIRETA	67	62,62	PERMANENTE	22	20,56	REGIONAL	39	36,45	SEM SINERGIA	1	0,93
						CÍCLICO	0	-						
	107			107			107			107			107	

Fonte: GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2012. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Centra Geradora Solar Fotovoltaica Tauá, Ceará.

Na fase de instalação deste empreendimento, a maior parte dos impactos ambientais são de pequena magnitude, de importância moderada, de curta duração, cumulativos, reversíveis, de ordem indireta, temporários, de escala local e apresentam sinergia.

Tabela 11: Central Geradora Solar Fotovoltaica Tauá: Classificação dos impactos ambientais da fase de operação segundo atributos.

FASE DE OPERAÇÃO														
CARATER	TOTAL	%	MAGNITUDE	TOTAL	%	IMPORTANCIA	TOTAL	%	DURAÇÃO	TOTAL	%	CUMULATIVIDADE	TOTAL	%
BENÉFICO (+)	14	73,68	PEQUENO	8	42,11	NÃO SIGNIFICATIVA	5	26,31	CURTA	2	10,53	CUMULATIVA	10	52,63
ADVERSO (-)	5	26,32	MÉDIO	10	52,63	MODERADA	6	31,59	MÉDIA	0	-	NÃO CUMULATIVA	9	47,37
			GRANDE	1	5,26	SIGNIFICATIVA	8	42,10	LONGA	17	89,47			
	19			19			19			19			19	
REVERSIBILIDADE	TOTAL	%	ORDEM	TOTAL	%	TEMPORALIDADE	TOTAL	%	ESCALA	TOTAL	%	SINERGIA	TOTAL	%
REVERSÍVEL	19	100	DIRETA	9	47,37	TEMPORÁRIO	5	26,32	LOCAL	12	63,16	COM SINERGIA	14	73,68
IRREVERSÍVEL	0	-	INDIRETA	10	52,63	PERMANENTE	14	73,68	REGIONAL	7	36,84	SEM SINERGIA	5	26,32
						CÍCLICO	0	-						
	19			19			19			19			19	

Fonte: GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2012. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Centra Geradora Solar Fotovoltaica Tauá, Ceará.

Na fase de operação deste empreendimento, a maior parte dos impactos ambientais são de média magnitude, de importância significativa, de longa duração, cumulativos, reversíveis, de ordem indireta, permanentes, de escala local e apresentam sinergia.

5.3.2 CAUCAIA, CEARÁ - USINA SOLAR FOTOVOLTAICA - UFV LAVRAS

O empreendimento USINA SOLAR FOTOVOLTAICA - UFV LAVRAS, de interesse da empresa privada LAVRAS GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA LTDA, foi projetado para receber 619.710 módulos fotovoltaicos, com potência nominal total de 196,04 MW e potência instalada total de 219,99 MWp, caracterizada da seguinte forma: UFV LAVRAS 1: 27,04 MW, com 86.520 módulos; UFV LAVRAS 2: 27,04 MW, com 85.290 módulos; UFV LAVRAS 3: 27,04 MW, com 84.420 módulos; UFV LAVRAS 4: 27,04 MW, com 84.420 módulos; UFV LAVRAS 5: 27,04 MW, com 86.280 módulos; UFV LAVRAS 6: 20,28 MW, com 63.720 módulos; UFV LAVRAS 7: 20,28 MW, com 64.260 módulos e UFV LAVRAS 8: 20,28 MW, com 64.800 módulos.

A UFV LAVRAS foi planejada para ser implantada em um imóvel rural particular, denominado Fazenda Lavras, sendo a área total de ocupação do empreendimento de 528,29 hectares, localizada no distrito de Sítios Novos, município de Caucaia, Estado do Ceará.

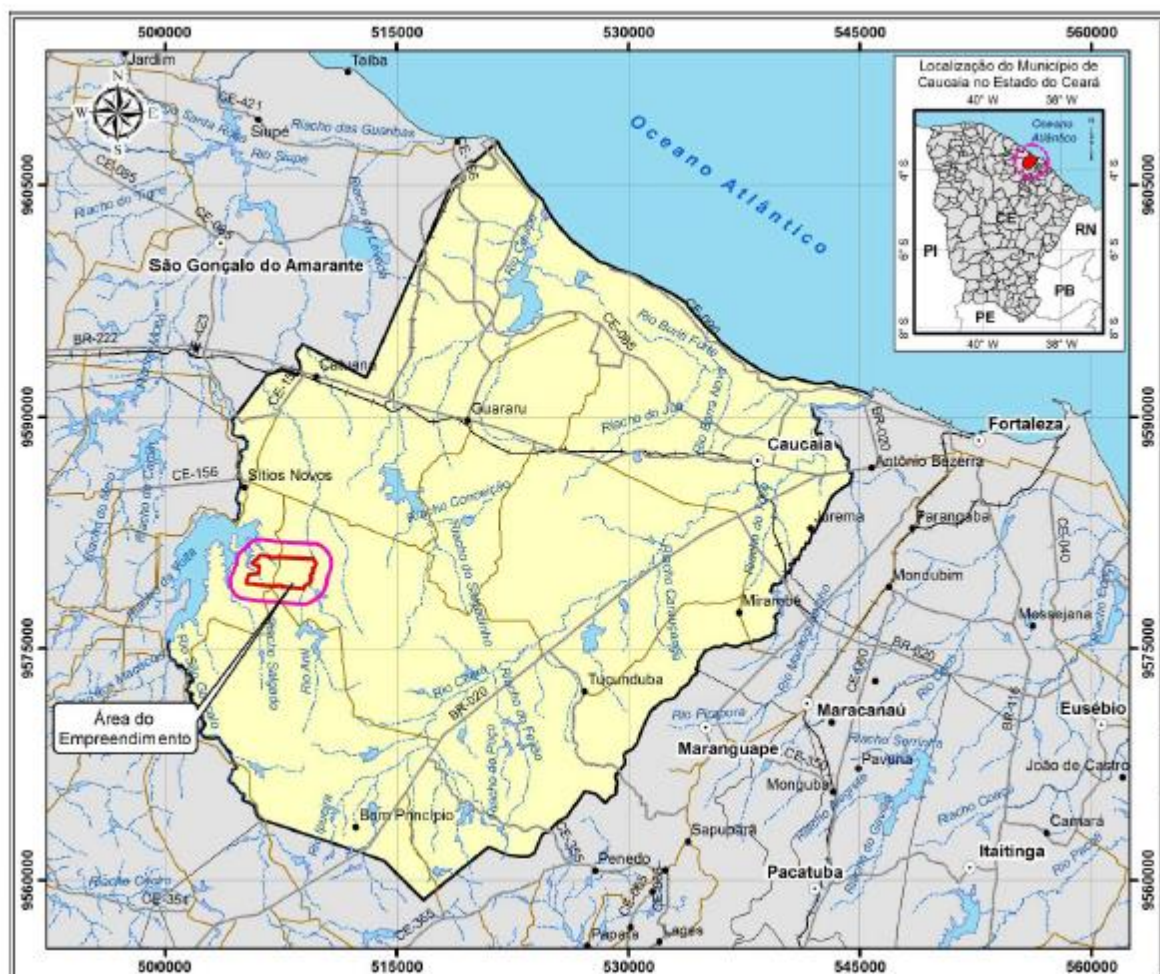
O município de Caucaia integra a Região Metropolitana de Fortaleza com cerca de 1.227,9 km², e possuía, de acordo com o último censo em 2010, uma população de 361.400 habitantes e uma densidade demográfica de 264,91 hab/ km² (IBGE, 2010).

O clima da região caracteriza-se por ser tropical chuvoso, com com dois períodos distintos, sendo um deles o período seco, que se prolonga por sete a oito meses, e o outro o período chuvoso.

A Área de Influência Direta do estudo Ambiental compreende a região onde estão inseridas partes da localidade Lavras e do Assentamento Santa Barbará, onde a ocupação do solo é caracterizada por atividades de agropecuárias, predominando a pecuária extensiva, cultivos agrícolas e armazenamento de água.

Na Figura 21 é possível se observar a área de instalação do empreendimento.

Figura 21: Área de instalação da USINA SOLAR FOTOVOLTAICA - UFV LAVRAS



Fonte: GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2019. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Usina Solar Fotovoltaica UFV-Lavras, Caucaia, Ceará.

Foram identificados 164 impactos ambientais totais para a área de influência funcional do empreendimento, considerando as fases de instalação e de operação, sendo 71 (43,3%) de caráter benéfico e 93 (56,7%) de caráter adverso.

Os impactos ambientais identificados na **fase de instalação** foram:

(i) Impactos adversos:

➤ **Meio Físico**

• **Alteração da Qualidade do Ar:**

Com a circulação de veículos, o movimentos de terra, a operação de

máquinas e a supressão vegetal do terreno, haverá alteração na qualidade do ar, por poeira fugitiva.

- **Alteração do Nível de Pressão Sonora (Ruído):**

As condições acústicas locais serão alteradas pela geração de ruídos, relacionados às construções civis, à terraplenagem, à supressão de vegetação e demais processos.

- **Interferência no solo:**

Com a supressão da vegetação, ocorrerá uma alteração da camada superficial do solo, gerando uma exposição direta do solo aos raios solares e chuvas.

- **Processos erosivos:**

Na retirada da vegetação e destocamento, as raízes carregam volumes de solos superficiais, deixando a superfície mais susceptível aos agentes erosivos.

- **Interferência no fluxo da Água:**

Com a supressão da vegetação, haverá alteração do escoamento e fluxo superficial das águas.

- **Geração de Resíduos Sólidos:**

Haverá geração de resíduos sólidos nos canteiros de obras.

- **Interferência nas vias:**

O aumento do volume de tráfego, principalmente por equipamentos pesados, poderá levar à danificação das vias, sobretudo na época chuvosa.

➤ **Meio Biótico**

- **Interferência na Flora:**

A supressão vegetal resultará diretamente na perda da cobertura vegetal e na

redução da biodiversidade local.

- **Interferência na Fauna:**

Com a supressão vegetal, ocorrerá o afugentamento e risco de acidentes com a fauna.

(ii) Impactos benéficos:

➤ **Meio Antrópico**

- **Benefícios econômico:**

A população local criará expectativas positivas quanto às oportunidades de trabalho que poderão surgir por ocasião da obra. As transações comerciais, bem como os numerários pagos aos empregados diretos e indiretos, refletirão em maior circulação de moeda, crescimento do comércio local e conseqüentemente em maior arrecadação tributária

Os impactos ambientais identificados na **fase de operação** foram:

(i) Impactos adversos

➤ **Meio Antrópico**

- **Impacto na população:**

O funcionamento do sistema poderá causar certa tensão para a população residente no entorno, quanto aos riscos de acidentes ambientais.

(ii) Impactos benéficos

➤ **Meio Físico**

- **Não Emissão de Poluentes atmosféricos:**

A energia solar fotovoltaica, como sendo uma fonte de energia limpa, não

emite poluentes atmosféricos.

➤ **Meio Antrópico**

• **Turismo:**

A operação do projeto criará um turismo científico, especialmente para a comunidade acadêmica da Região Metropolitana de Fortaleza, que poderá ir a usina solar para conhecimento da tecnologia de geração fotovoltaica.

A Tabela 12 apresenta a totalização dos impactos ambientais, somados na fase de instalação e de operação, classificados de acordo com os alguns atributos.

Esclarece-se que o RIMA em questão não forneceu os dados das fases de instalação e da fase de operação separadamente, e somente os atributos descritos na Tabela 12 foram fornecidos. Na fase de instalação foram identificados 53 impactos benéficos e 90 impactos adversos. Já na fase de operação foram identificados 18 impactos benéficos e 3 impactos adversos.

Tabela 12: Usina Solar Fotovoltaica - UFV Lavras: Classificação dos impactos ambientais da fase de instalação e fase de operação segundo atributos.

FASE DE INSTALAÇÃO + FASE DE OPERAÇÃO								
CARÁTER	TOTAL	%	MAGNITUDE	TOTAL	%	DURAÇÃO	TOTAL	%
BENÉFICO (+)	71	43,30	PEQUENO	121	73,78	CURTA	102	62,20
ADVERSO (-)	93	56,70	MÉDIO	34	20,73	MÉDIA	11	6,70
	164		GRANDE	9	5,49	LONGA	51	31,10
				164			164	
REVERSIBILIDADE	TOTAL	%	TEMPORALIDADE	TOTAL	%	ESCALA	TOTAL	%
REVERSÍVEL	134	81,70	TEMPORÁRIO	118	71,95	LOCAL	97	59,15
IRREVERSÍVEL	30	18,30	PERMANENTE	46	28,05	REGIONAL	67	40,85
			CÍCLICO	0	-			
	164			164			164	

Fonte: GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2019. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA Usina Solar Fotovoltaica UFV-Lavras, Caucaia, Ceará.

Nas fases de instalação e de operação deste empreendimento, conjuntamente, a maior parte dos impactos ambientais foram de pequena magnitude, de curta duração, reversíveis, temporários e de escala local.

5.4. Análises gráficas

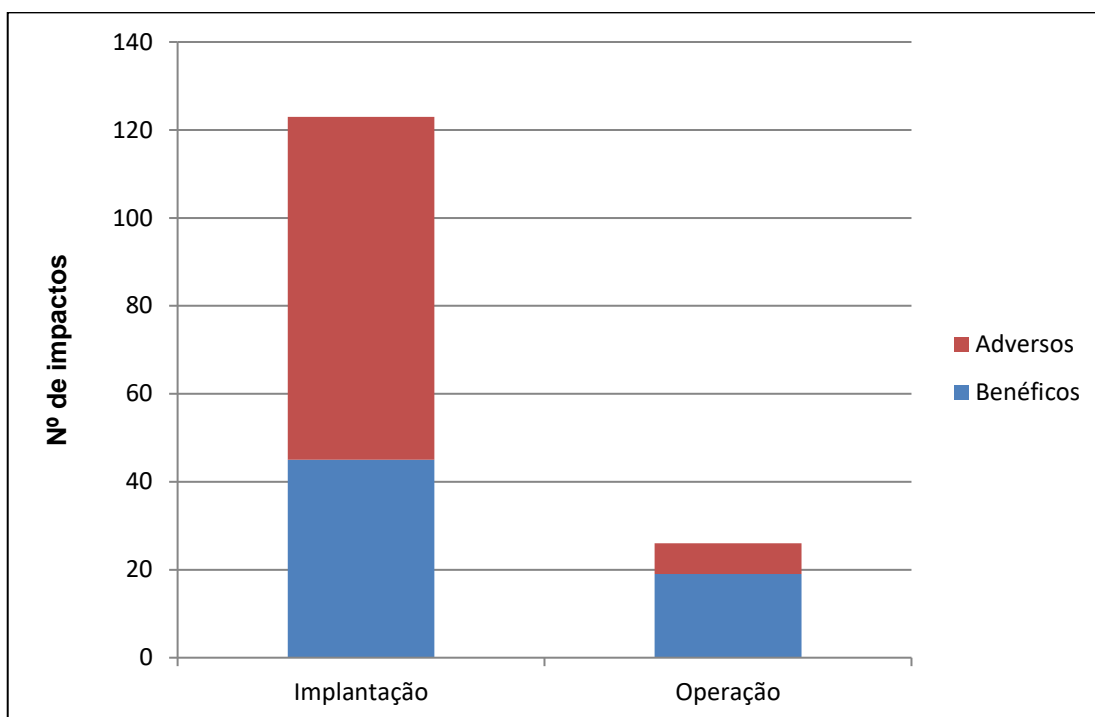
Através dos dados disponibilizados nos RIMA's e devidamente organizados em tabelas pela autora desta monografia, foi possível a confecção de gráficos que permitiram fazer comparações dos impactos ambientais nas fases de instalação e de operação dos empreendimentos analisados e entre os tipos de empreendimentos.

Com relação ao RIMA do empreendimento UFV Lavras, foram fornecidos apenas dados dos atributos caráter, magnitude, duração, reversibilidade, temporalidade e escala. Nos RIMA's referentes aos demais empreendimentos além de terem sido fornecido dados de todos esses atributos, ainda acrescentaram os de importância, cumulatividade, ordem e sinergia.

5.4.1 Análise gráfica dos impactos ambientais de cada empreendimento

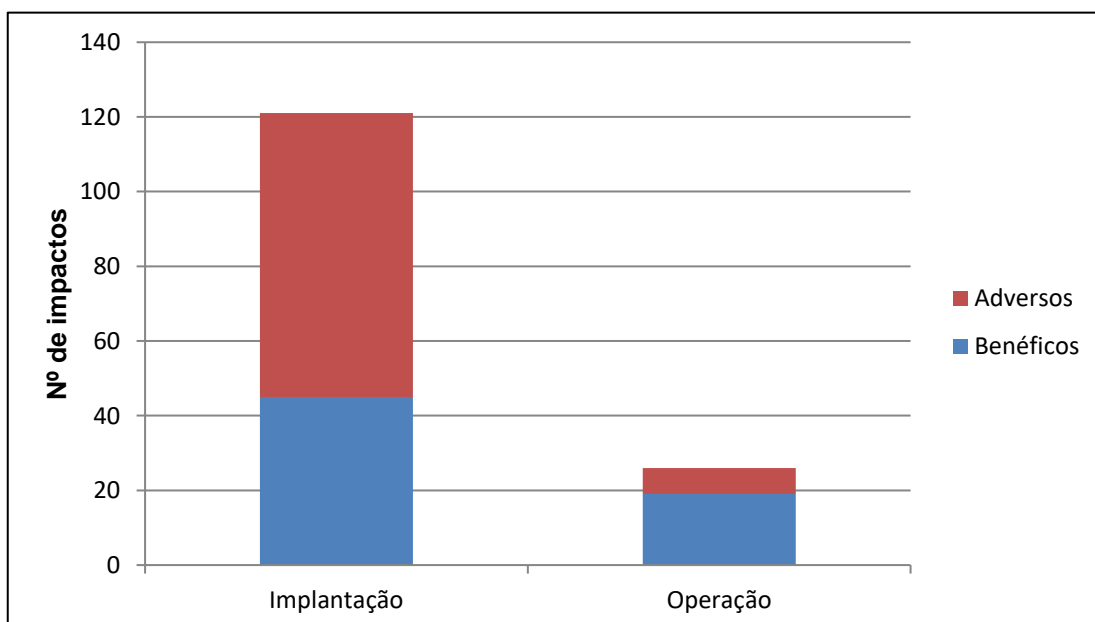
Os gráficos apresentados nas Figuras 22 a 25 fornecem informações sobre os impactos adversos e benéficos das fases de instalação e de operação de cada empreendimento.

Figura 22: Impactos ambientais do COMPLEXO EÓLICO AMONTADA



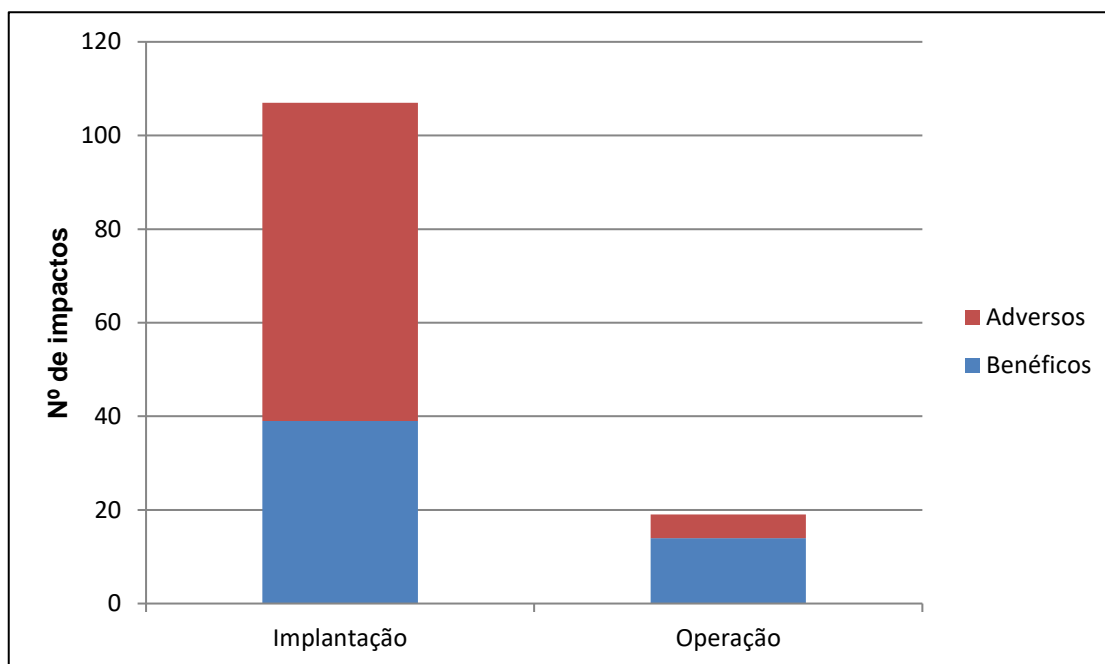
Fonte: Elaborado a partir de GEONSULT (2011a)

Figura 23: Impactos ambientais do PARQUE EÓLICO VENTOS DE SÃO MIGUEL



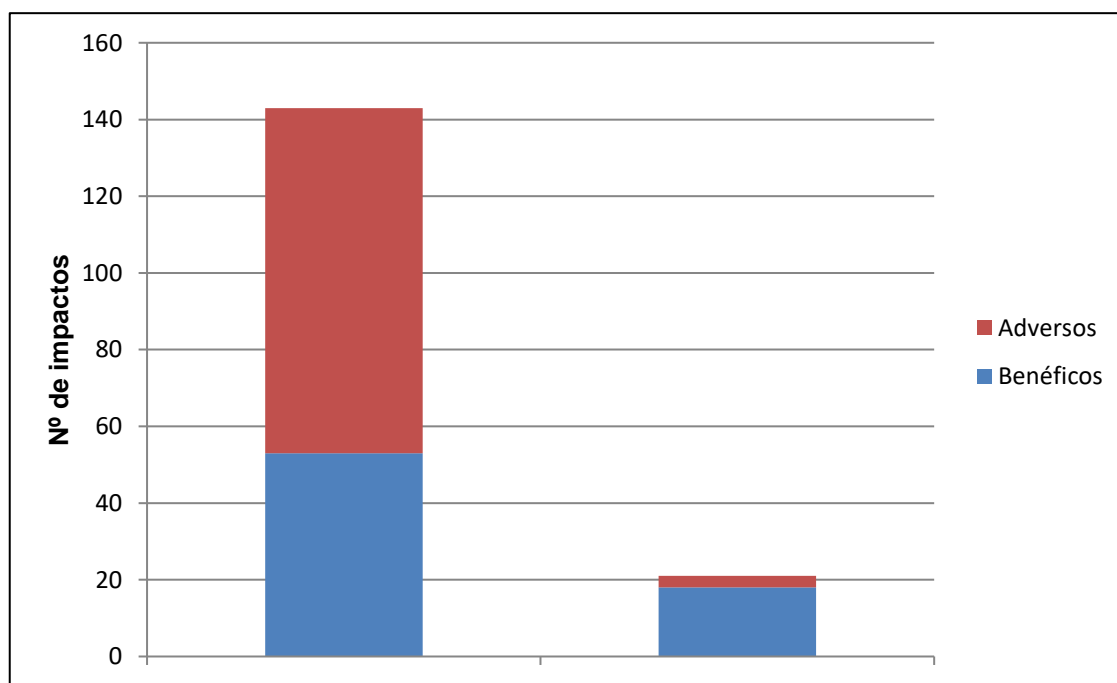
Fonte: Elaborado a partir de GEONSULT (2011b)

Figura 24: Impactos ambientais do CENTRAL FOTOVOLTAICA TAUÁ



Fonte: Elaborado a partir de GEONSULT (2012)

Figura 25: Impactos ambientais da UFV LAVRAS



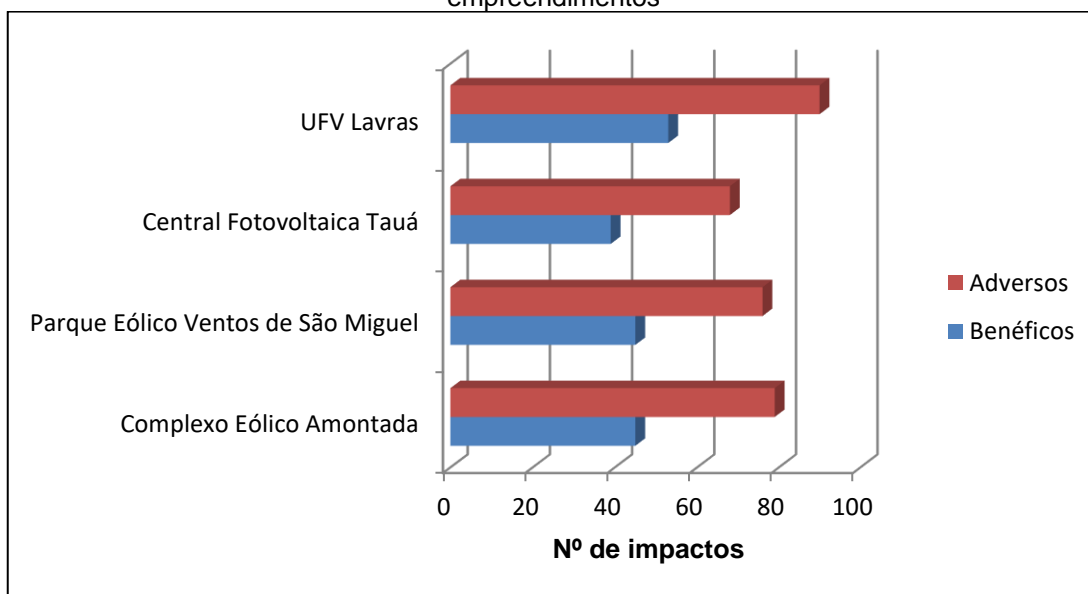
Fonte: Elaborado a partir de GEONSULT (2019)

Em todos os quatro casos pode-se notar que o número de impactos ambientais adversos na fase de instalação é extremamente superior ao número de impactos ambientais benéficos. Já na fase de operação, o contrário ocorre. Porém, em todos os empreendimentos mais de 90% do total de impactos adversos ocorre na fase de instalação.

5.4.2 Análise gráfica comparativa dos impactos ambientais por tipo de empreendimento

Os gráficos das Figuras 26 e 27 apresentam resultados da comparação entre os impactos adversos e benéficos dos quatro empreendimentos, nas fases de instalação e de operação, respectivamente.

Figura 26: Comparação dos impactos ambientais da fase de instalação para os quatro empreendimentos

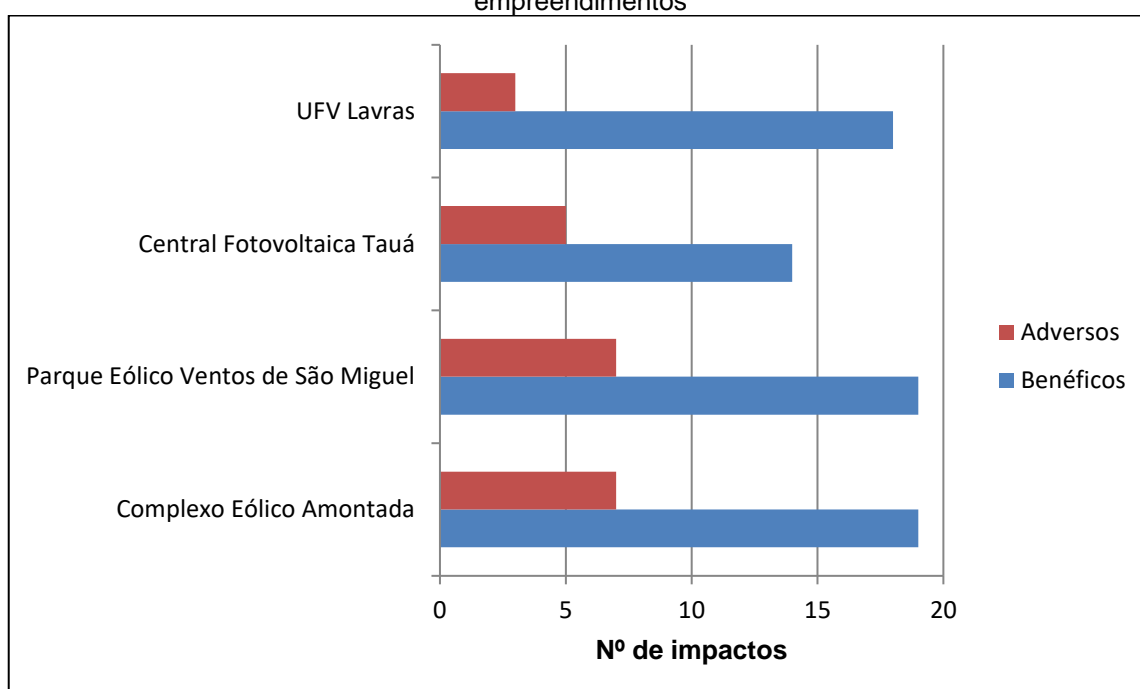


Fonte: Elaborado com base em GEONSULT (2011a, 2011b, 2012, 2019)

Comparando os impactos ambientais adversos da fase de instalação dos empreendimentos solares com os eólicos, é possível que, á primeira vista, ocorra uma perturbação na interpretação dos dados, pois quando se considera, para tal comparação, apenas o empreendimento da Central Fotovoltaica de Tauá, vê-se que os empreendimentos solares são menos danosos ao meio ambiente, ou seja, geram menos impactos adversos. Porém quando considera-se também o empreendimento

UFV Lavras, já não se pode mais concluir o mesmo. Entretanto há de se levar em consideração que, dos quatro empreendimentos, o UFV Lavras apresenta uma capacidade instalada extremamente superior aos demais. Sendo assim, é justificável o seu elevado número de impactos adversos em tal fase. Portanto, é plausível assumir que, em geral, os empreendimentos eólicos causam mais impactos ambientais adversos ao meio ambiente nas fases de instalação do que os empreendimentos solares.

Figura 27: Comparação dos impactos ambientais da fase de operação para os quatro empreendimentos



Fonte: Elaborado com base em GEONSULT (2011a, 2011b, 2012, 2019)

Com relação aos impactos ambientais adversos da fase de operação, nota-se que eles também ocorrem em maior quantidade nos empreendimentos eólicos que nos solares, sendo os impactos benéficos também maiores nos empreendimentos eólicos.

5.4.3. Comparação dos impactos ambientais por área e capacidade instalada de cada empreendimento

Para comparar os indicadores de impactos ambientais dos quatro

empreendimentos analisados, definiu-se como parâmetros: “número de impactos ambientais na fase de instalação”; “número de impactos ambientais na fase de operação”; “área ocupada pelo projeto”; “capacidade instalada”. Em seguida, calculou-se as seguintes relações, cujos resultados estão apresentados na Tabela 13:

- (a) número de impactos da fase de instalação por área destinada ao projeto;
- (b) número de impactos da fase de operação por área destinada ao projeto;
- (c) número de impactos da fase de instalação por MW de capacidade instalada;
- (d) número de impactos da fase de operação por MW de capacidade instalada.

Tabela 13: Características dos empreendimentos eólicos e fotovoltaicos e relação com impactos ambientais das fases de instalação e operação

Indicadores	COMPLEXO EÓLICO AMONTADA	PARQUE EÓLICO VENTOS DE SÃO MIGUEL	CENTRAL FOTOVOLTAICA TAUÁ	UFV LAVRAS
Localização	Amontada (CE)	Parazinho (RN)	Tauá (CE)	Caucaia (CE)
Capacidade instalada (MW)	70	30	50	196,05
Área (ha)	689,36	383,47	203,70	528,29
Clima da região	tropical	semiárido	semiárido	tropical
Nº de Impactos adversos (instalação)	78	76	68	90
Nº de impactos adversos (operação)	7	7	5	3
Relação Impactos adversos/Área (instalação)	0,1131	0,1982	0,3338	0,1702
Relação Impactos adversos/Área (operação)	0,0102	0,0183	0,0245	0,0057
Relação Impactos adversos/MW (instalação)	1,1142	2,5333	1,3600	0,4591
Relação Impactos adversos/MW (operação)	0,1000	0,2333	0,1000	0,0153
Relação Área/MW	9,8480	12,7823	4,0740	2,6947
Nº de módulos fotovoltaicos	-	-	243.000	619.710
Nº de aerogeradores	35	15	-	-

Fonte: Elaborado com base em GEONSULT (2011a, 2011b, 2012, 2019)

A análise comparativa do indicador “número de impactos/Área” mostra que os valores variam entre os empreendimentos eólicos e entre os empreendimentos solares fotovoltaicos e entre os quatro empreendimentos.

Os mesmos resultados foram obtidos em relação ao indicador “número de impactos/MW de capacidade instalada”, tanto para a fase de instalação, quanto para a fase de operação.

A análise comparativa da influência do parâmetros “Área” na extensão dos impactos ambientais, na fase de instalação, considerando o conjunto dos quatro projetos mostrou que:

- (a) a relação entre o maior indicador (Tauá: 0,3338) e o menor (Amontada: 0,1131) é igual a 2,95, ou seja, quase três vezes maior;
- (b) os valores decrescem, na seguinte ordem: Tauá > Ventos de São Miguel > Lavras > Amontada.

A análise comparativa da influência do parâmetros “Área” na extensão dos impactos ambientais, na fase de operação dos quatro projetos, mostrou que:

- (a) a relação entre o maior indicador (Tauá: 0,0245) e o menor (Lavras: 0,0057) é igual a 4,30;
- (b) o valor decresce, na seguinte ordem: Tauá > Ventos de São Miguel > Amontada > Lavras.

A análise comparativa da influência do parâmetros “Capacidade instalada” na extensão dos impactos ambientais, na fase de instalação dos quatro projetos, mostrou que:

- (c) a relação entre o maior indicador (Ventos de São Miguel: 0,2333) e o menor (Lavras: 0,4591) é igual a 5,52;
- (d) o valor decresce, na seguinte ordem: Ventos de São Miguel > Tauá > Amontada > Lavras.

A análise comparativa da influência do parâmetros “Capacidade instalada” na extensão dos impactos ambientais, na fase de operação dos quatro projetos, mostrou que:

- (c) a relação entre o maior indicador (Ventos de São Miguel:) e o menor (Amontada e Lavras: 0,1000) é igual a 2,33;
- (d) o valor decresce, na seguinte ordem: Ventos de São Miguel > Tauá; Amontada > Lavras.

Outro indicador importante é dado pela relação Área/Capacidade instalada, para o qual se verifica a seguinte ordem, em valor decrescente: Ventos de São Miguel (12,7823) > Amontada (9,8480) > Tauá (4,0740) > Lavras (2,6947). Com base nesse resultado, pode-se concluir que os empreendimentos eólicos demandam maior área por MW de capacidade instalada do que os empreendimentos solar fotovoltaicos, chegando à diferença de cerca de cinco vezes.

A análise global desses indicadores mostram que o pior projeto, considerando os parâmetros considerados é o referente ao Parque Eólico Ventos de São Miguel.

Deve-se destacar que, na análise considerada, não foram explicitadas as diferenças significativas das áreas candidatas e receber tais projetos, por entender que isso foi, necessariamente, incorporado, quando da identificação e avaliação dos impactos ambientais apresentados nos RIMAs.

Observa-se que o total de impactos ambientais identificados para cada projeto é proporcional à capacidade instalada, pois o aumento desse parâmetros implica na necessidade de um número maior de turbinas, no casos dos empreendimentos eólicos e de um número maior de módulos fotovoltaicos, no caso dos empreendimentos solares.

Em consequência, para instalação e manutenção de maior número de equipamentos, há necessidade de aumentar a contratação de mão de obra, de serviços e o consumo de materiais, amplificando os impactos ambientais adversos na fase de instalação, ou seja, modificando os valores do quadro de atribuição de peso aos atributos dos referidos impactos.

Como exemplos de impactos ambientais adversos que podem passar a existir em um projeto com maior valor de capacidade instalada, pode-se pensar na instalação de um pequeno número de equipamentos em determinada área, que demandaria uma supressão vegetal não tão intensa quanto no caso de um empreendimento com elevada capacidade instalada, que necessitaria de maior quantidade de equipamentos ou mesmo equipamentos de maior porte. Sendo assim, no primeiro caso, por exemplo pode não haver interferência no fluxo hídrico local, e, já no segundo caso é mais provável que ocorra, podendo gerar modificação na rede de drenagem, alteração na dinâmica do transporte de sedimentos.

Com relação à razão entre o número de impactos ambientais adversos por MW, descritos na Tabela 13, pode-se observar que, de modo geral, a relação entre

esses valores na fase de instalação apresentou, para os quatro empreendimentos, valores maiores que essa mesma relação para a fase de operação. Porém, quando se compara essas relações entre as modalidades de empreendimentos, observa-se que estes valores são superiores para os projetos eólicos, possibilitando assim concluir que estes são mais danosos ao meio ambiente do que os empreendimentos fotovoltaicos.

5.4.4. Comparação dos impactos ambientais com base no atributo reversibilidade

Na Tabela 14 abaixo é possível se observar o número de impactos ambientais adversos da fase de instalação, classificados como "irreversíveis" de três, dos quatro empreendimentos.

Tabela 14: Número de impactos ambientais adversos irreversíveis na fase de instalação dos empreendimentos

FASE DE INSTALAÇÃO	
Empreendimentos	Nº de impactos ambientais adversos irreversíveis
COMPLEXO EÓLICO AMONTADA	12
PARQUE EÓLICO VENTOS DE SÃO MIGUEL	11
CENTRAL FOTOVOLTAICA TAUÁ	13

Fonte: Elaborado com base em GEONSULT (2011a, 2011b, 2012, 2019)

Todos os impactos ambientais adversos considerados irreversíveis, quantificados na Tabela 14, são pertencentes somente à fase de instalação dos empreendimentos, sendo que, com relação à esses mesmos três projetos, os impactos ambientais adversos irreversíveis da fase de operação foram todos considerados não existentes.

Em relação ao empreendimento UFV Lavras, o parâmetro "número de impactos ambientais adversos irreversíveis" foi fornecido pelo Relatório de Impacto de Meio Ambiente, considerando-se o somatório dos mesmos na fase de instalação e na fase de operação do empreendimento, totalizando 30.

Desta forma não foi possível analisá-los em cada fase do empreendimento, embora, a base da análise que se propôs a fazer neste trabalho é exatamente isso:

quais impactos ambientais da fase de instalação se somam aos impactos da fase de operação, ou seja, que há impactos ambientais adversos irreversíveis da fase de instalação que se estendem para a fase de operação, podendo ainda perdurarem por toda a vida útil do empreendimento.

Conclui-se, assim, que os impactos ambientais adversos irreversíveis da fase de instalação estendem-se até a fase de operação, podendo ainda perdurarem por toda a vida útil do empreendimento.

De modo geral, nos empreendimentos eólicos podem ser descritos como impactos de interferência na fauna, na flora e no solo, impactos relacionados à interferência no fluxo hídrico e de poluição sonora. Para os empreendimentos fotovoltaicos, os impactos ambientais estão associados à interferência na fauna, na flora, no solo e no fluxo hídrico.

Isso posto, fica demonstrado que a geração de eletricidade com base em renovável eólica e fotovoltaica não é tão isenta, assim, de impactos ambientais. Ou seja, que há uma outra realidade na fase de operação de tais empreendimentos.

6. CONCLUSÃO

Há dois motivos que estão promovendo o crescimento da geração de energia elétrica a partir das fontes eólicas e solar no Brasil: o incentivo ao uso de energias renováveis, como consequência das ações globais visando a mitigação da emissão de gases de efeito estufa e o fato de ser um país favorecido com relação à determinadas condições climáticas — elevado potencial eólico, principalmente no litoral da região Nordeste e a intensa radiação solar que incide sobre boa parte de seu território.

Dentre todas as regiões, o Nordeste brasileiro vem, por este motivo, sendo preferido para a instalação de tais projetos, liderando, inclusive, na capacidade instalada de geração eólica e solar, e, dessa forma, tornou-se a localidade com maior potencial para sofrer impactos ambientais provenientes da instalação e operação de projetos de parques solares e eólicos.

O RIMA do COMPLEXO EÓLICO AMONTADA apontou a maior parte dos impactos ambientais deste empreendimento, na fase de instalação, como sendo de pequena magnitude, de importância não significativa, de curta duração, não cumulativos, reversíveis, de ordem direta, temporários, de escala local e apresentam sinergia. Já os impactos ambientais da fase de operação foram definidos, em sua maior parte, como sendo de média magnitude, de importância moderada, de longa duração, cumulativos, reversíveis, permanentes, de escala local e apresentam sinergia. Dos impactos ambientais desta fase, 50% foram considerados de ordem direta e 50% foram considerados de ordem indireta.

A maior parcela dos impactos ambientais referentes ao empreendimento PARQUE EÓLICO VENTOS DE SÃO MIGUEL apresentam, na fase de instalação, características de pequena magnitude e de importância não significativa, sendo de curta duração, não cumulativos, reversíveis, de ordem indireta, temporários, de escala local e apresentando sinergia. Já na fase de operação, a maior parte dos impactos ambientais deste empreendimento foram caracterizados como de média magnitude, de importância moderada, de longa duração, cumulativos, reversíveis, permanentes, de escala local e apresentando sinergia, sendo que 50% deles foram considerados de ordem direta e 50% de ordem indireta.

O empreendimento CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA TAUÁ

foi descrito como tendo a maior parte dos impactos da fase de instalação sendo de pequena magnitude, de importância moderada, de curta duração, cumulativos, reversíveis, de ordem indireta, temporários, de escala local e apresentando sinergia. Entretanto na fase de operação, os impactos ambientais deste empreendimento, em sua maioria, foram de média magnitude, de importância significativa, de longa duração, cumulativos, reversíveis, de ordem indireta, permanentes, de escala local e apresentam sinergia.

Dos impactos definidos para o empreendimento UFV LAVRAS, nas fases de instalação e de operação conjuntamente, a maior parte deles foi considerada de pequena magnitude, de curta duração, reversíveis, temporários e de escala local.

Todos os quatro Relatórios de Impacto Ambiental analisados apresentaram mais de 90% do total de impactos adversos na fase de instalação. Ainda, na fase de instalação de todos os empreendimentos analisados, a proporção do número de impactos adversos é muito superior à proporção de impactos benéficos.

Em geral, os empreendimentos eólicos causam mais impactos ambientais adversos ao meio ambiente nas fases de instalação do que os empreendimentos solares.

A ordem do pior empreendimento para o melhor empreendimento é: Central Fotovoltaica Tauá, Parque Eólico Ventos de São Miguel, UFV Lavras e Complexo Eólico Amontada.

Com base na relação entre área/MW de capacidade instalada, para os quatro empreendimentos, vê-se que para ser possível a geração do mesmo MW de eletricidade, existem diferenças significativas das áreas necessárias para esses projetos. O número de impactos ambientais adversos, ocasionados pelos empreendimentos, não tem relação direta com a extensão geográfica da área utilizada para instalação dos mesmos, mas varia com a capacidade instalada de cada projeto.

Dos quatro empreendimentos, somente o UFV Lavras considerou, de fato, a irreversibilidade. Os principais impactos considerados irreversíveis nas fases de instalação dos empreendimentos eólicos são os de interferência na fauna, na flora e no solo, os relacionados à interferência no fluxo hídrico, e os impactos de poluição sonora. Já nos empreendimentos fotovoltaicos investigados, os principais impactos ambientais irreversíveis na fase de instalação são os de interferência na fauna, na

flora e no solo, e os impactos de interferência no fluxo hídrico.

A conclusão final é uma resposta à pergunta realizada no título desta monografia. Com base nos estudos realizados neste trabalho de pesquisa, conclui-se que existe sim uma outra realidade dos empreendimentos eólicos e fotovoltaicos na fase de operação, pois a etapa de instalação de parques eólicos e fotovoltaicos causa impactos ambientais irreversíveis nas áreas onde são implantados e se estendem para a fase de operação, podendo ainda se estenderem por toda vida útil dos empreendimentos. Existe uma ideia generalizada de que tais projetos interferem muito pouco nos compartimentos ambientais, ficando visíveis ao público, somente os impactos relacionados à fase de operação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEEÓLICA. **Matriz Elétrica Brasileira**. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/>. Acesso em: 11 set. 2019.

ABSOLAR. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/atlas-brasileiro-de-energia-solar-2a-edicao.html>. Acesso em: 20 set. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia eólica**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 10 set. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia Solar**. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf). Acesso em: 26 out. 2019.

BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY. **Geração eólica bruta e a capacidade cumulativa instalada de turbinas eólicas nos diferentes continentes**. Disponível em: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>. Acesso em: 3 out. 2019.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA – CEPEL. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Disponível em: www.cepel.br. Acesso em: 5 set. 2019.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>. Acesso em: 12 set. 2019.

CONEXÃO PLANETA. **Parque Solar Horizonte**. Disponível em: <http://conexaoplaneta.com.br/>. Acesso em: 24 out. 2019.

CÂMARA LEGISLATIVA. **Energia Solar Fotovoltaica: Panorama, Oportunidades e Desafios**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/audiencias-publicas/2019/13-08-2019-distribuicao-de-energia-solar-fotovoltaica/2019.08.13%20ABSOLAR%20-%20Energia%20Solar%20Fotovoltaica%20-%20Dr.%20Rodrigo%20Lopes%20Sauaia.pdf>. Acesso em: 9 out. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2018**. Disponível em: http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf. Acesso em: 16 out. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Evolução da matriz energética brasileira**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>. Acesso em: 21 set. 2019.

EOLICA. **CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA – CBEE / UFPE. 2000.** Disponível em: www.eolica.com.br. Acesso em: 23 ago. 2019.

FAO. **Resolução CONAMA 237, de 19 de dezembro de 1997**. Disponível em: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bra25095.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2011. **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Complexo Eólico Amontada, Ceará.**

GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2011. **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Parque Eólico Ventos de São Miguel, Parazinho, Rio Grande do Norte.**

GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2012. **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Centra Geradora Solar Fotovoltaica Tauá, Ceará.**

GEONSULT, C. G. e. M. A.L., 2019. **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Usina Solar Fotovoltaica UFV-Lavras, Caucaia, Ceará.**

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL . **Dados mundiais de energia eólica.** Disponível em: https://gwec.net/wp-content/uploads/vip/%20GWEC_PRstats2017_EN-003_FINAL.pdf. Acesso em: 28 set. 2019.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Geração eólica.** Disponível em: <https://gwec.net/>. Acesso em: 3 out. 2019.

GODOY, A. S. **A pesquisa qualitativa e sua utilização em administração de empresas.** Revista de Administração de Empresas. São Paulo, v. 35, n. 4, ago. 1995.

GRUBB, M. J; MEYER, N. I. **Wind energy: resources, systems and regional strategies.** In: JO-HANSSON, T. B. et. al. Renewable energy: sources for fuels and electricity. Washington, D.C.: Island Press, 1993.

[HTTPS://CIDADES.IBGE.GOV.BR/BRASIL/CE/CAUCAIA/PANORAMA](https://CIDADES.IBGE.GOV.BR/BRASIL/CE/CAUCAIA/PANORAMA). **Caucaia CE.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/caucaia/panorama>. Acesso em: 13 out. 2019.

IBGE. **Amontada CE.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/amontada/panorama>. Acesso em: 14 out. 2019.

IBGE. **Parazinho RN.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/parazinho/panorama>. Acesso em: 1 out. 2019.

IBGE. **Tauá CE.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/taua/panorama>. Acesso em: 4 out. 2019.

IEA. **World Energy Balances.** Disponível em: <https://www.iea.org/statistics/balances/>. Acesso em: 17 ago. 2019.

INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA, EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA – CAMPUS LIMOEIRO DO NORTE. **Energia eólica**. Disponível em: <https://ifce.edu.br/limoeironorte>. Acesso em: 12 set. 2019.

LETRAS AMBIENTAIS. **Complexo eólico em Caetité, BA.**. Disponível em: <https://letrasambientais.com.br/>. Acesso em: 11 out. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Estudos energéticos**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/>. Acesso em: 18 set. 2019.

MMA. **LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>. Acesso em: 22 out. 2019.

MMA. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 8 de março de 1990**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=98>. Acesso em: 27 out. 2019.

MMA. **Resolução CONAMA nº 001, DE 23 JANEIRO DE 1986**. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf. Acesso em: 27 out. 2019.

NHSOLARSHARES. **Evolução da matriz elétrica mundial 2019**. Disponível em: <https://nhsolarshares.org/>. Acesso em: 5 set. 2019.

OLIVEIRA, Frederico Fonseca Galvão; MEDEIROS, Wendson Dantas de Araújo. **Bases teórico-conceituais de métodos para avaliação de impactos ambientais em EIA/RIMA**. Mercator – Revista de Geografia da UFC, Fortaleza-CE, v. 06, n. 11, nov. 2007.

PATTON, M. G. **Qualitative Research and Evaluation Methods**. 3 ed. Thousand Oaks, CA: Sage, 2002.

PORTAL SOLAR. **Usina Solar**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/usina-solar.html>. Acesso em: 27 nov. 2019.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

UFRJ. **Fontes de Energia Renováveis - Geração Eólica**. Disponível em: http://www.solar.coppe.ufrj.br/eolica/eol_txt.htm. Acesso em: 3 out. 2019.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.