



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JOÃO PEDRO MACHADO DE LIMA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS
(AIA) PARA EMPREENDIMENTOS DE ENERGIA EÓLICA**

FORTALEZA/CE

2022

JOÃO PEDRO MACHADO DE LIMA

PROPOSTA DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS (AIA)
PARA EMPREENDIMENTOS DE ENERGIA EÓLICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Civil – Recursos Hídricos. Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota

FORTALEZA/CE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L698p Lima, João Pedro Machado de.
Proposta de metodologia de Avaliação de Impactos Ambientais (aia) para empreendimentos de energia eólica / João Pedro Machado de Lima. – 2022.
87 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Me. Francisco Suetônio Bastos Mota.

1. Avaliação de Impactos Ambientais. 2. Metodologia de avaliação de impactos ambientais. 3. AIA de empreendimentos eólicos. 4. Parques eólicos no Ceará. I. Título.

CDD 720

JOÃO PEDRO MACHADO DE LIMA

PROPOSTA DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS (AIA)
PARA EMPREENDIMENTOS DE ENERGIA EÓLICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Civil – Recursos Hídricos. Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Aprovada em: 08/12/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Marisete Dantas de Aquino
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcus Vinícius Sousa Rodrigues
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

A Deus.

Aos meus pais, Maria Luci e João Júnior, ao
meu irmão, David e a mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, determinação e saúde para conseguir elaborar este estudo mesmo com todas as adversidades.

Aos meus pais, Maria Luci e João Júnior, minha base, por tudo que abdicaram e fizeram por mim, sempre me incentivando a ter a educação como principal artifício para mudança de vida.

Ao meu irmão, David, e demais familiares amados, que sempre estiveram compartilhando momentos bons e dando suporte nos dias mais difíceis.

À Maria Helena, minha amiga, que me acompanha, lado a lado, desde o início da graduação e se faz sempre presente com seu apoio e compartilhando momentos de afeto.

Aos demais amigos, que, mesmo sem ter ciência, contribuíram para meu processo ser mais divertido e leve.

Ao Prof. Dr. Suetônio Mota, pela excelente orientação e ajuda no processo elaborativo e por ser uma referência profissional.

Aos professores Dra. Marisete Dantas de Aquino e Dr. Marcus Vinícius Sousa Rodrigues, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões durante a banca examinadora.

Aos demais professores da Universidade Federal do Ceará, que, desde a graduação, passaram conteúdos e ensinamentos que carrego comigo sempre.

À Universidade Federal do Ceará, pelos professores, colegas, amigos e demais pessoas, que tornaram minha experiência durante os anos de graduação e mestrado, as melhores possíveis, engrandecendo-me profissional e pessoalmente acima de tudo.

À FUNCAP, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende
o que ensina.”

Cora Coralina

RESUMO

A fonte eólica representa a segunda principal fonte explorada para geração de energia no Brasil, dispondo de mais de 800 parques espalhados por doze estados do território nacional. O território cearense, para o ano de 2022, já dispõe de potência outorgada de 2.506,4 MW, distribuída por 99 parques. Com a ascensão da implantação desses empreendimentos no Brasil, há o crescimento dos impactos gerados. Dentre as estratégias para gerir tal cenário de geração de impactos, destaca-se a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA). Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo propor metodologia para avaliação de impactos ambientais específica para empreendimentos geradores de energia tendo como base a fonte eólica. Para tal, houve levantamento do cenário das energias renováveis no Brasil e no Ceará, baseando-se em pesquisa bibliográfica, assim como coleta de dados sobre os Estudos de Impactos Ambientais (EIAs) dos empreendimentos eólicos já aprovados no Ceará. A fonte de dados primordial foi o sítio eletrônico da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), em que se identificou espaço amostral de 84 EIAs aprovados, sendo que este estudo foi elaborado tomando como base 41 deles, os quais estão compreendidos no período de 1997 e 2022. Além disso, percebeu-se que o mercado de consultoria ambiental, em âmbito cearense, apresenta diversidade de empresas atuantes, dentre as quais poucas destoam em termos de quantidade de estudos de empreendimentos eólicos de grande porte. Em termos de metodologia, houve preferência pelos métodos de *Checklist* e Lista Sequencial de Causas e Efeitos associados a demais métodos, como a Matriz de Leopold e *Ad hoc*. No método proposto (Método Lima), os atributos foram divididos em três níveis de ordem, de modo a calcular a importância e magnitude. Ao serem interrelacionados com o caráter, houve a definição da significância, a qual ficou dividida em cinco classes. O método foi elaborado e validado frente a outros cinco, demonstrando-se mais rigoroso no processo avaliativo. Foi indicado, ainda, que a metodologia proposta se mostrou com menor subjetividade frente às demais, pelo fato de que os elaboradores da AIA somente interferirão nos atributos de primeira ordem, com a subjetividade sendo diminuída até que se atinja a significância final.

Palavras-chave: Avaliação de Impactos Ambientais; metodologia de avaliação de impactos ambientais; AIA de empreendimentos eólicos; parques eólicos no Ceará.

ABSTRACT

The wind source represents the second main source explored for energy generation in Brazil, with more than 800 farms spread across twelve states of the national territory. The territory of Ceará, for the year 2022, already has a granted power of 2,506.4 MW, distributed among 99 farms. With the rise of the implementation of these projects in Brazil, there is an increase in the impact's generation. Among the strategies to manage such a scenario of impact generation, the Environmental Impact Assessment (EIA) stands out. In this sense, the present work aimed to propose a methodology for the assessment of environmental impacts specific to energy generating projects based on the wind source. To this end, there was a survey of the scenario of renewable energies in Brazil and Ceará, based on bibliographic research, as well as data collection on the EIA of wind projects already approved in Ceará. The main data source was the website of the State Superintendence of the Environment of Ceará (SEMACE), in which a sample space of 84 approved EIAs was identified, and this study was prepared based on 41 of all, which were elaborated in the period of 1997 and 2022. In addition, it was noticed that the environmental consultancy market, in Ceará, presents a diversity of active companies, among which few differ in terms of the number of studies of large wind farms. In terms of methodology, there was a preference for the Checklist and Sequential List of Causes and Effects methods associated with others, such as the Leopold Matrix, Ad hoc and Checklist. In the proposed method (Lima method) the attributes were divided into three order levels, in order to calculate the importance and magnitude. When interrelated with the character, there was a definition of significance, which was divided into five classes. The Lima method was elaborated and validated against five EIA, proving to be more rigorous in the evaluation process. It was also indicated that the proposed methodology showed less subjectivity compared to the others, due to the fact that the EIA developers will only interfere in the first-order attributes, with subjectivity being reduced until the final significance is reached.

Keywords: Environmental Impact Assessment; methodology for assessing environmental impacts; EIA of wind farms; wind farms in Ceará.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz energética brasileira em 2022.....	15
Figura 2 – Renovabilidade na matriz energética brasileira entre 2012 e 2021.....	27
Figura 3 – Representatividade de Potência Instalada no Ceará frente ao cenário nacional.	32
Figura 4 – Passo a passo para aquisição de dados.....	39
Figura 5 – Definição da amostragem de trabalho.....	40
Figura 6 – Evolução do número de EIAs de empreendimentos geradores de energia a partir da fonte eólica aprovados no Ceará.....	42
Figura 7 – Evolução do número de EIAs de empreendimentos geradores de energia a partir da fonte eólica aprovados no Ceará, por empresa elaboradora.	43
Figura 8 – Mapa com distribuição dos parques eólicos aprovados no Ceará entre 1997 e 2022.	45
Figura 9 – Evolução do número de EIAs aprovados no Ceará.....	47
Figura 10 – Atributos utilizados nas AIAs de empreendimentos geradores de energia a partir da fonte eólica aprovados no Ceará entre 1997 e 2022.	48
Figura 11 – Ordens de divisão dos atributos.	52
Figura 12 – Representação gráfica de cumulatividade e sinergia.	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação com EIA A.	70
Gráfico 2 – Comparação com EIA B.	71
Gráfico 3 – Comparação com EIA C.	72
Gráfico 4 – Comparação com EIA D.	72
Gráfico 5 – Comparação com EIA E.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo da distribuição de parques eólicos no Brasil em 2019 e 2022.	30
Tabela 2 – Atributos de primeira ordem: definições, classificações e pesos.	53
Tabela 3 – Atributos de segunda ordem: definições, classificações e pesos.	58
Tabela 4 – Interações entre atributos e cálculo da Importância.	61
Tabela 5 – Interações entre atributos e cálculo da Magnitude.	61
Tabela 6 – Nova classificação para Importância e Magnitude.	62
Tabela 7 – Interações para cálculo da Significância.	63
Tabela 8 – Classes finais para Significância.	63
Tabela 9 – Aplicação do Método Lima.	65
Tabela 10 – Resumo dos resultados de comparação entre métodos de AIA.	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA	Avaliação de Impactos Ambientais
CEQ	Conselho de Qualidade Ambiental dos EUA (tradução)
COEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente do Ceará
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impactos Ambientais
GCE	Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica
IAIA	Associação Internacional de Avaliação de Impacto (tradução)
NEPA	Lei da Política Nacional do Meio Ambiente dos Estados Unidos (tradução)
PEO	Parque Eólico <i>Onshore</i>
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
RIMA	Relatório de Impactos Ambientais
SEMACE	Superintendência de Meio Ambiente do Ceará

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
1.1.	OBJETIVO GERAL.....	16
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1.	AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	18
2.1.1.	<i>Análise Histórica</i>	<i>18</i>
2.1.2.	<i>Instrumentos Legais.....</i>	<i>20</i>
2.1.3.	<i>Metodologias de Avaliação de Impactos Ambientais</i>	<i>22</i>
2.2.	CENÁRIO ATUAL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS COM ÊNFASE NA FONTE EÓLICA	24
2.2.1.	<i>Energia Eólica no Brasil</i>	<i>27</i>
2.2.2.	<i>Energia Eólica no Ceará</i>	<i>30</i>
2.2.3.	<i>Perspectivas para o Futuro</i>	<i>32</i>
2.2.4.	<i>Avaliação de Impactos de Empreendimentos Eólicos</i>	<i>35</i>
3.	METODOLOGIA.....	38
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1.	DIAGNÓSTICO DOS EIAs	42
4.2.	METODOLOGIAS DE AIA UTILIZADAS	46
4.3.	PROPOSTA DE METODOLOGIA DE AIA PARA EMPREENDIMENTOS EÓLICOS.....	49
4.3.1.	<i>Métodos de referência</i>	<i>49</i>
4.3.2.	<i>Atributos</i>	<i>50</i>
4.3.3.	<i>Método de Cálculo.....</i>	<i>60</i>
4.4.	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA E COMPARAÇÃO COM EIAs	64
4.4.1.	<i>Aplicação prática do Método Lima</i>	<i>64</i>
4.4.2.	<i>Método utilizado para as comparações.....</i>	<i>69</i>
4.4.3.	<i>Resultados das comparações.....</i>	<i>69</i>
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	75
6.	REFERÊNCIAS.....	77

1. INTRODUÇÃO

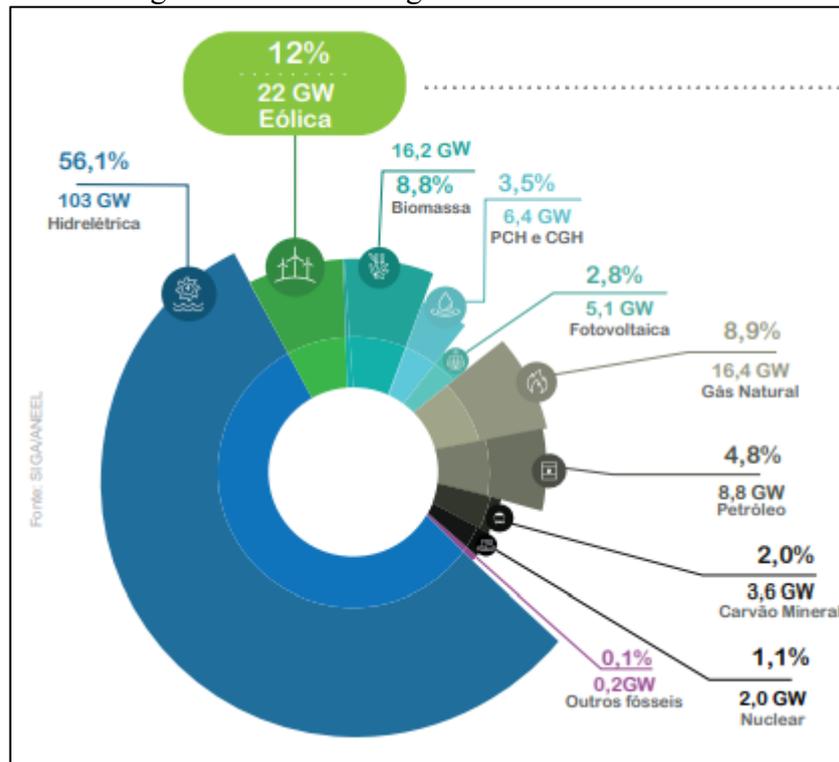
O processo de globalização é caracterizado pelo crescimento nos fluxos de trocas internacionais de produtos e serviços, tendo como consequência o espalhamento de impactos ambientais, sociais e econômicos pelo planeta (SIMAS; WOOD; HERTWICH, 2015). O uso global de recursos naturais variáveis tem crescido de modo mais lento que a economia geral, porém mais rapidamente que o aumento populacional (KRAUSMANN *et al.*, 2009). Nesse sentido, a constante utilização de recursos naturais para atender aos anseios da população mundial por novos produtos requer maior necessidade de atenção (WU; GENG; LIU, 2017), tornando importante que sejam pensadas alternativas menos impactantes para acompanhar tal desenvolvimento, o que subsidia o uso de fontes renováveis de energia como uma ótima estratégia frente aos tradicionais combustíveis fósseis.

Aumento da competitividade em termos de custos, iniciativas políticas apropriadas, acesso facilitado ao financiamento, segurança energética e preocupação com questões ambientais, assim como aumento da demanda por energia em economias emergentes são alguns dos fatores que corroboram para o avanço no setor de energias renováveis (KANNAN; VAKEESAN, 2016).

Em função desses aspectos, a energia hidrelétrica, que predominava como principal tecnologia há anos no Brasil, passou a perder espaço para os empreendimentos que utilizam fontes alternativas para a geração energética. Enquanto que, em 2014, no País, as renováveis representavam 39,4% da matriz energética, para o ano de 2021, tem-se o registro de 44,7% (EPE, 2022).

Dentre as possibilidades energéticas, há a matriz eólica, segunda principal fonte explorada para geração de energia no Brasil, dispondo de mais de 800 parques espalhados por doze estados do território nacional, com destaque para a região Nordeste, os quais, somados, apresentam, aproximadamente, 22 GW de capacidade instalada, equivalente a 12% de toda a matriz energética brasileira (ABEEOLICA, 2022a), conforme está apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Matriz energética brasileira em 2022.



Fonte: ABEEÓLICA (2022).

No território cearense, para o ano de 2022, já possui potência outorgada de 2.506,4 MW, distribuída por 99 parques, segundo dados da ANEEL para o ano de 2022 (ANEEL, 2022). Com esse montante, o estado está posicionado em quarto lugar no ranking das maiores potências outorgadas, ou seja, que já receberam o Ato de Outorga para serem instalados. Os primeiros lugares são Rio Grande do Norte (6.764,9 MW, 222 parques), Bahia (6.259,4 MW, 241 parques) e Piauí (2.788,0 MW, 91 parques) (ANEEL, 2022).

É importante salientar que, com a ascensão da implantação desses empreendimentos no Brasil, os impactos gerados ganharam semelhante intensidade de crescimento. Com isso, de modo a tentar tornar mais racional o quão impactante um empreendimento pode ser ao meio, algumas estratégias foram desenvolvidas mundialmente. Em meio a elas, destaca-se a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), como uma das principais e mais utilizadas ferramentas para tal.

A Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), a qual, por meio do seu artigo 9º, estabeleceu ferramentas para a gestão ambiental, a citar “a avaliação de impactos ambientais” e “o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras” (incisos III e IV) (BRASIL, 1981). A partir de então, outras legislações foram elaboradas e aprovadas, no sentido de intensificar o uso da AIA com o

intuito de compreender os impactos ambientais decorrentes sobre os meios físico, biótico e socioeconômico (STAMM, 2003).

A legislação ambiental do estado do Ceará seguiu a normativa federal, uma vez que, em 28 de dezembro de 1987, houve a aprovação da Lei Estadual nº 11.411, a qual dispôs sobre a Política Estadual do Meio Ambiente, bem como criou o Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) e a Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). Tal órgão ficou responsável por administrar o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras no Estado, como indicado pelo inciso III do art. 9º da lei supracitada (CEARÁ, 1987).

No sentido, então, de atender aos requisitos do licenciamento ambiental e de definir estratégias para a AIA, historicamente muitos estudos foram realizados sobre o tema, a partir dos quais foram elaboradas metodologias diferenciadas para realizar a avaliação. Citam-se, em meio a isso, alguns métodos de maior destaque, como Métodos espontâneos (Ad hoc), Listas de controle (*Checklist*), Matrizes de interações, Redes de interações (Networks), Modelos de simulação, dentre outros (PICCOLI; PASSOS, 2018).

Por terem sido elaboradas em períodos e por autores diferentes, as metodologias são aplicáveis aos mais diversos tipos de empreendimentos. Desse modo, para a Avaliação de Impactos dos parques eólicos, tem-se registro do uso de muitos dos métodos citados, o que pode gerar dúvidas sobre suas efetividades e qualidades na elaboração, muito em função da subjetividade da equipe responsável.

No presente trabalho, realizou-se diagnóstico das AIAs desenvolvidas para empreendimentos eólicos no estado do Ceará, assim como elaborou-se uma proposta de metodologia a ser aplicada para projetos de energia eólica *onshore*.

1.1. Objetivo Geral

Propor metodologia para avaliação de impactos ambientais específica para empreendimentos geradores de energia tendo como base a fonte eólica.

1.2. Objetivos Específicos

- Apresentar a evolução da energia eólica no cenário nacional e cearense, além de descrever sobre as perspectivas de futuro dessa fonte;
- Realizar diagnóstico dos Estudos de Impactos Ambientais (EIAs) de parques eólicos aprovados no Ceará entre 1997 e 2022;

- Estabelecer atributos e critérios preferenciais para a AIA de empreendimentos de energia eólica; e
- Propor metodologia para avaliação de impactos ambientais (AIA) de empreendimentos de energia eólica, de forma a diminuir a subjetividade do processo de AIA, porém sem interferir na percepção dos profissionais envolvidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O estudo aqui apresentado está pautado em dois grandes grupos de estudo. O primeiro refere-se aos aspectos pertinentes à avaliação de impactos ambientais, em que serão abordados por meio de análise histórica, levantamento normativo e metodologias aplicáveis. O segundo grupo é relativo à energia eólica, cuja abordagem se deu por meio de entendimento da evolução histórica, cenário atual, bem como perspectivas de crescimento futuro.

2.1. Avaliação de Impactos Ambientais

2.1.1. Análise Histórica

No contexto mundial, a Avaliação de Impactos Ambientais tem seu surgimento datado de 1969, com berço nos Estados Unidos da América, por meio da aprovação da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (*National Environmental Policy Act – NEPA*) (BURGE *et al.*, 1995). Até então, os empreendedores apenas focavam na viabilidade técnica-financeira dos projetos, deixando totalmente de lado os aspectos ambientais, uma vez que prevalecia a ideia de que os recursos naturais seriam inesgotáveis.

Nesse período, a natureza começa a cobrar uma devolução frente às impensadas ações humanas em prol do desenvolvimento. Desastres ecológicos, acidentes e catástrofes ambientais começam a surgir com maior frequência. Aquecimento global, efeito estufa, diminuição da camada de ozônio, poluição em níveis alarmantes e início da escassez hídrica são alguns dos exemplos de complicações que começaram a chamar a atenção (STAMM, 2003).

Dessa forma, em 1973, a Comunidade Europeia definiu e instituiu o Programa de Ações Ambientais (*Environmental Action Program*, livre tradução), estabelecendo a aplicação dos Estudos de Impactos Ambientais (EIAs), considerado o primeiro instrumento político para a prevenção de danos ambientais (CLAUDIO, 1989).

Mediante a disseminação do NEPA, após 1975, instituições e organizações internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU), passaram a exigir a obrigatoriedade de programas de cooperação em prol da observância dos EIAs (SOARES, 2001), muito em função de uma política definida pelas agências bancárias, a citar o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD). Por meio dessa disseminação, a concepção de AIA, formalizada no

NEPA, tornou possível a adaptação da legislação para diferentes contextos de diferentes países, regiões e governos. (DIAS, 2001).

Nesse período em que o mundo acordava para as questões ambientais, o Brasil andava na contramão, tendo em vista ser um momento histórico de governantes defensores da entrada do capital externo, por meio de grandes empreendimentos, com o intuito de impulsionar o desenvolvimento do país. Assim, o início das legislações sobre a temática somente ocorreria anos depois, muito devido às exigências dos órgãos financiadores internacionais sobre os projetos que estavam sendo instalados, tendo em vista preocupações com a Amazônia e com o avanço na construção de hidrelétricas (FOWLER; DIAS DE AGUIAR, 1993).

De modo a conceituar esse instrumento legal, a Associação Internacional de Avaliação de Impactos (IAIA) define a AIA como sendo "o processo de identificação, previsão, avaliação e mitigação dos efeitos relevantes - biofísicos, sociais e outros - de propostas de desenvolvimento antes de decisões fundamentais serem tomadas e de compromissos serem assumidos" (IAIA, 2009). O órgão indica quatro objetivos principais para a Avaliação de Impactos, a citar:

- Assegurar que o ambiente é explicitamente considerado e incorporado no processo de decisão sobre propostas de desenvolvimento;
- Antecipar e evitar, minimizar ou compensar os efeitos adversos significativos - biofísicos, sociais e outros relevantes - de propostas de desenvolvimento;
- Proteger a produtividade e a capacidade dos sistemas naturais e dos processos ecológicos que mantêm as suas funções; e
- Promover um desenvolvimento que seja sustentável e que otimize o uso dos recursos e as oportunidades de gestão (IAIA, 2009).

Nos mais de 50 anos que sucederam seu início, muitos autores investiram tempo em entender, aprimorar, criticar e dar sugestões sobre a temática, como é o caso dos estudos de Beanlands e Duinker (1983), Canter e Canty (1993), Erickson (1994), Sadler (1996), Lawrence (2007), Elling (2009), Pölönen *et al.* (2011), Prenzel e Vanclay (2014), Rozema e Bond (2015), Loomis e Dziedzi (2018) e Tagliani e Walter (2018).

A partir disso, a AIA já chegou a ser considerada o instrumento legal ambiental mais difundido do século XX (KARKKAINEN, 2007). Há estudos indicando que, até 2012, por exemplo, a grande maioria dos países do mundo dispunha de normativa que tratava sobre o

tema, excetuando a Coreia do Norte e o Sudão do Sul (MORGAN, 2012). Porém, Yang (2018) apresentou estudo indicando que a AIA atingiu a universalidade, incluindo até os países mais resistentes. O autor ainda cita que o instrumento se tornou um princípio geral da lei ambiental global.

Devido às diversas contribuições que constantemente surgem, bem como dos avanços naturais ocorridos com o tempo, mais recentemente os sistemas de AIA têm sofrido alterações, como é o caso na Colômbia (TORO *et al.*, 2010), Canadá (GIBSON, 2012), Austrália, Reino Unido e África do Sul (BOND *et al.*, 2014). No Brasil, não tem sido diferente. Nos últimos anos, a AIA tem recebido pressões quanto às suas características, muito por parte dos legisladores (FONSECA *et al.*, 2017).

Tagliani, Phoren e Perello (2020), tomando como base os estudos supracitados e outros, ratificam a importância de se ter atenção ao processo que envolve a viabilidade de um empreendimento, em termos de impactos socioambientais. Para tal, os autores citam a necessidade de focar em profissionalismo, seriedade, honestidade, objetividade, imparcialidade e equilíbrio por parte dos envolvidos, destacando, ainda, a obrigatoriedade de ser submetido a inspeções de terceiros.

2.1.2. Instrumentos Legais

A referência à Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) somente ocorreu, no Brasil, em 1981, com a instituição da Lei nº 6.938, em que, por meio do art. 9º, indica a AIA como sendo um dos instrumentos de implantação da PNMA. Tal legislação foi regulamentada dois anos após, por meio do Decreto nº 88.351, de 1 de junho de 1983 (BRASIL, 1983).

Essas normativas tiveram como base leis estaduais já existentes, as quais tinham o intuito de regulamentar aspectos de uso e ocupação do solo em regiões metropolitanas das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, bem como controlar poluições das áreas de Cubatão e Santa Catarina, tendo em vista as atividades em alta de siderurgia e carvão respectivamente (SANCHEZ, 2008).

A Lei Federal trouxe uma novidade envolvendo a liberação de empreendimentos de grande potencial degradador: o licenciamento ambiental. Em complementação a esse processo, a Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, estabeleceu o critério do licenciamento em três fases. Anterior à sua instalação, incluindo as etapas de estudos e projetos, deveria ser requerida a Licença Prévia (LP). Seguindo o fluxo, para que fosse permitido o início

das obras, havia necessidade de Licença de Instalação (LI), finalizando o processo com a Licença de Operação (LO) (BRASIL, 1997a).

Em 1986, foi então instituída a Resolução CONAMA nº 01/1986, a qual dispõe sobre definições, critérios técnicos, responsabilidades e orientações gerais para a avaliação de impactos ambientais. Logo em seu art. 1º, já se tem a definição de impacto ambiental, sendo entendido como

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: (i) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; (ii) as atividades sociais e econômicas; (iii) a biota; (iv) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e (v) a qualidade dos recursos ambientais.” (BRASIL, 1986).

Mediante o avanço das legislações no País, em 1988, houve um marco, por meio da aprovação da Constituição Federal (CF), a qual englobou as normativas anteriores, principalmente por trazer a ordem econômica como uma forma de assegurar a todos a existência digna, levando em consideração, dentre outros, do princípio da “defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação” (BRASIL, 1988).

Destaca-se, ainda da CF 1988, o artigo 225, primeiro do Capítulo VI – Meio Ambiente, que define que “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” (BRASIL, 1988).

A PNMA foi melhor detalhada por meio da Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, a qual revogou o artigo que definia que os EIAs deveriam ser realizados por empresas ou equipes independentes aos interesses do empreendedor. Devido a essa alteração, surgiram questionamentos quanto à honestidade dos profissionais responsáveis, tendo em vista que os estudos passaram a ser elaborados por contratados diretos das empresas, o que gerou a dúvida no que tange ao conflito de interesses que porventura viria a acontecer nessa nova modalidade (TAGLIANI *et al.*, 2020).

Mais especificamente em âmbito do estado do Ceará, escopo de atuação deste trabalho, há registro do início da legislação ambiental englobando a Avaliação de Impactos

desde a Lei Estadual nº 11.411, de 28 de dezembro de 1987. Por meio dela, foi criada a Política Estadual de Meio Ambiente, de modo a atender aos princípios da PNMA.

O texto da normativa não apresenta a AIA de modo claro, porém trata, em seu art. 11, da obrigatoriedade de licenciamento ambiental para “obras, empreendimentos e atividades que, por suas características, porte ou localização, estejam sujeitas à elaboração de Estudo de Impactos Ambientais (EIA)”. A Lei atribui ao Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA) a função de estabelecer os critérios que orientarão as decisões referentes às emissões de licenças. Salienta-se que o órgão é composto por membros de diferentes entidades e é responsável por aprovar ou não os EIAs submetidos, mediante reuniões ordinárias e extraordinárias.

Percebe-se, desse modo, que as políticas são importantes para definir limites para os consumos de recursos naturais, bem como para exigir medidas frente aos impactos previstos, sendo, então, a AIA um dos principais instrumentos legais.

2.1.3. Metodologias de Avaliação de Impactos Ambientais

Para Sidney e Passos (2018), os métodos de Avaliação de Impactos Ambientais são referências nos estudos ambientais para determinar de forma mais precisa e significativa um impacto ambiental. As elaborações das diferentes técnicas de avaliação são constantes e iniciaram logo nos primeiros anos pós NEPA, no início da década de 70.

No ano de 1994, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organization for Economic Cooperation and Development* – OECD, livre tradução), da UNEP (Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente), elaborou um documento que definia algumas variáveis ambientais para serem compostas pela AIA, a citar: (i) efeitos sobre a saúde humana, o bem-estar, os ecossistemas e a agricultura; (ii) efeitos sobre o clima e a atmosfera; (iii) utilização de recursos naturais; (iv) disposição final de resíduos; e (v) aspectos de arqueologia, paisagem, monumentos e efeitos sociais nas comunidades próximas.

Nessa perspectiva, mediante as diferentes formas de avaliar impactos, Shopley e Fuggle (1984) realizaram uma divisão das metodologias em 6 (seis) grandes categorias de identificação de impactos: *Ad hoc*, *Checklist*, Matrizes, Redes de interação, Superposições de mapas e Modelagens.

Cremones *et al.* (2014) indicam que o método *Ad hoc* “surgiu pela necessidade da tomada de decisões no que diz respeito à implantação de projetos, considerando o parecer de

especialistas em cada espécie de impacto resultante do projeto, além dos pontos econômicos e técnicos.” O método também é chamado espontâneo, por apresentar a descrição dos impactos ambientais, independentemente de serem positivos ou negativos, tendo como base as experiências dos profissionais envolvidos na elaboração do EIA (FEDRA; WINKELBAUER E PANTULU, 1991).

Para a execução da avaliação, são realizadas reuniões com os especialistas das variadas áreas de atuação, componentes dos meios físico, biótico e antrópico, no sentido de identificar e avaliar os impactos do empreendimento. Salienta-se que tal metodologia é criticada pela dificuldade de entendimento das situações em que deve ser aplicada. Outro agravante é a baixa disponibilidade de profissionais qualificados em algumas áreas, (MORAIS; D’AQUINO, 2016), arqueologia por exemplo. Associado a isso, há possível subjetividade nos resultados, não possibilitando uma avaliação profunda e sistemática dos impactos previstos (LOHANI *et al.*, 1997).

O *Checklist*, ou lista de verificação, baseia-se na listagem dos impactos previstos para o empreendimento, sendo amplamente utilizada em estudos preliminares. Esse método é prático e tem fácil uso (MEDEIROS, 2010), uma vez que é elaborado por meio impactado, seguido de diagnóstico por fases (projeto, implantação e operação) (COSTA *et al.*, 2005). Os autores indicam a existência de quatro categorias: (i) descritiva, (ii) comparativa, (iii) em questionário; e (iv) ponderável.

Quanto ao método de Matrizes, Morris e Therivel (2001) definem como sendo uma composição de interação entre o impacto e o meio afetado, por meio da elaboração de uma tabela, ao final obtendo uma lista de controle bidimensional. Para Cremonez *et al.* (2014), tal método surgiu como uma forma de suprir as necessidades do *Checklist*, sendo eficiente por apresentar os aspectos que gerarão maiores impactos, bem como prever os pontos de maior necessidade de atenção e controle.

A Matriz de Leopold (LEOPOLD *et al.*, 1971) é a mais utilizada e permite avaliar impactos associados a diversos tipos de empreendimentos (BECHELLI, 2010). Nela, as linhas trazem os impactos previstos, enquanto que as colunas representam os indicadores. O cruzamento dos dados permite valoração em função de atributos (ABBASI e ARYA, 2000). Tal método é entendido, portanto, como quantitativo, em função de pesos definidos a critério dos elaboradores, sendo um ponto de atenção. Mota e Aquino (2002) indicam que pode haver baixa eficiência na avaliação dos impactos indiretos, assim como não se tem apresentação de características temporais nem a dinâmica dos sistemas envolvidos.

Os Networks, ou Redes de Interações, são métodos sistêmicos e gráficos, que estabelecem relações de causa-consequência (efeito), tendo como base atributos de magnitude, importância e probabilidade, como trazido por Abassi e Arya (2000). Oliveira e Moura (2009) indicam que as Redes apresentam “boa visualização de impactos secundários e demais ordens, principalmente quando computadorizadas”.

O método de Superposição (Overlays) faz uso de imagens cartográficas de modo a possibilitar o entendimento das condições ambientais de uma área. Muito importante para diagnósticos de uso e ocupação do solo, bem como disputas territoriais e delimitação de áreas de preservação ambiental, esta técnica tem ganhado muito uso principalmente após o desenvolvimento de ferramentas GIS (Sistema de Coordenadas Geográficas) (SANDOVAL, 2008). Segundo Munn (1979), ela permite separar a área de um mapa em partes, dividindo as informações nas porções individuais.

As modelagens, ou Modelos de Simulação, compreendem o uso de dados a serem aplicados a modelos matemáticos. Por meio delas, é possível prever a relação entre os meios e realizar projeções futuras (OLIVEIRA; MOURA, 2009). Conforme SUREHMA/GTZ (1992), tem-se o objetivo de elaborar diagnósticos e prognósticos da qualidade ambiental, apresentando resultados em formas de gráficos, contendo a representação do comportamento dos sistemas ambientais.

Os métodos quantitativos, por sua vez, realizam a avaliação por meio do uso de valores numéricos em função das considerações qualitativas. Inicialmente, tal técnica surgiu de modo focado em empreendimentos que utilizavam recursos hídricos em seus processos, de modo a permitir uma abordagem sistêmica, holística e hierarquizada do meio ambiente (CARVALHO e LIMA, 2010; OLIVEIRA e MOURA, 2009).

Diante da grande variedade de possibilidades de se avaliar impactos ambientais, um ponto decisivo é com relação aos profissionais envolvidos, os quais precisam compreender como e quando utilizar a metodologia mais apropriada para a aplicação da ferramenta na identificação dos impactos, assim como prever as causas e medidas cabíveis.

2.2. Cenário atual das Energias Renováveis com ênfase na fonte eólica

No contexto de constante evolução tecnológica e populacional que se desenrola mundialmente, a demanda por energia elétrica tem aumentado concomitantemente. Junto a isso, tem-se o aumento na dependência por energia externa, a necessidade de segurança elétrica, as preocupações com poluição do ar e saúde respiratória e a emissão de gases como outros fatores

que ratificam a atenção que as fontes de energias renováveis têm recebido nos últimos anos (DUPONT *et al.*, 2014; CFR, 2012; IEA, 2008). Shahsavari e Akbari (2018) indicam que o mais significativo benefício ambiental das fontes renováveis de energia é a diminuição na poluição ambiental, em função do não uso de combustíveis fósseis, principalmente pela não emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs).

Outros benefícios são citados na literatura, como é o caso do aumento da confiança e qualidade energética dos sistemas, diminuição dos efeitos sobre o solo, redução do congestionamento da rede e possibilidade de economias na transmissão e distribuição (CHMUTINA; GOODIER, 2014; BLARKE; JENKINS, 2013; FINNEY *et al.*, 2012).

Quando considerado que as mudanças climáticas são uma realidade, não se pode mais pensar apenas no uso de combustíveis fósseis para suprir a demanda global por eletricidade. É percebido no contexto mundial de empreendimentos de energia, que a fonte eólica tem se tornado uma das grandes alternativas para o futuro, em função da qualidade ambiental e abundância em várias partes do globo (FARIAS, 2016).

Entretanto, no Brasil, até 2001, a diversificação da matriz energética não era levada com a seriedade necessária, cuja mudança somente veio com a crise energética ocorrida no período (CAVALIERO; SILVA, 2005).

Até então, a legislação brasileira principal sobre o setor elétrico era a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, que dispunha sobre a política energética nacional, dentre outros assuntos. Nela, havia citação de fontes renováveis apenas referentes à biomassa e subprodutos a partir de biocombustíveis, porém também apresentava a necessidade de fomento ao estudo sobre outras fontes (BRASIL, 1997b).

Ainda em 2001, a Resolução CGE nº 24, de 5 de julho de 2001, de autoria da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE), foi sancionada com o foco na energia eólica, tendo sido criado o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA) no território nacional. Tal Programa objetivava (i) viabilizar a instalação de sistemas integrados ao Sistema Elétrico Interligado Nacional; (ii) promover o aproveitamento da fonte eólica de energia, como alternativa de desenvolvimento energético, econômico, social e ambiental; e (iii) promover a complementaridade sazonal com os fluxos hidrológicos nos reservatórios do sistema interligado nacional (BRASIL, 2001).

No ano seguinte, o Governo Federal lançou, por intermédio da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Através do Programa, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), usinas eólicas e

térmicas à biomassa, assim como outras fontes renováveis, receberam incentivo para que ganhassem maior presença em todo o território nacional (BRASIL, 2002).

A partir de 2004, houve divisão do mercado elétrico brasileiro em duas categorias: regulamentado e não regulamentado. O primeiro era destinado aos consumidores “cativos” e o último aos consumidores “livres”. A Lei 10.848, de 15 de março de 2004, que apresentou tal separação, indicava que as distribuidoras de energia eram obrigadas a comprar energia no mercado regulado por meio de leilões, cujos preços teriam teto fixado pelo Governo Federal (BRASIL, 2004). Essa abordagem foi considerada inovadora e original, devido aos mecanismos de coordenação de investimentos, os quais reduziriam os riscos de modo a tornar a eólica como uma opção viável economicamente (REGO; RIBEIRO, 2018).

Desde então, outras normativas foram elaboradas nas três esferas legais, de modo a estimular cada vez mais a implantação das fontes renováveis no território nacional. Destaca-se a Resolução CONAMA nº 462, de 24 de julho de 2014, a qual estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre (IBAMA, 2014).

Para Bondarik *et al.* (2018), o Brasil tem tentado, de fato, desenvolver novas estratégias para manter sua matriz energética renovável, por meio de iniciativas de baixo carbono. Assim, as fontes renováveis oferecem opções para atender à crescente demanda energética, principalmente levando em consideração o desenvolvimento sustentável. Elas devem, então, ser pensadas como uma oportunidade estratégica de modo a diminuir a dependência brasileira da matriz hidrelétrica e das fontes de combustíveis fósseis, bem como apresentam chance de descentralizar o setor de energia elétrica e, obviamente, aproveitar o potencial eólico, solar e de biomassa disponível (DE MELO *et al.*, 2018).

Nesse contexto, cabe salientar que os parques eólicos não se limitam a serem instalados em solo firme (*onshore*), mas também há a possibilidade de gerarem energia com torres offshore, ou seja, no mar. Os Parques Eólicos Offshore (PEOs), também nomeados Complexos Eólicos *Offshore* (CEOs) ou Complexos Eólicos Marítimos (CEMs); são uma alternativa válida e interessante no sentido da descarbonização, tendo em vista as condições atmosféricas marinhas serem mais favoráveis que as continentais, por seus ventos mais fortes, contínuos e com menos turbulência (EPE, 2020).

O Relatório Roadmap Eólica *Offshore* Brasil, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), constatou que a fonte eólica offshore tem crescido no cenário internacional mais recentemente, o que tem motivado agentes de diferentes setores a buscarem entender melhor qual o potencial dessa fonte, assim como suas características (EPE, 2020).

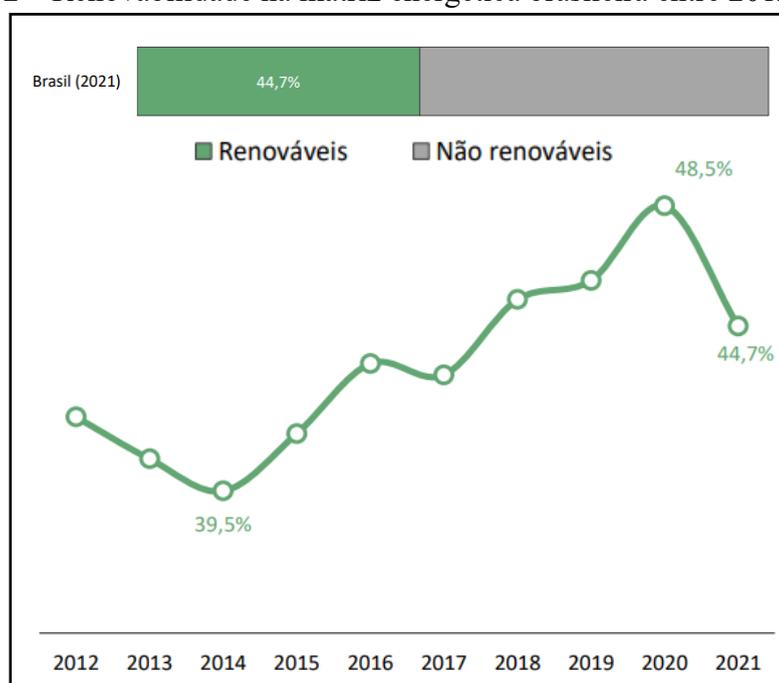
2.2.1. Energia Eólica no Brasil

Em função das suas características geográficas e climáticas, o Brasil tem destaque frente aos demais países no que tange ao potencial de geração elétrica por fontes renováveis. A Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) indica que os ventos que atingem o País são constantes, ou seja, sem muitas rajadas; têm baixa volatilidade, são fortes e previsíveis (ABEEÓLICA, 2021).

Um espelho dessa realidade é apresentado no BEN: Relatório Síntese 2022, de autoria da Empresa de Pesquisa Energética, em parceria com o Ministério de Minas e Energia. Com base no ano de 2021, o Relatório indica que 44,7% da geração energética brasileira é oriunda de fontes renováveis, em contrapartida o mundo, em 2019, somente explorava 14,1% das renováveis.

A Figura 2 dispõe dos dados citados, assim como apresenta um gráfico ilustrando a evolução das energias renováveis no Brasil. É possível notar destaque para o ano de 2014, em função da sua porcentagem (39,5%), a menor no período, em contraste com o ano de 2020, o que mais se aproximou da proporção de equilíbrio com as não renováveis.

Figura 2 – Renovabilidade na matriz energética brasileira entre 2012 e 2021.



Fonte: Adaptado de EPE (2022).

Segundo o mesmo relatório, as fontes renováveis se distribuem em termos de contribuição em: 16,4% para biomassa da cana, 11,0% para hidráulica, 8,7% para lenha e carvão

vegetal e 8,7% para demais fontes (lixívia, biodiesel, eólica, outras biomassas, solar térmica e UV, biogás e gás industrial de carvão vegetal).

O relatório da Consultoria Ernst & Young, intitulado Índice de Atratividade dos Países para Energias Renováveis, teve sua 59ª edição datada de maio de 2022 e apresentou um ranking em que o Brasil ocupa a 13ª posição frente aos demais mercados principais do setor de energias renováveis (EY, 2022). A queda apresentada no relatório brasileiro foi ratificada pela consultoria, uma vez que o Brasil chegou a ocupar a 9ª posição na edição anterior. O mesmo estudo salienta a dependência que o país ainda apresenta com relação às hidrelétricas, chamando atenção para as problemáticas que surgem nos períodos de seca.

O Relatório destacou a energia eólica, ao fazer uma relação com as chances de evolução, quando levadas em consideração as manufaturas dos sistemas no próprio território, bem como pelos financiamentos pelos bancos de incentivo ao desenvolvimento, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e o Banco do Nordeste.

Como benefícios da fonte eólica, a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) indica os seguintes:

- Cada R\$ 1,00 investido em eólicos tem impacto de R\$ 2,9 no Produto Interno Bruto (PIB);
- Fonte não poluente que contribui para o desenvolvimento do Brasil em relação ao Acordo do Clima;
- Possibilidade para que o proprietário da terra siga com as plantações ou criação de animais;
- Gera renda e melhoria de vida para os proprietários de terra;
- Impacto positivo sobre a economia local, aumentando o PIB e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHm) em cerca de 25%; e
- Gera cerca de 11 postos de trabalho por MW instalado.

Segundo dados da própria ABEEólica, no território brasileiro há 812 parques eólicos onshore instalados, espalhados por 12 estados. Em termos gerais, o país dispõe de 22 GW de capacidade instalada. Essa geração representa não apenas ganhos para o setor elétrico propriamente, mas também para a sociedade de modo geral, influenciando positivamente com empregos, melhoria do IDH e também gerando energia suficiente equivalente a 34 milhões de automóveis de passeio. A Associação indica que a geração atual é equivalente ao consumo

elétrico de 36,2 mil residências por mês, sendo uma mudança para 108 milhões de residentes no Brasil (ABEEÓLICA, 2022).

Se analisado o contexto do ano anterior, o Boletim anual 2021 da ABEEólica apresenta dados importantes do setor. Em termos de representatividade e abastecimento, a fonte eólica gerou, em 2021, equivalente a 12,18% de toda a energia injetada no Sistema Interligado Nacional (SIN). A região Nordeste representou 88,7% de toda a energia eólica gerada no país segundo dados do mesmo relatório. Ademais, foi indicado que a geração total foi equivalente ao fornecimento elétrico de 36,2 milhões de residências, o que seria similar às populações do Sudeste e do Norte somadas (ABEEÓLICA, 2021).

Em termos de parques *offshore*, o *Roadmap Eólica Offshore* Brasil (EPE, 2020) apresentou o cenário brasileiro em termos de potencial para geração de energia nessa modalidade. Considerando limite de 30 km de distância da costa e ventos de pelo menos 7 km/h, o Brasil teria potencial para gerar 697 GW de energia em locais com profundidade de até 50 m. A região Nordeste segue sendo destaque, ao apresentar área utilizável de, aproximadamente, 95 mil km², assim como potencial de 356 GW, sob as condições indicadas. Na sequência, vêm Norte (52.560 km² - 197 GW); Sul (37.106 km² - 97 GW); e Sudeste (18.361 km² - 47 GW).

Utilizando dados da ABEEólica, para 2019, e ANEEL, para 2022, foi possível elaborar a Tabela 1, a qual dispõe sobre os parques eólicos onshore e suas distribuições pelo território nacional. Por meio dela, ainda é possível verificar as potências instaladas de cada estado e suas potências outorgadas, bem como as representatividades no cenário nacional para os dois anos analisados.

Os estados da região Nordeste lideram o ranking, para os dois anos analisados, com 4 dos 5 primeiros em termos de potência instalada, sendo os estados de Rio Grande do Norte, Bahia, Ceará e Piauí. Se somados, representavam 77,27% da potência eólica nacional em 2019, o que cresceu para 81,35%, para 2022, em termos de potência outorgada.

Tabela 1 – Comparativo da distribuição de parques eólicos no Brasil em 2019 e 2022.

Estado	2019				2022			
	Pot. instalada (MW)	% da Pot. Eólica Nacional instalada	Núm. de Parques	Ranking	Pot. outorgada (MW)	% da Pot. Eólica Nacional outorgada	Núm. de Parques	Ranking
RN	4.159,5	26,97	154	1	6.764,9	30,04	222	1 (-)
BA	4.074,4	26,42	165	2	6.259,4	27,80	241	2 (-)
CE	2.045,5	13,26	79	3	2.506,4	11,13	99	4 (↓1)
RS	1.831,9	11,88	80	4	1.835,9	8,15	81	5 (↓1)
PI	1.638,1	10,62	60	5	2.788,0	12,38	91	3 (↑2)
PE	782,0	5,07	34	6	991,8	4,40	39	6 (-)
MA	426,0	2,76	15	7	426,0	1,89	16	8 (↓1)
SC	238,5	1,54	14	8	250,6	1,11	18	9 (↓1)
PB	157,2	1,02	15	9	628,4	2,79	30	7 (↑2)
SE	34,5	0,22	1	10	34,5	0,15	1	10 (-)
RJ	28,1	0,18	1	11	28,0	0,12	1	11 (-)
PR	2,5	0,01	1	12	2,5	0,01	1	12 (-)
MG	0,0	0,00	0	-	0,1	0,00	1	13 (↑)
SP	0,0	0,00	0	-	0,0	0,00	1	14 (↑)
Total	15.418,20	100,00	619	-	22.516,84	100,0	842	-

Fonte: Adaptado de ABEEólica (2019) e ANEEL (2022). Elaborado pelo autor (2022).

Destaca-se que as usinas outorgadas são aquelas que recebem Ato de Outorga (Concessão, Permissão, Autorização ou Registro), porém ainda não iniciaram suas obras (ANEEL, 2022). Percebe-se, com a Tabela 1, que os estados nordestinos se mantiveram entre os primeiros colocados nos dois rankings, por meio de crescimentos consideráveis no número de parques eólicos. Em função disso, o presente estudo trará uma contextualização voltada ao Ceará, de modo a apresentar o cenário atual do setor eólico.

2.2.2. Energia Eólica no Ceará

O Ceará dispõe de condições anemométricas propícias ao aproveitamento eólico. Sua localização privilegiada em uma zona de contínua circulação atmosférica subequatorial dos ventos alísios o torna um ambiente favorável à geração elétrica pela via eólica. Especificamente

no Ceará, os ventos alísios são provenientes de uma extensa área oceânica livre de obstáculos, que proporciona notável intensidade, constância e baixa turbulência (IPECE, 2018). Eles são intensos durante o dia e concentram-se entre os meses mais secos, de julho a dezembro, apresentando intensidade e constância notáveis (CEARÁ, 2001).

A história do setor eólico cearense teve início com a instalação, em 1999, do Parque Eólico da Taíba, localizado no município de São Gonçalo do Amarante, Ceará. O Parque dispunha de 10 (dez) aerogeradores de 44,0 m de altura e 500 kW instalados, sendo sua capacidade de 5 MW (MEMORIAL DA ELETRICIDADE, 2018). No mesmo ano, ainda houve a instalação de outro parque, dessa vez na Prainha, em Aquiraz/CE. Este possuía capacidade de 10 MW, tendo sido construídas 20 torres, com as mesmas características do primeiro (FONTENELE; SOUZA, 2004). Os autores indicam que os parques foram os primeiros do mundo instalados sobre dunas, cujas capacidades seriam suficientes para atender 120 mil habitantes. Em 2000, ocorreu a implantação do Parque Eólico do Mucuripe, dispondo de 4 aerogeradores de 300kW cada. Devido à localização na área turística da capital, Fortaleza, o parque deu maior visibilidade nacional ao setor eólico (ADECE, 2022).

Desde então, a energia eólica tem intensificado sua presença no território cearense, espalhando-se, principalmente, pela região litorânea. Conforme IPECE (2018), o estado do Ceará consolidou-se como um dos principais geradores de energia eólica do país, sendo a segunda fonte de energia na produção do Estado. Em termos de potencial, o Atlas Eólico e Solar indica que o Ceará detinha, em 2018, condições de gerar o equivalente a 40% da oferta interna bruta nacional de energia (ADECE, 2022). Entretanto, o mesmo documento apresenta contrapontos, como limitações econômicas, tecnológicas e de infraestrutura.

Como demonstrado na Tabela 1, o Ceará já possui potência outorgada de 2.506,4 MW, distribuída por 99 parques, estando atrás apenas dos estados do Rio Grande do Norte (6.764,9 MW, 222 parques), Bahia (6.259,4 MW, 241 parques) e Piauí (2.788,0 MW, 91 parques), segundo dados da ANEEL para o ano de 2022 (ANEEL, 2022).

De modo a explorar ainda mais esse potencial, o Governo Estadual tem realizado iniciativas, na forma de incentivos fiscais e de legislações específicas para o tema. Segundo ADECE (2022), há cinco estratégias em vigor para atrair novos empreendimentos para o Estado, a citar: (i) incentivos fiscais consolidados; (ii) Processo de licenciamento ambiental com regulamentação; (iii) primeiro estado a apresentar um Atlas Eólico (2001), lançou o Novo Atlas Eólico e Solar; (iv) capacidade de escoamento de energia nas linhas de transmissão tem sido um destaque, por meio da parceria entre Secretaria da Infraestrutura do Estado do Ceará (SEINFRA), Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e Empresa de Pesquisa Energética

(EPE); (v) está instalada no Ceará uma ampla gama de indústrias de renome internacional do setor de energia eólica.

Em função dessas ações, o estado está no grupo de frente entre os principais exploradores do recurso eólico para geração de energia. Historicamente, vem registrando evolução na instalação de parques em seu território, já tendo atingido a representatividade de 55,9% de toda a geração eólica do país em 2010 (Figura 3). Desde então, a proporção tem regredido muito devido ao crescimento do setor em outros estados.

Figura 3 – Representatividade de Potência Instalada no Ceará frente ao cenário nacional.



Fonte: Adaptado de ADECE (2022).

No Ceará, os ventos são mais intensos durante os meses de estiagem, o que representa benefícios para o estado, tendo em vista o desenvolvimento da possibilidade de geração de energia em épocas mais secas, especialmente durante os períodos em que se tem menores níveis d'água nos reservatórios. Esse conjunto permite maior constância e segurança na produção de energia (IPECE, 2018).

2.2.3. Perspectivas para o Futuro

Tomando como base o ano de 2050, o relatório Transformação Energética Global afirma que todos os países podem crescer substancialmente a proporção de energia renovável em relação ao uso total (IRENA, 2021). O estudo chama atenção para a necessidade de

desenvolvimento em energias renováveis e eficiência energética, de modo a atingir a transição energética esperada, junto à mitigação das mudanças climáticas globais.

Em termos de Brasil, a ANEEL apresenta, no Acompanhamento da Implantação das Centrais Geradoras de Energia Elétrica, que há perspectiva da instalação, entre 2023 e 2027, de, aproximadamente, 14.000 MW de energia oriunda de fontes eólicas (ANEEL, 2022). Para tal, estão aguardando liberação para operação comercial 485 usinas, das quais 267 estão com cronograma normal ou adiantado, enquanto 168 estão atrasadas.

Quanto aos PEOs, Xavier *et al.* (2020) indicaram que, até 2020, havia tramitação de 5 projetos de parques eólicos offshore ativos em licenciamento no Brasil, a citar:

- Parque Eólico *Offshore* Caucaia (PEOC) de iniciativa italiana e brasileira, com objetivo, além de geração de energia, de mitigar o processo erosivo no município de Caucaia/CE, sendo uma barreira artificial;
- Complexo Eólico Marinho Asa Branca I (CEMAB I) de iniciativa brasileira, a ser instalado em águas costeiras dos municípios de Itarema e Amontada no estado do Ceará;
- Complexo Eólico Marítimo Jangada (CEMJa), com área planejada nas proximidades de Trairi e Itapipoca, ambos no Ceará;
- Complexo Eólico Marítimo Maravilha (CEMMar) a ser localizado na área marinha dos municípios de São Francisco de Itabapoana e São João da Barra, no estado do Rio de Janeiro;
- Complexo Eólico Marítimo Águas Claras (CEMAC), que se localiza no litoral dos municípios de Osório, Capão da Canoa e Xangri-lá, no estado do Rio Grande do Sul.

O portal Cenário Eólica atualizou os dados e indicou que, até janeiro de 2022, já tramitavam 36 projetos em licenciamento federal no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). O Portal compilou os dados dispostos no sítio eletrônico do órgão ambiental, permitindo a conclusão de que o potencial dos projetos era da faixa de 80.000 MW, cuja distribuição está dividida entre os estados do Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Ceará, Rio Grande do Norte, Espírito Santo e Piauí, nessa ordem de maior para menor em termos de MW/UF (CENÁRIO EÓLICA, 2022).

O Plano Nacional de Energia 2050 serve de embasamento para justificar tais dados, ao apresentar que os avanços tecnológicos para o segmento eólico *offshore* têm proporcionado redução de custos, sendo a característica mais marcante o uso de aerogeradores ainda maiores, com diâmetro do rotor médio de 150 m e potência nominal superior a 6 MW. Além disso, informa que a instalação de parques eólicos offshore em locais de maior profundidade poderá demandar o uso de outros tipos de fundações, a exemplo das flutuantes como suporte aos aerogeradores (IBAMA, 2020).

Em contrapartida, o mesmo documento apresenta 5 grandes desafios:

- Fontes de geração de energia variáveis e com menor previsibilidade (inclui a solar);
- Custos maiores de logística de transporte dos equipamentos;
- Capacidade dos portos para o desenvolvimento do setor *offshore*;
- Repotenciação e descomissionamento dos parques já instalados; e
- Necessidade de legislações com menores barreiras.

Em nível de Ceará, quanto aos parques instalados em alto mar, por meio do estudo de Lima *et al.* (2015), houve a estimativa das condições atmosféricas marinhas da costa litorânea cearense. Os autores concluíram, por meio de modelos atmosféricos e dados batimétricos, que, no período chuvoso, não é muito grande o potencial de geração de energia, entretanto isso muda durante a fase seca. O Atlas Eólico e Solar do Ceará indica que o estado possui 117,2 MW de capacidade instalada sobre o mar, com possibilidade de receber torres com profundidades variando de 5 a 50 m. Em caso de atingir o máximo potencial, haveria geração de energia equivalente ao consumo de 265 mil residências durante um ano (CAMARGO SHUBERT ENGENHEIROS ASSOCIADOS *et al.*, 2019).

No sentido de normatizar essa nova modalidade de exploração de recursos naturais, o Governo Federal aprovou o Decreto nº 10.946/2022, em 25 de janeiro de 2022, o qual dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais em águas interiores de domínio da União, no mar territorial, na zona econômica exclusiva e na plataforma continental para a geração de energia elétrica a partir de empreendimento *offshore*.

Mesmo com esse cenário de evolução, ainda há muitos debates e argumentações contrárias, principalmente com relação aos custos de instalação (CAPEX). O Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 (PDE) da EPE, no entanto, não indica a contratação de geração

offshore até 2031, tendo em vista os elevados custos de implantação que não justificariam a escolha dos projetos que estariam disponíveis a partir de 2027 (EPE, 2022).

Em termos de geração eólica geral, o PNE 2050 apresenta recomendações para o desenvolvimento da fonte, o que engloba (i) aumentar a previsibilidade de geração, de modo a ampliar a integração com o Sistema Interligado Nacional (SIN); (ii) incorporar melhorias aos estudos socioambientais, levando em conta a perspectiva de aumento da complexidade dos efeitos cumulativos; (iii) integrar as perspectivas de expansão, por meio do escoamento da energia dos parques já licitados, ampliando as chances de inserção de novos parques; (iv) articulações com agentes governamentais e setoriais, em termos de logísticas e entraves de capacidade portuárias; (v) definir regras de descomissionamento; e (vi) aprimorar o marco regulatório.

2.2.4. Avaliação de Impactos de Empreendimentos Eólicos

Jaber (2013) afirma que todas as formas de produção de energia geram impactos em alguma escala. A autora indica que, dentre os impactos mais corriqueiros atrelados à modalidade eólica, tem-se a não geração de poluentes atmosféricos (GEEs) ou térmicos, em termos positivos, assim como cita a poluição visual e impactos sobre a avifauna.

O estudo de Porto *et al.* (2013) ratifica os impactos acima citados, incluindo, ainda, ruído audível e interferência eletromagnética. Apesar do menor número de impactos previstos para parques eólicos, quando comparado com outras fontes, as etapas de implantação e operação também representam chances de conflitos tanto ambientais como sociais, se analisado o aspecto da área em que será instalado (PORTO *et al.*, 2013).

Para Ruiz e Serrano (2008), há critérios importantes a serem analisados no momento da instalação dos parques. Inicialmente, é válido analisar a sensibilidade dos territórios pré-definidos, tentando entender sobre as variáveis referentes à incidência de impactos em função da vulnerabilidade ambiental. Os autores apresentam os seguintes critérios para tal: (i) impactos sobre o solo; (ii) riscos de erosão; (iii) vegetação; (iv) fauna; (v) patrimônio arqueológico e geológico; e (vi) paisagem.

Nesse sentido, o Plano Nacional Energético 2050 indica que é necessário que sejam implementadas melhorias nos estudos desenvolvidos para projetos eólicos, principalmente por meio do uso de incorporação de identificação e avaliação de impactos ambientais nos estudos submetidos ao licenciamento (EPE, 2022). Por meio disso, a AIA surge como um instrumento de planejamento e gestão ambiental, tendo em vista possibilitar prevenção do dano ambiental,

estando definida em âmbito das políticas públicas, relacionado ao licenciamento ambiental (SÁNCHEZ, 2013).

A Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986, indica a necessidade de serem avaliados os impactos:

“através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.” (BRASIL, 1986).

Até então, os órgãos ambientais brasileiros têm empreendido esforços de modo a melhorar e simplificar os processos de licenciamento ambiental, principalmente de modo a torná-los menos morosos e burocráticos (FONSECA; RODRIGUES, 2017). Tal ação tem ocorrido por meio de legislações e normativas de simplificação dos processos e dos estudos ambientais, os quais passaram a ser elaborados em função de Termos de Referência (TRs).

Os TRs são documentos emitidos pelos órgãos ambientais, logo após uma breve descrição do empreendimento entregue ao órgão pelo empreendedor, os quais apresentam as informações mínimas a serem apresentadas pelos Estudos de Impactos Ambientais (EIAs) (DUARTE *et al.*, 2017). Em alguns casos, há TRs gerais, os quais podem se aplicar a diferentes empreendimentos, assim como há termos emitidos especificamente para cada projeto, o que varia em função do órgão licenciador.

Além das informações básicas, os Termos apresentam tópicos componentes dos estudos, dentre os quais há aqueles pertinentes à AIA. No caso do IBAMA, órgão federal, há definição de termos gerais para os tipos de empreendimento, como portos, rodovias, mineração, hidrelétricas, eólicas, dentre outros. Os TRs podem ser acessados no sítio eletrônico do órgão: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/publicacoes/2020-11-TR_CEM.pdf>.

Devido ao aumento das pesquisas e submissão de projetos de parques eólicos *offshore*, o IBAMA lançou, em novembro de 2020, um Termo de Referência Padrão exclusivo para Complexos Eólicos *Offshore*, de modo a nortear a elaboração do EIA/RIMA. Foi indicado que o documento, composto por 30 páginas, contou com a participação de diálogos setoriais da União Europeia, em função da expertise maior na área (IBAMA, 2020).

No âmbito cearense, Brown (2011) trouxe uma pesquisa indicando vários impactos negativos utilizados como base para a contraposição de populações locais frente aos parques eólicos na região litorânea. Dentre eles, citam-se bloqueio no acesso ao oceano, danos às casas locais e intimidação por parte dos empreendedores. Anos antes, Lima (2008) já havia avaliado que a implantação dos parques nas áreas de praia eram ameaças à preservação dos campos de dunas móveis e fixadas pela vegetação costeira. Em oposição a tais questões maléficas, há a necessidade de inovações tecnológicas ambientalmente adequadas, atuação fortificada dos órgãos ambientais quanto ao licenciamento e planejamento adequado (EPE, 2022; WANG; PRINN, 2010; SILVA, 2014).

Costa *et al.* (2019), ao estudar os EIAs/RIMAs de dois parques eólicos instalados no Ceará, constatou impactos sobre a fauna, flora, vias de acesso, níveis de pressão sonora, paisagem natural e impermeabilização do solo, sendo estes sobre os meios biótico e físico. O estudo também analisou os impactos sociais, trazendo como resultado a geração de empregos, interferência sobre o cotidiano do povo local, aumento do índice de eletrificação, fissuras em casas, aumento do risco de acidentes e interferências eletromagnéticas, sem deixar de destacar um projeto social.

Quanto à avaliação propriamente, no item 4 Resultados, será demonstrada uma análise de alguns critérios pertinentes ao processo de AIA para os empreendimentos eólicos instalados no território do Ceará, os quais foram aprovados pela Superintendência Estadual de Meio Ambiente (SEMACE).

3. METODOLOGIA

Demo (2003) diz que Metodologia “(...) é uma preocupação instrumental. Trata das formas de se fazer ciência. Cuida dos procedimentos, das ferramentas, dos caminhos”. Para Thiollent (2011), a metodologia científica é uma disciplina que analisa as características dos diversos métodos disponíveis, avaliando suas capacidades, limitações e as implicações de sua utilização. Ela representa o conhecimento e as habilidades que o pesquisador necessita para o processo de investigação, além de tomar decisões e selecionar conceitos, técnicas e hipóteses adequadas.

Aragão e Neta (2017) salientam que estudar o método científico não implica em ter uma atitude reprodutiva propriamente, mas sim estimular o cultivo de um “espírito crítico, reflexivo, amadurecido, contribuindo para o progresso da sociedade”. Dentre os objetivos dessa ciência, os autores trazem o desenvolvimento de postura investigativa no pesquisador, promoção e desenvolvimento de leitura crítica da realidade e integração de conhecimentos.

De um modo geral, os autores que escrevem sobre metodologia de pesquisa científica sugerem para início dos procedimentos as seguintes ações: iniciar o processo de pesquisa com um levantamento bibliográfico, em seguida fazer leituras relacionadas ao tema definido e, em paralelo, fazer o fichamento de cada livro ou artigo lido (ARAGÃO; NETA, 2017).

Nesse sentido, em termos de classificação da pesquisa científica aqui realizada, indica-se que se caracteriza por ser aplicada, com relação à natureza, uma vez que, baseada em um problema, apresenta alternativa para solucioná-lo. Quanto ao objetivo, pode ser entendida como exploratória, tendo em vista tentar trazer luz ao problema, aumentando a familiaridade do público quanto a ele. Para tal, utilizou-se de abordagem quantitativa, em função de terem sido utilizados dados palpáveis para a verificação do problema e sua possível solução, baseada em método matemático e lógico. As descrições foram baseadas na classificação apresentada por Miguel *et al.* (2010).

Seguindo as premissas indicadas acima, a parte inicial deste trabalho constou de um levantamento do cenário das energias renováveis no Brasil e no Ceará, baseando-se em pesquisa bibliográfica. Junto a isso, também foram estudadas pesquisas relacionadas à Avaliação de Impactos Ambientais (AIA).

Para tal, foram utilizadas as ferramentas Google Pesquisa e Google Acadêmico, em que foram buscadas palavras-chave relacionadas às temáticas, contendo termos como “ENERGIA EÓLICA”, “AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS”, “METODOLOGIAS

DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS”, “AIA”, assim como variantes semelhantes, tanto em português quanto em inglês.

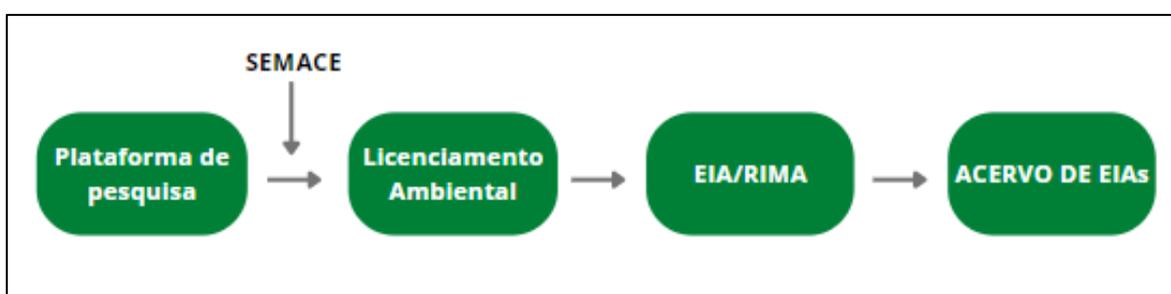
Salienta-se o fato de que foram selecionados trabalhos escritos e publicados em periódicos nacionais e internacionais para a temática de AIA, tendo como priorização estudos dos últimos 5 (cinco) anos. Entretanto, por ser um tema mais tradicional e difundido, foram aceitas publicações mais antigas, principalmente devido às suas importâncias para a comunidade científica, bem como pelas suas consolidações.

Quanto à temática de energia eólica, devido a ser mais recente, principalmente no cenário brasileiro, foram coletados e utilizados materiais de estudo além de publicações científicas propriamente. Foram muito importantes para a elaboração deste trabalho relatórios técnicos, elaborados por diversas instituições de cunho público e privado, assim como parcerias.

No que tange à coleta de dados dos Estudos de Impactos Ambientais (EIAs) dos empreendimentos eólicos já aprovados no Ceará, utilizou-se como fonte de dados primordial o sítio eletrônico da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), o qual foi acessado por meio da plataforma de busca *Google* Pesquisa, seguindo o seguinte fluxo: pesquisa “SEMACE”, acesso da página “Licenciamento Ambiental”, seguido de “EIA/RIMA”. Neste último, houve acesso ao acervo de estudos até então aprovados pelo órgão.

No acervo, dentro da aba “EIA’s”, foi aplicado o filtro “GRUPOS/ATIVIDADES”, selecionando-se “GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA_Complexo Eólico”. Não foram encontrados outros filtros que se enquadrassem no objeto de estudo desta pesquisa. Segue passo a passo indicado no fluxograma presente na Figura 4.

Figura 4 – Passo a passo para aquisição de dados.

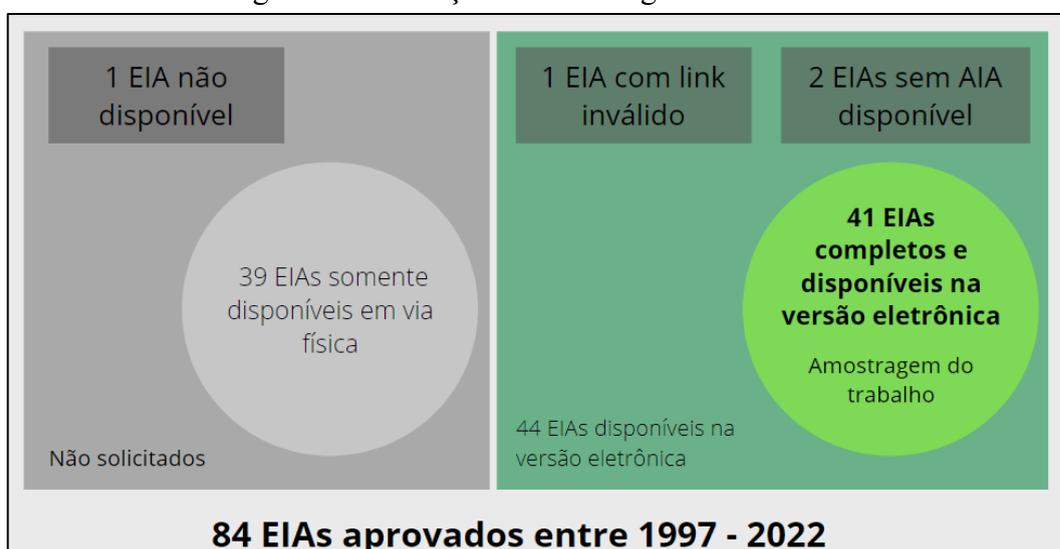


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Por meio desse fluxo, identificou-se espaço amostral de 84 EIAs aprovados, dos quais 39 somente estariam disponíveis em meio físico, os quais não foram solicitados, assim

como 1 (um) constava no banco de dados, mas não possuía indicação de link ou via física; enquanto 44 apresentavam link para acesso. Dentre os que possuíam versão *online*, 1 (um) possuía link de acesso inativo; 1 (um) somente disponibilizou o EIA até o capítulo de diagnóstico ambiental, não possibilitando a análise da AIA; e 1 (um) não possuía o capítulo de AIA disponível. Desse modo, este estudo foi elaborado tomando como base 41 EIAs de empreendimentos de energia eólica aprovados junto à SEMACE, os quais estão compreendidos no período de 1997 e 2022. A Figura 5 ilustra o resumo dos EIAs dispostos na SEMACE, destacando a amostragem deste trabalho.

Figura 5 – Definição da amostragem de trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

De posse dos dados, partiu-se para a análise. Os EIAs foram lidos individualmente, de modo a extrair informações importantes para a pesquisa: ano de elaboração e empresa responsável, metodologias de AIA, quantitativo e listagem de impactos (positivos e negativos) e medidas mitigadoras e potencializadoras; assim como os atributos aplicados.

Ao realizar a avaliação das informações acima, em adição à experiência profissional do autor em empresas de consultoria ambiental na elaboração de estudos ambientais, foi possível elaborar a proposta de metodologia de avaliação de impactos, a ser descrita no item 4. Resultados. Cabe citar que o item 2. Revisão Bibliográfica serviu de base para o entendimento da problemática, ao trazer avaliação histórica, instrumentos legais e métodos tradicionais de Avaliação de Impactos Ambientais; junto ao cenário atual das energias renováveis, com ênfase na fonte eólica, no contexto brasileiro e cearense, bem como a perspectiva de futura da matriz.

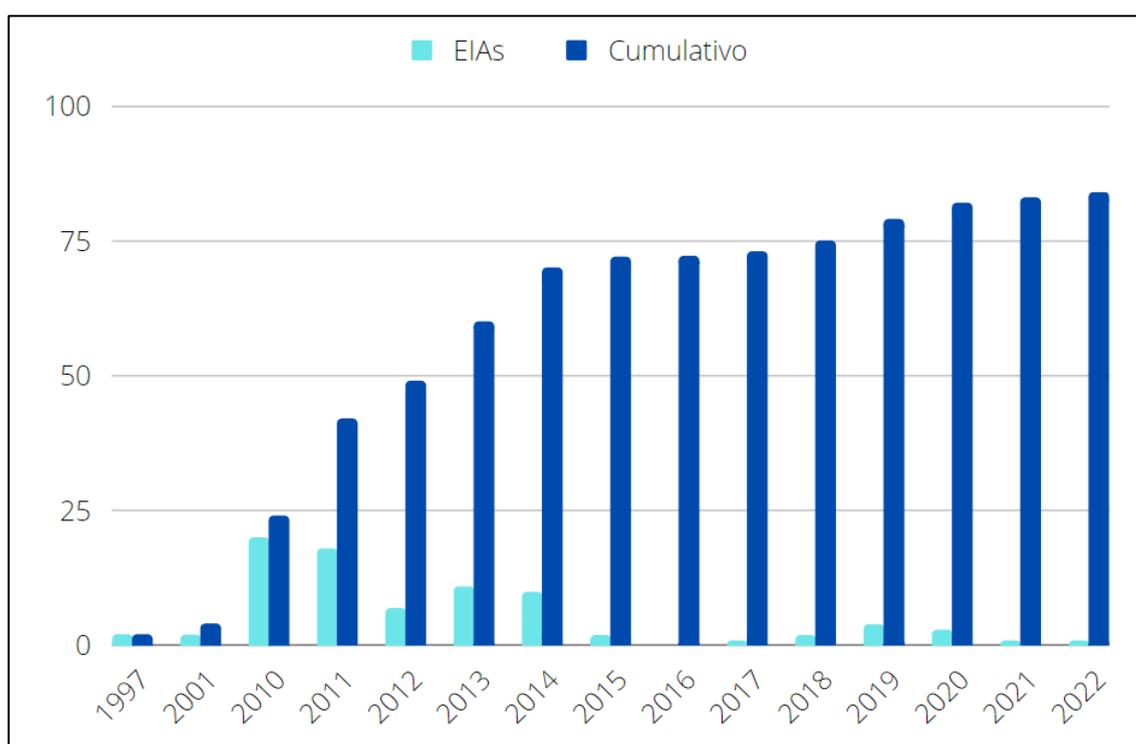
Quanto à metodologia utilizada para a criação do método proposto neste trabalho, indica-se que será explanada no item 4. Resultados, tendo em visto o entendimento de que é parte componente do produto da pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Diagnóstico dos EIAs

Por meio da análise dos EIAs de empreendimentos geradores de energia a partir da fonte eólica, instalados no Ceará, disponíveis para consulta, foi possível perceber que o número de estudos aprovados junto ao Conselho Estadual de Meio Ambiente do Ceará (COEMA/CE), órgão colegiado da SEMACE, tem crescido, em números totais, substancialmente desde a primeira aprovação, ocorrida em 1997, conforme presente na Figura 6.

Figura 6 – Evolução do número de EIAs de empreendimentos geradores de energia a partir da fonte eólica aprovados no Ceará.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Se analisado ano a ano, percebe-se que em 2010 e 2011 houve grande volume de aprovações de estudos, com valores de 20 e 18 respectivamente. Posterior a isso, houve diminuição em termos de estudos aprovados, em 2012, com crescimento entre 2013 e 2014, com posterior estabilização nos anos seguintes. Sob a ótica cumulativa, entre 1997 e 2022, foram aprovados 84 EIAs de empreendimentos geradores de energia a partir da fonte eólica no Ceará.

Mediante as aprovações e respectivas emissões de licenças, tem de ser lembrado o período necessário para a construção dos parques e início das operações. Com relação às potências instaladas, IPECE (2018) indica, em seu relatório Panorama da produção de energia elétrica no Estado do Ceará: Um enfoque para a matriz eólica, que houve crescimento, entre 2007 e 2017, o que gerou impactos positivos sobre os aspectos econômicos. Um dos principais ganhos foi em cima do preço para a geração da energia, em que houve queda de R\$ 230,00 / MWh, em 2008, para R\$ 108,00 / MWh em 2017 (EPE, 2017). O Relatório apresenta como possíveis justificativas as políticas públicas aprovadas, a citar o Programa Emergencial de Energia Eólica – PROEÓLICA (Resolução nº 24/2001) e o Programa de Atração de Empreendimentos Estratégicos – PROADE (Decreto nº 30.012/2009). Ademais, a presença de empresas produtoras de insumos e equipamentos eólicos em solo cearense também contribuiu para o movimento decrescente dos valores da energia eólica no estado nos últimos anos, bem como conseqüente aumento no número de parques instalados.

Além disso, devido à disponibilização pública dos estudos, foi possível fazer o levantamento das empresas responsáveis pela elaboração deles. A Figura 7 dispõe de um gráfico com a divisão de EIAs por empresa elaboradora.

Figura 7 – Evolução do número de EIAs de empreendimentos geradores de energia a partir da fonte eólica aprovados no Ceará, por empresa elaboradora.



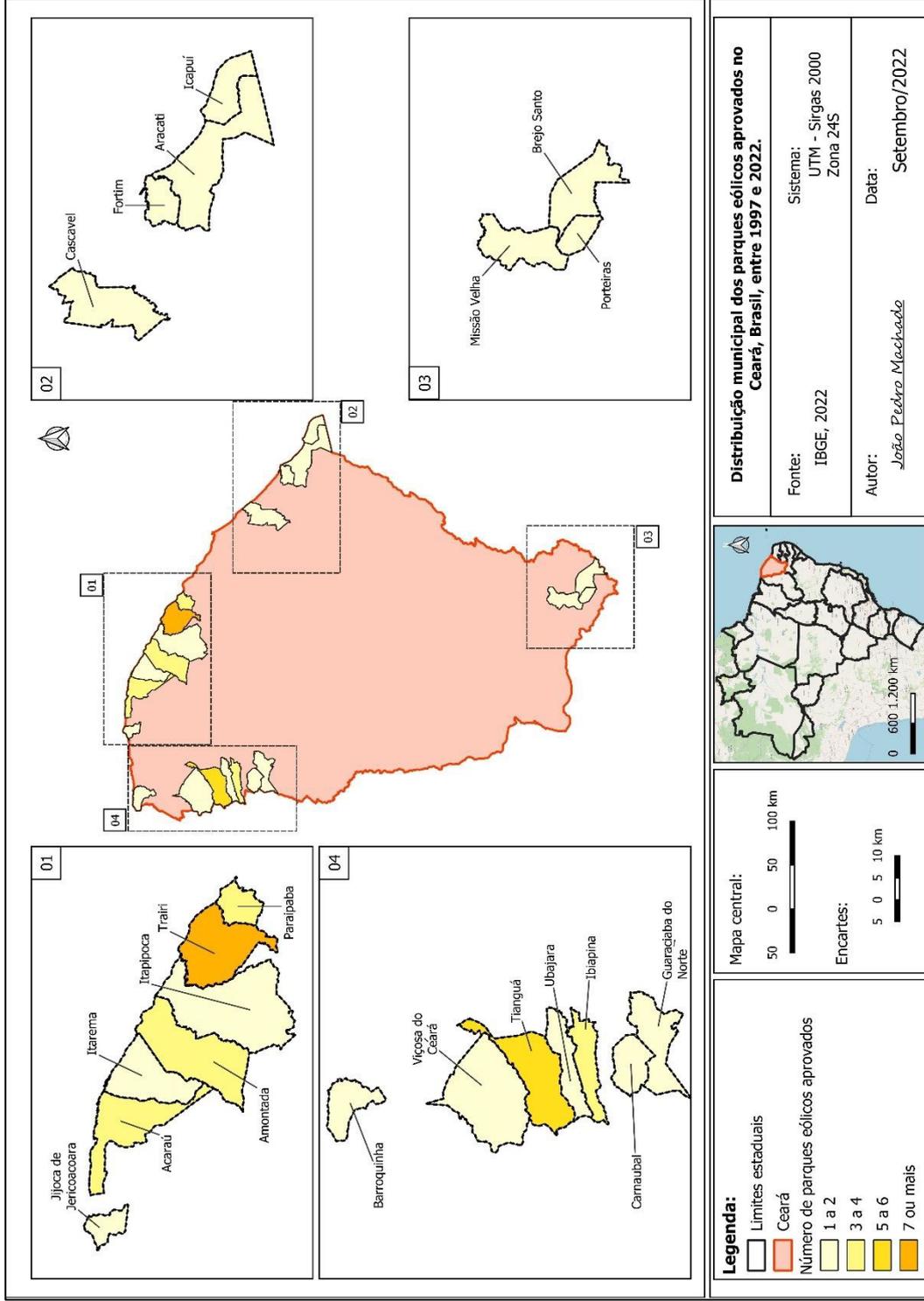
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Dentre as consultorias, destacam-se a Ambiental Consultoria e Projetos (13 EIAs ou 31,71%), Ampla Engenharia (7 ou 17,07%) e Geoconsult (6 ou 14,63% cada) como as principais e com maior número de estudos aprovados. Além delas, tem-se MRS Estudos Ambientais, responsável por 4 EIAs (9,76%), e BRASCAM Soluções Ambientais, Geo Soluções Ambientais e Ecology Brasil, com 2 estudos cada (14,63% somados). Cabe ainda citar que outras 5 empresas foram responsáveis pela elaboração de um único EIA, representando 12,20% do total estudado.

Com isso, nota-se que o mercado de consultoria ambiental, em âmbito cearense, apresenta diversidade de empresas atuantes, dentre as quais poucas destoam em termos de quantidade de estudos de empreendimentos eólicos de grande porte.

Quanto à localização de instalação, percebeu-se grande predomínio de parques eólicos na região litorânea do Estado, porém com algumas presenças em regiões mais continentais, principalmente em áreas serranas. Ganha destaque a cidade de Trairi, com o maior número de projetos aprovados, no total de 7, seguida de Tianguá, Acaraú e Paraipaba, com 5, 4 e 4 estudos respectivamente. Outras cidades constam como sede de 2 parques, a citar Amontada, Aracati, Barroquinha e Itarema. A partir disso, houve a elaboração do mapa presente na Figura 8.

Figura 8 – Mapa com distribuição dos parques eólicos aprovados no Ceará entre 1997 e 2022.



4.2. Metodologias de AIA utilizadas

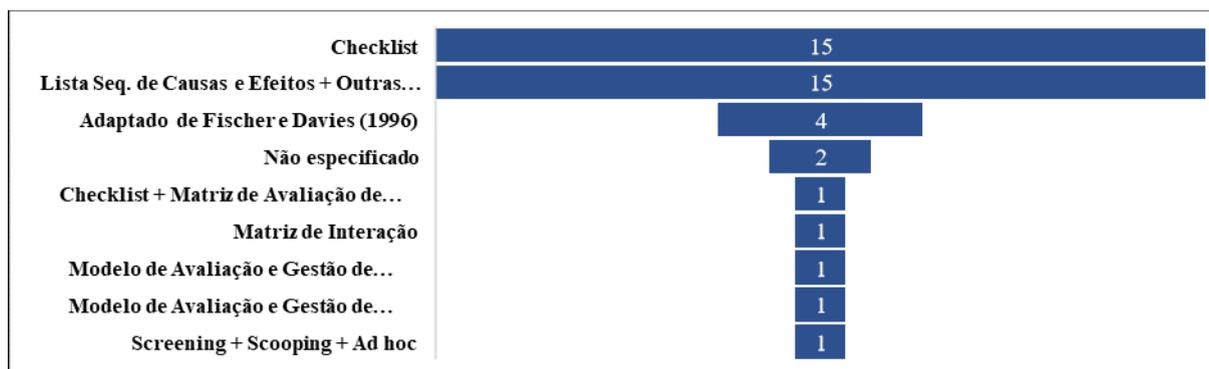
Para Moraes e D'Aquino (2016), “o estudo das metodologias de AIA possibilita ampliar o conhecimento e o entendimento a respeito de cada método específico, assim como suas características, funções, aspectos, vantagens e desvantagens”. Os autores indicam que a junção dos métodos é necessária, tendo em vista que nenhum modelo pode ser aplicado a todos os tipos de empreendimentos e ambientes. Por meio da combinação de metodologias, esperam-se melhores resultados na identificação e avaliação dos impactos em cada fase do projeto.

Os métodos de avaliação de impacto ambiental podem se tornar referência para pesquisas ambientais de modo a determinar com mais precisão a importância das mudanças ambientais (JESUS *et al.*, 2021). Em função de ser um instrumento importante para o gerenciamento da qualidade ambiental, através de processos públicos e minuciosos, a AIA é uma estratégia para identificar e idealizar o desenvolvimento da sustentabilidade ambiental (SÁNCHEZ; MORRISON-SAUNDERS, 2011). Ao permitir a previsão dos impactos causados por atividades e negócios, a Avaliação de Impactos pode ser considerada um instrumento efetivo no gerenciamento de planos (JESUS *et al.*, 2021; TORO *et al.*, 2012).

Mediante o entendimento das possibilidades de aplicação dos métodos de AIA, ao analisar os Estudos de Impacto aprovados, foi percebida prioridade no uso do *Checklist* e Lista Sequencial de Causas e Efeitos associada a outros métodos, ambos com 15 citações. Além dessas, outras técnicas foram aplicadas, porém em menores quantidades, a citar: Adaptação de Matriz de Avaliação de Impactos (MIA Matriz de Avaliação de Impactos (MIA), com 4 usos; e Modelo de Avaliação e Gestão de Impactos Ambientais (MAGIA), (SANCHEZ, 2008), com 2 usos.

Houve, ainda, a combinação de metodologias, por meio da aplicação de *Checklist* e Matriz de Avaliação de Impactos (MIA) (FISCHER; DAVIES, 1973); MAGIA e *Ad hoc* e *Screening*, *Scooping* e *Ad hoc*. Ocorreram dois casos em que não foram especificadas as metodologias, porém foi percebido uso de métodos semelhantes ao *Checklist*. O compilado do descrito consta ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Evolução do número de EIAs aprovados no Ceará.



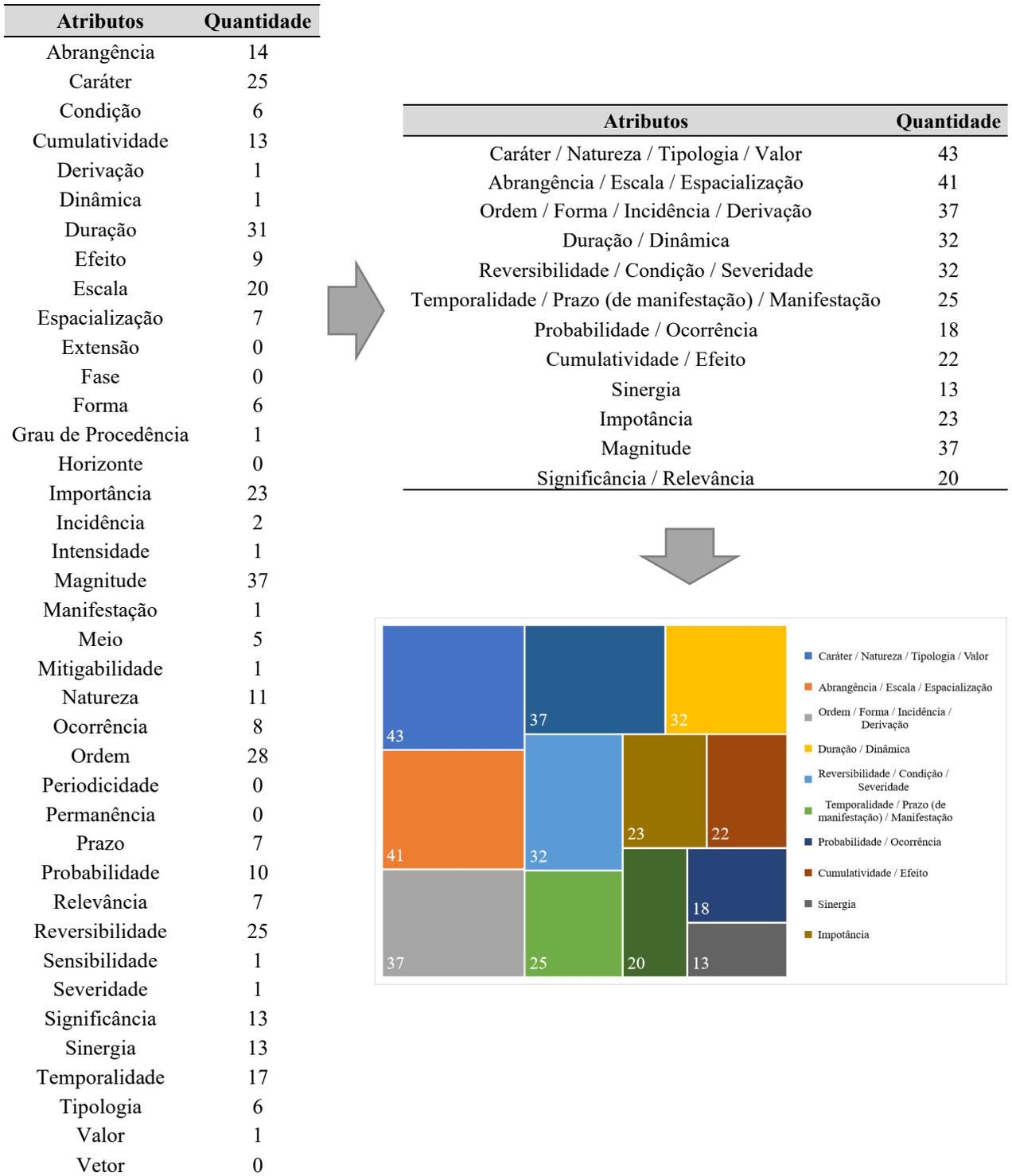
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Fica percebida, portanto, preferência pelos métodos de *Checklist* e Lista Sequencial de Causas e Efeitos, porém sendo importante destacar que o último caso é uma associação com demais métodos, como a própria Matriz de Leopold, Ad hoc e *Checklist*. Ratifica-se, com isso, a importância de ser feita combinação de métodos, com o objetivo de reduzir as falhas individuais, garantindo resultado mais eficiente, o que é corroborado por outros estudos (JESUS *et al.*, 2021; SANCHEZ, 2008).

Quanto aos atributos, percebe-se que todas as metodologias apresentam atributos de avaliação, os quais funcionam como critérios balizadores da classificação e estimativa de uma ordem de priorização durante a execução das medidas mitigadoras, sendo essenciais para o efetivo gerenciamento da qualidade ambiental.

Nos estudos analisados, houve a citação de 33 atributos diferentes de modo geral. Porém, ao analisar mais atentamente, percebeu-se que havia similaridades nas definições deles, tendo sido aplicados apenas sinônimos para tal. Desse modo, elaborou-se um compilado dos atributos, por similaridade de definição e classificação, o que permitiu a diminuição para 26 classes, as quais estão presentes na Figura 10, com suas respectivas quantificações de uso.

Figura 10 – Atributos utilizados nas AIAs de empreendimentos geradores de energia a partir da fonte eólica aprovados no Ceará entre 1997 e 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A avaliação dos atributos, com suas respectivas definições e seus critérios de peso são de suma importância para este trabalho, tendo em vista que serão utilizados de modo a embasar a criação da proposta de metodologia.

4.3. Proposta de Metodologia de AIA para Empreendimentos Eólicos

Oliveira e Bursztyn (2001) expressam que, diante da grande variedade de métodos de avaliação de impacto ambiental aplicados, os quais podem ser generalistas ou detalhados, há a necessidade de se fazer um balanço crítico sobre a aplicação da AIA, visando ao aperfeiçoamento do instrumento e a busca por alternativas que possibilitem aumentar sua efetividade. Outros autores ratificam esse pensamento, ao indicar que ainda há muito a evoluir e desenvolver para que se atinja a eficiência desejada, de modo a suprimir e mitigar os erros das avaliações (PRADO FILHO; SOUZA, 2004).

Sanchez (2008) afirma que "não há receitas universais para a avaliação de impacto ambiental". Não obstante, o autor propõe que metodologias podem e devem ser aplicadas, adaptadas, ou mesmo criadas, para cada caso especificamente. Em meio a esse contexto de tentativa de desenvolvimento e aprimoramento, foi elaborada sugestão de metodologia de AIA, baseada em empreendimentos eólicos aprovados no Ceará, Brasil.

Um dos objetivos do método aqui proposto, nomeado método Lima, é ajudar a equipe responsável a ter como priorizar o processo de tomada de decisão, logo gerenciar de modo otimizado. Entretanto, o principal foco é diminuir a subjetividade intrínseca ao processo de Avaliação de Impactos Ambientais, uma vez que, por meio da aplicação de pesos em atributos de primeira ordem, para que se atinja um valor final, referente à significância; seja possível diminuir a interferência pessoal dos elaboradores no resultado.

4.3.1. Métodos de referência

Para nortear o processo de elaboração da presente proposta foram analisadas as avaliações já citadas, as quais trouxeram base de conteúdo. Por meio delas, extraíram-se os atributos a serem aqui aplicados, bem como houve subsídio do contexto geral sobre os impactos e as medidas mitigadoras associadas.

Nesse sentido, a presente proposta de metodologia tomou por base, principalmente, as técnicas de *Checklist* e Modelo de Avaliação e Gestão de Impactos Ambientais (MAGIA) (SANCHEZ, 2008), assim como incrementou aspectos pertinentes à modalidade quantitativa de avaliação.

Buscou-se, com essa conjuntura, extrair as melhores características de cada metodologia, ao apossar-se da simplicidade do método de *Checklist*, o qual pode ser pensado, inclusive, como um *brainstorming* (chuva de ideias) de impactos previsíveis; junto à questão definição de critérios trazida por Sanchez (2008), por meio dos cruzamentos de linhas; acrescidos da ordenação dos dados quantitativos e qualitativos pertinentes ao modo quantitativo.

4.3.2. Atributos

Os atributos necessários para auxiliar na Avaliação de Impactos podem ser definidos por legislação, como no caso da Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986; estabelecidos em Termos de Referência (TRs), emitidos pelos órgãos licenciadores; e mesmo pelo interesse da equipe responsável, de modo a complementar a AIA.

A Resolução CONAMA nº 01/1986, que dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental é um bom norteador no processo decisório dos atributos, tendo em vista sua importância como legislação em nível federal já consolidada. Em seu art. 6º, inciso II, indica a obrigatoriedade de julgamento sobre os seguintes critérios:

- Impactos positivos e negativos (benéficos e adversos);
- Diretos e indiretos;
- Imediatos e a médio e longo prazos;
- Temporários e permanentes;
- Grau de reversibilidade; e
- Suas propriedades cumulativas e sinérgicas (BRASIL, 1986).

Além dessa normativa, também são apresentados atributos na norma ABNT NBR ISO 14.004:2018, em seu item 6.2.1.5, o qual orienta quanto às formas de determinação de aspectos ambientais significativos. São indicados os critérios de escala, severidade, duração, exposição, dentre os possíveis para estabelecer a significância de um impacto e seu respectivo aspecto gerador (ABNT, 2018).

Com relação aos Termos de Referência (TRs), foi possível ter acesso a alguns, por estarem em anexo aos EIAs analisados, por exemplo: TR 627/2010 - COPAM/NUCAM, TR 34/2012-DICOP/GECON, TR 1170/2013- DICOP/GECON. Os Termos trazem a necessidade

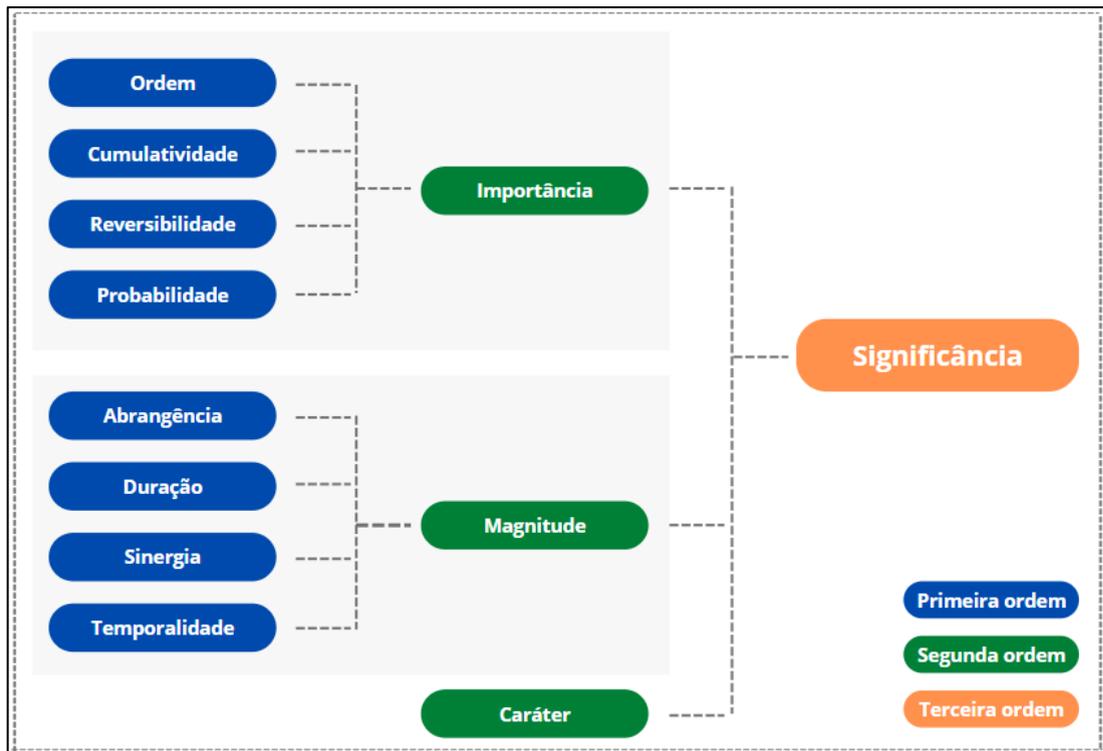
de serem avaliados magnitude, importância, relevância, sinergia. Como já indicado, podem ser adicionados atributos, de modo a tornar mais tangível a mensuração do grau de significância de um impacto.

Na literatura, há diferentes estudos que tratam variados atributos até que se atinja a significância de um impacto, a citar:

- Thompson (1990): Adverso ou benéfico, prazo (curto ou longo), reversibilidade, direto ou indireto e local ou estratégico;
- Farah (1993), FERNÁNDEZ-VÍTORA (1997) e Pastakia e Jensen (1998): Natureza, incidência, abrangência espacial, permanência ou duração, momento, reversibilidade e cumulatividade;
- Bojórquez-Tapia *et al.* (1998): Magnitude, extensão, duração, sinergia, cumulatividade, reversibilidade, mitigabilidade;
- Antunes *et al.* (2001): Magnitude, extensão, importância (sensibilidade dos recursos), temporalidade e população afetada;
- Lawrence (2003): Intensidade, distribuição, cumulatividade, duração, reversibilidade, direto ou indireto, mitigabilidade, frequência, prioridade para agências públicas e níveis e tipos de riscos incertos; e
- Sanchez (2008): Temporalidade, cumulatividade, se o efeito é benéfico ou adverso e se a origem é direta ou indireta.

Com isso, foram definidos os atributos que compõem a metodologia aqui proposta. Indica-se que eles foram divididos em três categorias: primeira ordem, segunda ordem e terceira ordem (Figura 11). Os atributos de primeira ordem são entendidos como aqueles que serão avaliados diretamente pela equipe responsável pela elaboração da AIA. A partir deles, por método matemático, serão calculados os atributos das ordens seguintes, a ser mais bem descrito à frente.

Figura 11 – Ordens de divisão dos atributos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.3.2.1. Atributos de primeira ordem

A primeira etapa da aplicação do método aqui proposto se dá pela definição dos atributos de primeira ordem, os quais são: Abrangência, Cumulatividade, Duração, Ordem, Probabilidade, Reversibilidade, Sinergia e Temporalidade. Para cada um, foi estabelecido, pelo autor, um peso, o qual pode variar de 1 a 3, sendo 1 para menor intensidade, 2 para intensidade intermediária e 3 para maior intensidade. Salienta-se que todos os atributos, independente da ordem, não apresentam diferença de fator de impacto, logo todos têm o mesmo peso na equação.

A Tabela 2 dispõe os atributos de primeira ordem, com as possibilidades de nomenclaturas extraídas das AIAs já aprovadas pela SEMACE, bem como são apresentados as definições gerais, classificações e os pesos de cada um.

Tabela 2 – Atributos de primeira ordem: definições, classificações e pesos.

ABRANGÊNCIA (Ab)		
Relação entre o impacto ambiental e a área geográfica que pode ser afetada, direta ou indiretamente, por ele.		
Outros termos:	Escala / Espacialização	
Classificação	Definição	Peso
Local	A abrangência do impacto ambiental está limitada à Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento. Salienta-se que a definição da AID depende da equipe projetista.	1
Regional	O impacto ambiental extrapola os limites da ADA, porém está contido na Área de Influência Direta (AID), cuja definição é responsabilidade da equipe multidisciplinar a elaborar o EIA.	2
Global	A ser escolhido quando o impacto apresentar potencial de ultrapassar a delimitação da AID, podendo ou não, estar limitada à Área de Influência Indireta (AII).	3
CUMULATIVIDADE (Cm)		
Deve avaliar a relação entre as ações (passadas, presente e perspectivas de futuro) e os impactos, ou seja, avalia se os efeitos se acumulam em função das mesmas ou de diferentes atividades dentro de um contexto espaço-temporal. Essa interação pode ocorrer dentro do mesmo empreendimento ou entre diferentes. Salienta-se a importância desse atributo ser avaliado junto ao item de Planos e Projetos.		
Outros termos:	Efeito	
Classificação	Definição	Peso
Não cumulativo	Os impactos são oriundos de apenas uma única ação geradora.	1
Cumulativo	Mais de uma ação geradora têm influência na geração do impacto.	3
DURAÇÃO (Dr)		
Relativo à quantidade de tempo que se espera que o impacto persista sobre o meio, após concluída a ação geradora.		
Outros termos:	Dinâmica / Permanência	
Classificação	Definição	Peso
Temporário	O impacto irá ocorrer durante um período determinado, não apresentando potencial de ser repetido em outras situações.	1
Cíclico	O impacto terá repetitividade em períodos repetitivos, não sendo contínuo.	2
Permanente	Mesmo com o término da ação geradora, o impacto persiste a ocorrer por tempo indeterminado.	3

Tabela 2 – Atributos de primeira ordem: definições, classificações e pesos - continuação.

ORDEM (Od)		
Interação entre a ação geradora com o impacto ambiental, estabelecendo julgamento quanto à relação de causa x efeito.		
Outros termos:	Forma / Incidência / Derivação	
Classificação	Definição	Peso
Direto / Primária	Relação de proporcionalidade direta entre a ação e o impacto gerado por ela sobre o meio afetado.	1
Indireto / Secundária	Necessidade de interação do impacto com outros fatores para que ocorra reação subsequente.	3
PROBABILIDADE (Pb)		
Possibilidade de o impacto vir a ocorrer.		
Outros termos:	Ocorrência / Probabilidade de ocorrência	
Classificação	Definição	Peso
Baixa / Pouco provável	Existe a possibilidade de ocorrência do impacto, porém não se consegue estimar com riqueza de detalhes nem se pode garantir.	1
Média / Provável	O impacto tem chances de ocorrência, mas ainda não se pode garantir.	2
Alta / Certa	É garantido que o impacto ocorrerá, bem como, em alguns casos, é possível mensurar.	3
REVERSIBILIDADE (Rv)		
Apresenta relação com o meio afetado, assim como com o impacto, ao permitir entender se o impacto apresenta reversibilidade, ou seja, pode deixar de ocorrer, aumentando as chances de recuperação do meio afetado.		
Outros termos:	Condição / Severidade	
Classificação	Definição	Peso
Reversível	Aplicando as medidas adequadas, o impacto é passível de ser revertido e o meio pode voltar às condições naturais.	1
Parcialmente reversível	O impacto pode ser revertido, porém o meio não irá se recuperar sem intervenção humana.	2
Irreversível	Tanto o impacto quanto o meio não apresentam chances de reversibilidade.	3

Tabela 2 – Atributos de primeira ordem: definições, classificações e pesos - continuação.

SINERGIA (S_n)		
Relação de possibilidade de um impacto direto de uma ação geradora ser intensificado por ou intensificar outros impactos, podendo ser do mesmo empreendimento ou de outros na região. Salienta-se a importância desse atributo ser avaliado junto ao item de Planos e Projetos.		
Outros termos:	Efeito	
Classificação	Definição	Peso
Não cumulativo	O impacto principal/direto não apresenta chances de ser intensificado por ou intensificar outros impactos.	1
Cumulativo	Novos efeitos podem ocorrer em função do impacto direto ou mesmo potencializar e prolongar as consequências dentro de uma cadeia de impactos.	3
TEMPORALIDADE (T_p)		
Perspectiva temporal de surgimento dos efeitos do impacto com relação à ação geradora e em função da resiliência do meio afetado.		
Outros termos:	Prazo (de manifestação) / Manifestação / Momento	
Classificação	Definição	Peso
Imediato / Curto prazo	Estima-se surgimento dos efeitos logo durante a ação geradora ou até o período curto de 2 anos.	3
Médio prazo	Estima-se surgimento dos efeitos em um período de 2 a 10 anos	2
Longo prazo	Estima-se surgimento dos efeitos em um período após 10 anos ou desmobilização do empreendimento.	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Alguns atributos necessitam de entendimentos mais detalhados, seja em função de definições seja em função de divergências nas bases estudadas. Tais atributos são mais bem explanados na sequência.

- **Temporalidade e Duração**

Foi observado que os atributos de temporalidade e duração apresentaram alterações nas AIAs existentes no banco de dados. Em alguns estudos, a duração foi classificada em curto, médio e longo prazo, devendo ser atribuído valor em função do tempo de permanência do impacto após o fim da atividade geradora. As mesmas classes e definições também foram aplicáveis à temporalidade em outros estudos.

Houve também casos em que a temporalidade recebia valor com relação ao tempo que o efeito ambiental de uma atividade iria se desenvolver no meio, podendo ser de curto, médio e longo prazo também.

Mediante as variações de critérios, foram estabelecidos, para essa proposta de metodologia, os que se encontram dispostos na Tabela 2. Para os demais atributos, não houve variações consideráveis entre os conceitos e classificações.

- **Cumulatividade e Sinergia**

Percebeu-se certa semelhança entre os atributos de cumulatividade e sinergia. Por isso, buscou-se literatura da área para balizar os conceitos. Segundo Cooper e Canter (1997), o Conselho de Qualidade Ambiental dos EUA - CEQ (*Council on Environmental Quality, USA*) define impactos cumulativos como sendo aqueles que representam a combinação de ações passadas, presentes e com razoável probabilidade de ocorrer no futuro. Além disso, podem resultar da acumulação de impactos similares ou da interação sinérgica de diferentes impactos (relação entre cumulatividade e sinergia).

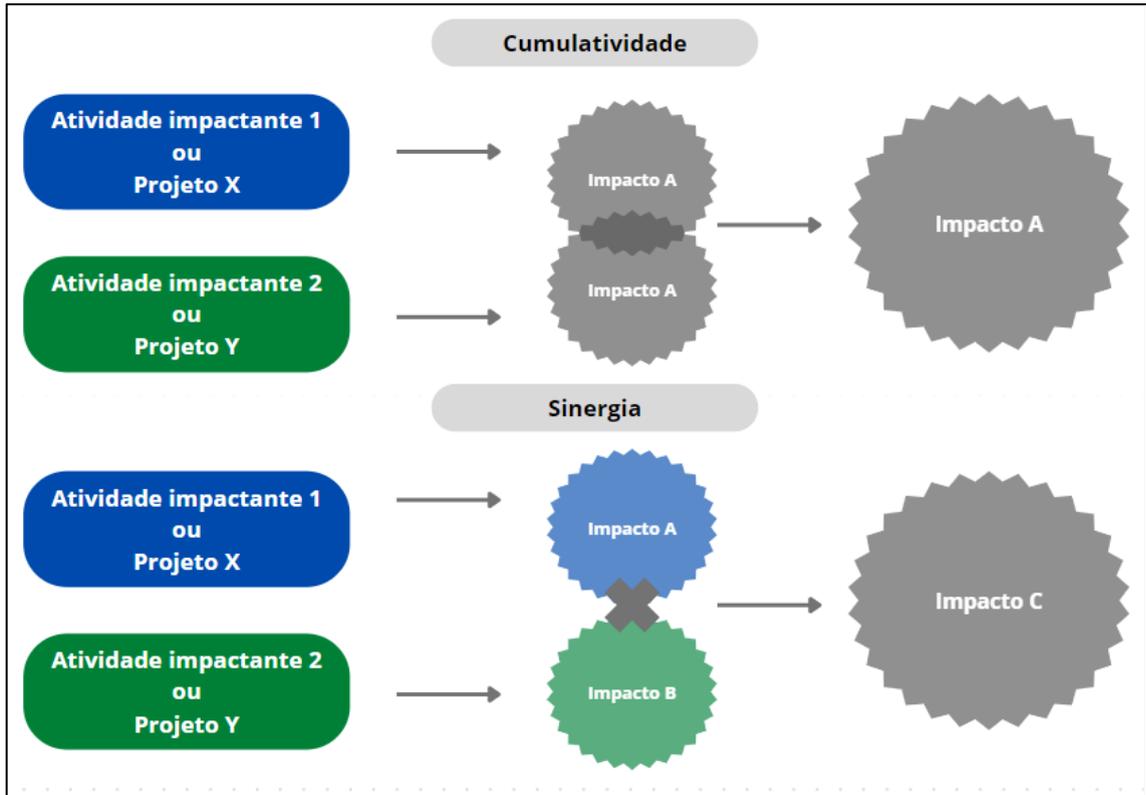
Canter (1986) indicou que os impactos cumulativos são impactos de natureza aditiva, interativa, sinérgica ou irregular (imprevisível), gerados por ações individualmente insignificantes, mas coletivamente significativas que se acumulam no espaço e tempo.

De modo a exemplificar o conceito, Carvalho (2014) apresenta o caso de descarte de efluentes de uma residência lançados in natura em um córrego, cujos efeitos são sabidos e mensuráveis de modo individual. Entretanto, de modo coletivo, esses efeitos se acumulam e intensificam. Além disso, se analisados pequenos empreendimentos e obras, o impacto pode ser pequeno, porém se somados e concentrados em uma área modificam paisagens, qualidade das águas e a cultura local.

Carvalho (2014) indica que “os efeitos sinérgicos ocorrem quando os impactos de naturezas distintas interagem, gerando efeitos diversos ou maiores que quando analisados individualmente em cada empreendimento”. A sinergia é relativa, então, à avaliação da complementaridade de efeitos entre impactos de distintas naturezas.

Assim, de modo a simplificar o entendimento e a classificação deles, foram estabelecidas definições, classificações e pesos presentes na Tabela 2 e ilustrados na Figura 12.

Figura 12 – Representação gráfica de cumulatividade e sinergia.



Fonte: Adaptado de Carvalho (2014).

4.3.2.2. Atributos de segunda ordem

A partir da definição das classificações e dos pesos para os atributos de primeira ordem, serão definidos, por método matemático, a ser explicado no item 4.3.3, as classificações e os pesos dos atributos de segunda ordem, os quais encontram-se dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Atributos de segunda ordem: definições, classificações e pesos.

CARÁTER (Cr)		
Atribui qualidade às alterações provocadas pelo empreendimento sobre fator ambiental por ele afetado. Em alguns casos, é possível que não se consiga especificar ao certo seu valor, tendo em vista ser variável em função de interpretação de quem analisa.		
Outros termos:	Natureza / Tipologia / Valor	
Classificação	Definição	Peso
Benéfico / Positivo	Enquadram-se impactos que irão gerar vantagens para o meio / fator afetado.	+ 1
Indefinido	Impacto negativo ou positivo, dependendo da forma de abordagem do mesmo (MOTA e AQUINO, 2002).	+/- 1
Adverso / Negativo	Enquadram-se impactos que irão gerar desvantagens para o meio / fator afetado.	- 1
IMPORTÂNCIA (Ip)		
Medida a partir dos atributos de Cumulatividade, Ordem, Probabilidade e Reversibilidade, sendo referente à expressividade do impacto frente ao meio afetado.		
Outros termos:	-	
Classificação	Peso	
Importância 1	1	
Importância 2	2	
Importância 3	3	
Importância 4	4	
Importância 5	5	
MAGNITUDE (Mg)		
Entendida como a capacidade de o impacto causar alterações sobre o meio afetado, sob uma análise espaço-temporal, sendo medida em função dos atributos de Abrangência, Duração, Sinergia e Temporalidade.		
Outros termos:	-	
Classificação	Peso	
Magnitude 1	1	
Magnitude 2	2	
Magnitude 3	3	
Magnitude 4	4	
Magnitude 5	5	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os pesos relativos aos atributos de Importância e Magnitude foram calculados seguindo os critérios estabelecidos pelo autor, os quais serão detalhados no item 4.3.3 Método de Cálculo.

4.3.2.3. *Atributo de terceira ordem*

- **Significância / Relevância**

No âmbito dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), a determinação da significância dos impactos é um aspecto frágil que tem sido objeto de discussão e críticas na comunidade científica internacional. Não há critérios objetivos para tal determinação, resultando em avaliações muito subjetivas, geralmente determinadas pela experiência e influenciadas pelo perfil dos profissionais responsáveis pela elaboração (TAGLIANI; PHOREN; PERELLO, 2020).

Para Lawrence (2007), usualmente a determinação da significância passa pela experiência dos elaboradores, sendo adotadas abordagens preliminares, parcial e discursivas, culminando em opiniões muitas das vezes limitadas e inconsistentes. Tagliani, Phoren e Perello (2020) salientam que, dentre os EIAs por eles consultados, grande parte negligencia os impactos significativos.

Nesse sentido, a presente metodologia sugere o cálculo da Significância, às vezes chamada Relevância, por meio de uma análise de multicritérios e quantitativa. A avaliação de multicritérios pode ser um ótimo método para a definição de significância de impactos ambientais (CLOQUELL-BALLESTER *et al.*, 2007). O estudo dos autores citados apresenta um compilado de critérios utilizados para cálculo da significância, porém eles afirmam que não se pode garantir a existência de homogeneidade de avaliação. Adicionam, ainda, a necessidade de quantificar os atributos, para que se obtenha um resultado traduzido em números, de modo a facilitar a análise da significância.

No presente caso, a Significância terá a função de classificar os impactos previstos, dando embasamento para que seja estabelecida priorização nas ações de mitigação ou potencialização. Dessa forma, funciona como uma boa estratégia para o gerenciamento ambiental do projeto, cuja mensuração se dará por meio dos atributos de segunda ordem: Caráter, Importância e Magnitude. Cita-se que fica definida sigla “Sg” para se referir ao atributo nas equações.

Diferentemente dos demais atributos, a classificação da Significância será subdividida em 5 categorias, a serem nomeadas de Significância 1 a 5, cujos valores de classe serão apresentados no próximo item.

4.3.3. Método de Cálculo

Para se atingir o resultado final, ou seja, a significância do impacto, tem-se início com a aplicação dos pesos para os atributos de primeira ordem. Eles receberam ponderação numérica, como já informado, em escala de 1 (um) a 3 (três), em que, quanto maior, mais intenso. Lembra-se que os atributos não apresentam diferença de fator de impacto, ou seja, todos detêm o mesmo peso na equação.

Outro ponto importante a citar é com relação ao caráter. Ele somente entra no cálculo final, o que não apresenta impacto no resultado, uma vez que a significância é baseada no módulo do valor final, logo não tendo interferência se é positivo ou negativo. Desse modo, a classificação do caráter tem maior impacto no desenvolvimento das medidas, ao estabelecer se serão mitigadoras, potencializadoras ou compensatórias.

De posse da definição dos pesos individuais dos atributos de primeira ordem, será possível chegar aos valores de Importância e Magnitude, por meio de equações matemáticas simplificadas, de modo a aplicar o cruzamento dos valores numéricos dos atributos, conforme bibliografias (SANCHEZ, 2008; RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003; TORQUETTI, 2001).

Para a Importância, serão realizados dois cruzamentos de pesos, sendo ocorridos entre Ordem (Od) e Cumulatividade (Cm), em função das suas definições serem relacionadas às interrelações diretas entre ação geradora e impacto. O outro par será entre Probabilidade (Pb) e Reversibilidade (Rv), em função de estarem associados a avaliações mais subjetivas. Assim, a Importância deve ser calculada do modo que consta na Equação 1.

$$Ip = (Cm \times Od) \times (Pb \times Rv) \quad \text{Equação 1}$$

A partir do produto Cm e Od, tem-se variação de valores indo de 1 a 9, o que se repete para o produto de Pb e Rv. Ao fazer a operação presente na Equação 1, estima-se obtenção de pesos de 1 a 81 para a Importância, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Interações entre atributos e cálculo da Importância.

Par 1	Cumulatividade			Par 2	Probabilidade			
	X	1	3		X	1	2	3
Ordem	1	1	3	Reversibilidade	1	1	2	3
	3	3	9		2	2	4	6
					3	3	6	9
Importância								
X	1	2	3	4	6	9		
1	1	2	3	4	6	9		
3	3	6	9	12	18	27		
9	9	18	27	36	54	81		

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Legenda: Par – Interação entre atributos de primeira ordem.

O cálculo da Magnitude ocorrerá mediante a interrelação inicial entre Abrangência (Ab) e Sinergia (Sn), para caracterizar a influência da localização sobre os impactos; e Duração (Dr) e Temporalidade (Tp), de modo estabelecer uma avaliação temporal, assim, terá o entendimento espaço-temporal do impacto. A valoração da magnitude encontra-se na Equação 2.

$$Mg = (Tp \times Dr) \times (Ab \times Sn) \quad \text{Equação 2}$$

Por meio da aplicação dos pesos na Equação 2, serão definidos valores de 1 a 81 para a Magnitude. Com os cálculos indicados, foi elaborada a Tabela 5, a qual apresenta as possibilidades de cruzamento entre os pares de atributos de primeira ordem, até que se atinjam os valores para a Magnitude.

Tabela 5 – Interações entre atributos e cálculo da Magnitude.

Par 1	Sinergia			Par 2	Temporalidade			
	X	1	3		X	1	2	3
Abrangência	1	1	3	Duração	1	1	2	3
	2	2	6		2	2	4	6
	3	3	9		3	3	6	9
Magnitude								
X	1	2	3	4	6	9		
1	1	2	3	4	6	9		
2	2	4	6	8	12	18		
3	3	6	9	12	18	27		
6	6	12	18	24	36	54		
9	9	18	27	36	54	81		

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Legenda: Par – Interação entre atributos de primeira ordem.

De modo a simplificar os critérios de classificação, a partir dos valores numéricos acima encontrados para Importância e Magnitude, houve a nova classificação deles em 5 classes, conforme consta na Tabela 6. Assim, fica indicado que os valores calculados de importância e magnitude serão aplicados nas novas faixas, no sentido de chegar às classificações e pesos novos.

Tabela 6 – Nova classificação para Importância e Magnitude.

Ip calculada	Ip'	Novo peso	Mg calculada	Mg'	Novo peso
1, 2 e 3	Importância 1	1	1, 2 e 3	Magnitude 1	1
4, 6 e 9	Importância 2	2	4, 6 e 8	Magnitude 2	2
12 e 18	Importância 3	3	9, 12 e 18	Magnitude 3	3
27 e 36	Importância 4	4	24, 27 e 36	Magnitude 4	4
54 e 81	Importância 5	5	54 e 81	Magnitude 5	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Indica-se, com isso, que os atributos passarão a receber as siglas Ip' e Mg' (com novos valores variando de 1 a 5), para que possam ser aplicados no cálculo da Significância, juntamente ao caráter, como presente na Equação 3.

$$Sg = | Cr \times Ip' \times Mg' | \quad \text{Equação 3}$$

Assim, para a presente metodologia, estimam-se valores de significância variando de 1 a 25. Ressalta-se que é atribuída coloração a cada nível, de modo a estratificar e chamar mais atenção para impactos com maior grau de significância. A Tabela 7 apresenta as interações e possibilidades de resultados para a Significância.

Tabela 7 – Interações para cálculo da Significância.

Significância		Magnitude (Mn')				
		1	2	3	4	5
Importância (Ip')	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Por fim, tem-se a distribuição dos valores da Significância em 5 classes finais (Tabela 8), as quais são o produto final da Avaliação de Impactos Ambientais, essencial para o processo de gestão ambiental dos projetos geradores de energia a partir da matriz eólica.

Tabela 8 – Classes finais para Significância.

Valor calculado	Classificação	Cor associada
1, 2 e 3	Significância 1	
4, 5 e 6	Significância 2	
8, 9 e 10	Significância 3	
12, 15 e 16	Significância 4	
20 e 25	Significância 5	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.4. Aplicação da metodologia proposta e comparação com EIAs

4.4.1. Aplicação prática do Método Lima

Diante da metodologia proposta, é importante que seja feita aplicação prática, no sentido de validá-la. Para tal, foi realizada a utilização do método em impactos usualmente previstos para empreendimentos de energia eólica, já aplicados nos EIAs estudados.

Um dos EIAs de base foi escolhido aleatoriamente pelo autor desta pesquisa, no sentido de aplicar o método Lima para a Avaliação de Impactos Ambientais. Dessa forma, optou-se por 15 impactos envolvendo os diversos meios afetados (biótico, físico e socioeconômico) e foram aplicados os atributos aqui propostos. Com relação aos pesos dos atributos de primeira ordem, foram definidas as mesmas classificações do estudo-base, porém com os pesos referentes a este método.

Tendo sido realizado o processo de aplicação dos pesos de primeira ordem, os demais atributos de segunda e terceira foram calculados de modo automatizado, por meio de uma planilha eletrônica, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Aplicação do Método Lima.

Impacto ambiental:		Geração de Expectativas na População			Meio afetado:			Socioeconômico		
Od		Cm	Rv	Pb	Ip					
Direta	3	Cumulativo	3	Reversível	1	Alta	3	Importância 4	27	
Ab		Sn		Dr		Tp		Mg		
Regional	2	Sinérgico	3	Temporário	1	Curto prazo	3	Magnitude 3	18	
Ip'		Mg'		Cr				Sg		
Importância 4	4	Magnitude 3	3	Negativo	-1		12	Significância 4		
Impacto ambiental:										
Od		Cm		Rv		Pb		Ip		
Direta	3	Não cumulativo	1	Reversível	1	Alta	3	Importância 2	9	
Ab		Sn		Dr		Tp		Mg		
Regional	2	Sinérgico	3	Temporário	1	Curto prazo	3	Magnitude 3	18	
Ip'		Mg'		Cr				Sg		
Importância 2	2	Magnitude 3	3	Positivo	+1		6	Significância 2		
Impacto ambiental:										
Od		Cm		Rv		Pb		Ip		
Direta	3	Cumulativo	3	Irreversível	3	Alta	3	Importância 5	81	
Ab		Sn		Dr		Tp		Mg		
Regional	2	Sinérgico	3	Permanente	3	Curto prazo	3	Magnitude 5	54	
Ip'		Mg'		Cr				Sg		
Importância 5	5	Magnitude 5	5	Negativo	-1		25	Significância 4		
Impacto ambiental:										
Od		Cm		Rv		Pb		Ip		
Direta	3	Cumulativo	3	Irreversível	3	Alta	3	Importância 5	81	
Ab		Sn		Dr		Tp		Mg		
Local	1	Sinérgico	3	Temporário	1	Curto prazo	3	Magnitude 3	9	
Ip'		Mg'		Cr				Sg		
Importância 5	5	Magnitude 3	3	Negativo	-1		15	Significância 4		

Legenda: Od – Ordem / Cm – Cumulatividade / Rv – Reversibilidade / Pb – Probabilidade / Ab – Abrangência / Sn – Sinergia / Dr – Duração / Tp – Temporalidade / Mg – Magnitude / Ip' – Nova Importância / Mg' – Nova Magnitude / Cr – Caráter / Sg – Significância.

Tabela 9 - Aplicação do Método Lima – continuação.

Impacto ambiental:		Interferências em Habitats			Meio afetado:			Biótico	
Od		Cm	Rv	Pb	Ip				
Direta	3	Cumulativo	3	Irreversível	3	Alta	3	Importância 5	81
Ab		Sn		Dr		Tp			Mg
Regional	2	Sinérgico	3	Permanente	3	Curto prazo	3	Magnitude 5	54
Ip'		Mg'		Cr					Sg
Importância 5	5	Magnitude 5	5	Negativo	-1		25		Significância 4
Impacto ambiental:		Alteração dos Níveis de Ruídos e Vibrações			Meio afetado:			Físico	
Od		Cm	Rv	Pb	Ip				
Direta	3	Não cumulativo	1	Reversível	1	Alta	3	Importância 2	9
Ab		Sn		Dr		Tp			Mg
Local	1	Sinérgico	3	Temporário	1	Curto prazo	3	Magnitude 3	9
Ip'		Mg'		Cr					Sg
Importância 2	2	Magnitude 3	3	Negativo	-1		6		Significância 2
Impacto ambiental:		Alteração da Qualidade da Água			Meio afetado:			Físico	
Od		Cm	Rv	Pb	Ip				
Direta	3	Cumulativo	3	Reversível	1	Média	2	Importância 3	18
Ab		Sn		Dr		Tp			Mg
Local	1	Sinérgico	3	Temporário	1	Curto prazo	3	Magnitude 3	9
Ip'		Mg'		Cr					Sg
Importância 3	3	Magnitude 3	3	Negativo	-1		9		Significância 3
Impacto ambiental:		Alteração de Condições de Vida da População			Meio afetado:			Socioeconômico	
Od		Cm	Rv	Pb	Ip				
Direta	3	Cumulativo	3	Reversível	1	Alta	3	Importância 4	27
Ab		Sn		Dr		Tp			Mg
Local	1	Sinérgico	3	Permanente	3	Curto prazo	3	Magnitude 4	27
Ip'		Mg'		Cr					Sg
Importância 4	4	Magnitude 4	4	Negativo	-1		16		Significância 5

Legenda: Od – Ordem / Cm – Cumulatividade / Rv – Reversibilidade / Pb – Probabilidade / Ab – Abrangência / Sn – Sinergia / Dr – Duração / Tp – Temporalidade / Mg – Magnitude / Ip' – Nova Importância / Mg' – Nova Magnitude / Cr – Caráter / Sg – Significância.

Tabela 9 - Aplicação do Método Lima – continuação.

Impacto ambiental:		Efeito de Sombreamento (Estroboscópico)			Meio afetado:			Biótico / Físico / Socioeconômico		
Od		Cm	Rv	Pb						Ip
Direta	3	Não cumulativo	1	Reversível	1	Alta	3	Importância 2		9
Ab		Sn	Dr	TP						Mg
Local	1	Sinérgico	3	Permanente	3	Curto prazo	3	Magnitude 4		27
Ip'		Mg'	Cr							Sg
Importância 2	2	Magnitude 4	4	Negativo	-1		8			Significância 3
Impacto ambiental:		Geração de Expectativas na População			Meio afetado:			Socioeconômico		
Od		Cm	Rv	Pb						Ip
Direta	3	Cumulativo	3	Reversível	1	Média	2	Importância 3		18
Ab		Sn	Dr	TP						Mg
Regional	2	Sinérgico	3	Temporário	1	Curto prazo	3	Magnitude 3		18
Ip'		Mg'	Cr							Sg
Importância 3	3	Magnitude 3	3	Negativo	-1		9			Significância 3
Impacto ambiental:		Colisão da Fauna Alada			Meio afetado:			Biótico		
Od		Cm	Rv	Pb						Ip
Direta	3	Não cumulativo	1	Irreversível	3	Alta	3	Importância 4		27
Ab		Sn	Dr	TP						Mg
Local	1	Não sinérgico	1	Permanente	3	Curto prazo	3	Magnitude 3		9
Ip'		Mg'	Cr							Sg
Importância 4	4	Magnitude 3	3	Negativo	-1		12			Significância 4
Impacto ambiental:		Interferência com Recursos Hídricos Superficiais			Meio afetado:			Físico		
Od		Cm	Rv	Pb						Ip
Direta	3	Cumulativo	3	Reversível	1	Alta	3	Importância 4		27
Ab		Sn	Dr	TP						Mg
Local	1	Sinérgico	3	Temporário	1	Curto prazo	3	Magnitude 3		9
Ip'		Mg'	Cr							Sg
Importância 4	4	Magnitude 3	3	Negativo	-1		12			Significância 4

Legenda: Od – Ordem / Cm – Cumulatividade / Rv – Reversibilidade / Pb – Probabilidade / Ab – Abrangência / Sn – Sinergia / Dr – Duração / Tp – Temporalidade / Mg – Magnitude / Ip' – Nova Importância / Mg' – Nova Magnitude / Cr – Caráter / Sg – Significância.

Tabela 9 - Aplicação do Método Lima – continuação.

Impacto ambiental:		Interferências com a Vegetação			Meio afetado:			Biótico	
Od	Cm	Rv	Pb	Ip	Ab	Sn	Dr	Tp	Mg
Direta	3	Cumulativo	3	Irreversível	3	Alta	3	Importância 5	81
Regional	2	Sinérgico	3	Permanente	3	Curto prazo	3	Magnitude 5	54
Ip'			Mg'			Cr			Sg
Importância 5	5	Magnitude 5	5	Negativo	-1	25		Significância 4	

Impacto ambiental:		Alteração da Qualidade do Solo			Meio afetado:			Físico	
Od	Cm	Rv	Pb	Ip	Ab	Sn	Dr	Tp	Mg
Direta	3	Não cumulativo	1	Reversível	1	Baixa	1	Importância 1	3
Local	1	Sinérgico	3	Temporário	1	Curto prazo	3	Magnitude 3	9
Ip'			Mg'			Cr			Sg
Importância 1	1	Magnitude 3	3	Negativo	-1	3		Significância 1	

Impacto ambiental:		Divergências entre a População e o Empreendedor			Meio afetado:			Socioeconômico	
Od	Cm	Rv	Pb	Ip	Ab	Sn	Dr	Tp	Mg
Direta	3	Cumulativo	3	Reversível	1	Média	2	Importância 3	18
Regional	2	Sinérgico	3	Permanente	3	Curto prazo	3	Magnitude 5	54
Ip'			Mg'			Cr			Sg
Importância 3	3	Magnitude 5	5	Negativo	-1	15		Significância 4	

Legenda: Od – Ordem / Cm – Cumulatividade / Rv – Reversibilidade / Pb – Probabilidade / Ab – Abrangência / Sn – Sinergia / Dr – Duração / Tp – Temporalidade / Mg – Magnitude / Ip' – Nova Importância / Mg' – Nova Magnitude / Cr – Caráter / Sg – Significância.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.4.2. Método utilizado para as comparações

Como segunda etapa da validação do método Lima, o autor realizou comparações com demais estudos. Para tal, foram escolhidos 5 EIAs dentro da amostragem desta pesquisa, todos de empresas diferentes e elaborados em 2014, 2018 e 2020, os quais apresentaram, dentro das suas avaliações de impacto, os atributos aqui sugeridos, com mesma nomenclatura ou com termos sinônimos.

Eles foram nomeados de EIA A, B, C, D e E, os quais tiveram pelo menos 10 impactos selecionados, envolvendo os meios biótico, físico e socioeconômico, de modo a receber os critérios e pesos definidos na metodologia proposta, para que, assim, possa ser verificado o grau de significância final.

Salienta-se que foram utilizadas as classificações atribuídas pelos elaboradores, nos respectivos pesos desta metodologia. Logo, se no EIA de comparação era definido que o impacto seria “Local”, receberia peso 1; “Média probabilidade”, peso 2; “Permanente”, peso 3; assim por diante. Ao final, chegou-se a valores de significância, por meio da aplicação do método proposto, os quais foram comparados impacto por impacto, de modo a entender o desempenho da metodologia.

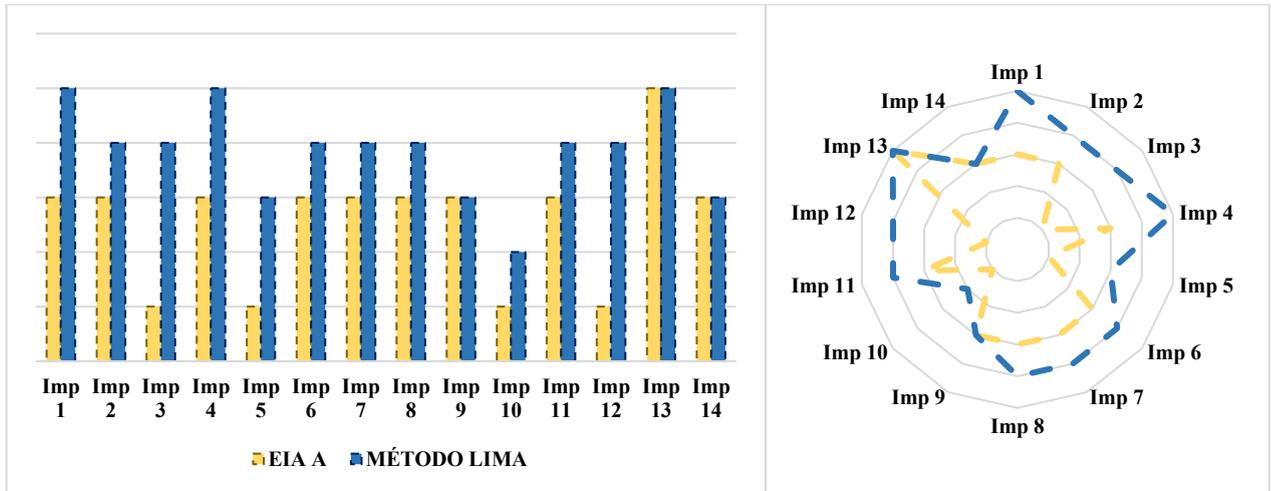
Quando os estudos apresentaram classificação em apenas três categorias, foram atribuídos valores 1, para baixa significância; 3, para média; e 5, para alta. Desse modo, seria possível entender se os resultados da avaliação na metodologia deste estudo seriam iguais, menores ou maiores que a de referência.

4.4.3. Resultados das comparações

Com relação ao EIA A, percebeu-se que a metodologia proposta resultou em classes diferentes para 11 dos 14 impactos analisados. Em 9 casos, os valores resultantes foram maiores na sugestão do que na AIA elaborada no estudo, como presente no Gráfico 1.

O fato de que a escala de significância no EIA somente possuía três categorias pode ser uma razão para tal divergência. Em todos os casos, os impactos foram avaliados com mesma significância ou maior ao aplicar o método proposto, o que pode indicar linhas de raciocínio semelhantes entre os elaboradores, porém com mais ênfase no método Lima proposto nesta dissertação.

Gráfico 1 – Comparação com EIA A.



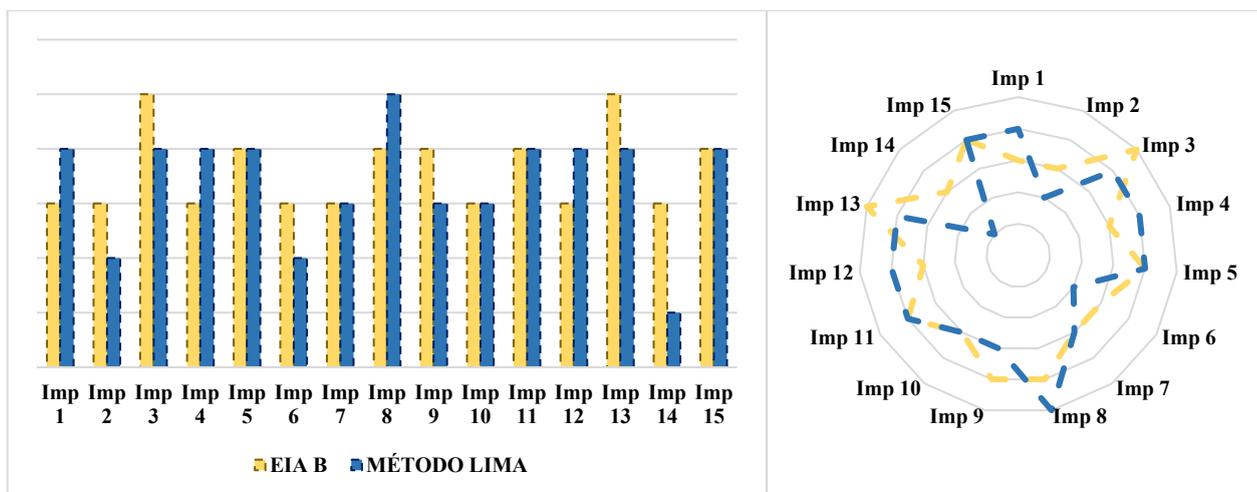
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nota: Método Lima – Método proposto nesta dissertação.

Quanto ao EIA B, houve um processo mais concorrente entre os métodos. A proposta apresentou 10 impactos com classificação divergente, sendo 6 menores e 4 maiores que a metodologia aplicada no estudo; enquanto 5 impactos com mesmo resultado (Gráfico 2). Cabe citar que o método comparativo também dispunha de cinco categorias de avaliação de significância.

As metodologias se mostraram com resultados parciais semelhantes, havendo diferença apenas em função do grau de impacto da sensibilidade do fator ambiental no EIA, o que elevou a significância final dos impactos na metodologia de comparação. Ou seja, sem aplicar o peso do fator ambiental do método do estudo, as avaliações se mostraram semelhantes, porém isso mudava ao incluir o fator. Por isso, não se pode diminuir a qualidade da avaliação da metodologia proposta em função dos valores muito variáveis.

Gráfico 2 – Comparação com EIA B.



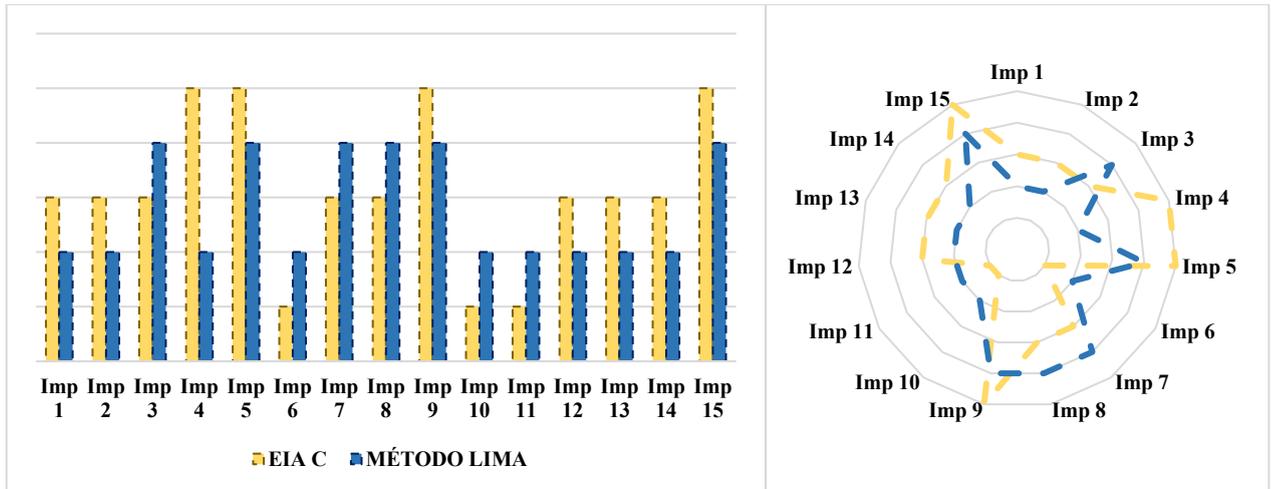
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nota: Método Lima – Método proposto nesta dissertação.

Ao comparar com o EIA C, que também somente classificava em três níveis de significância, observou-se que em 9 dos casos a avaliação presente no EIA apresentou-se maior que a metodologia proposta, enquanto 6 outros impactos tiveram a classificação final maior no método Lima, como visualizado no Gráfico 3. Desse modo, o EIA C mostrou-se com maior divergência entre os métodos analisados.

É importante salientar que no EIA C, não houve a indicação das composições de cada nível de significância (distribuição das classes) nem mesmo a forma de "cálculo". Desse modo, não se conseguiu fazer comparativo efetivo entre as divergências, porém notou-se que o atributo magnitude apresentou grande influência sobre o resultado na metodologia aplicada no estudo comparativo. Ou seja, tal atributo tendenciava o resultado, de modo mais intenso que os demais critérios.

Gráfico 3 – Comparação com EIA C.



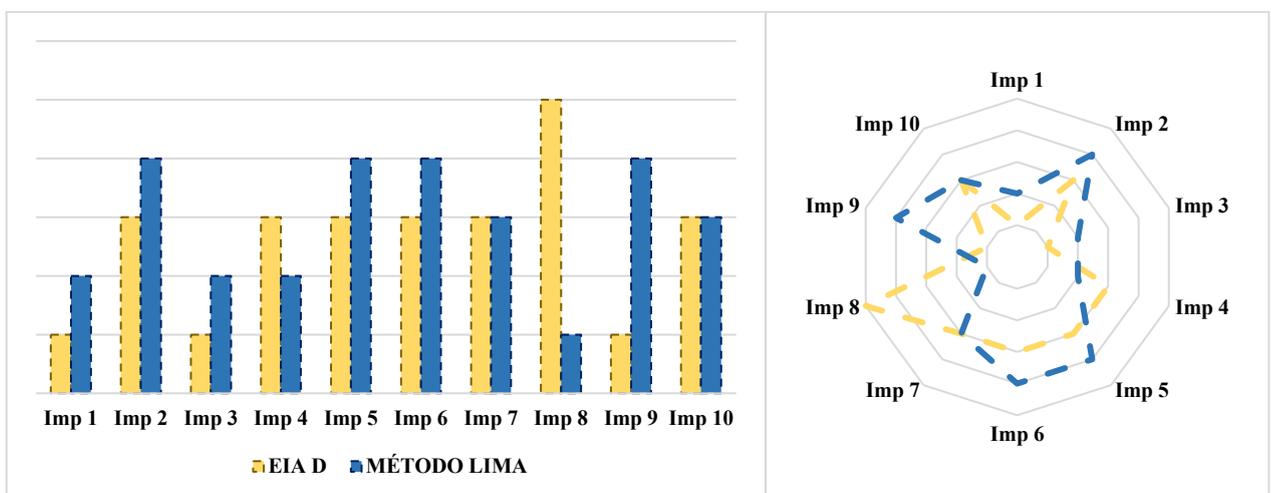
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nota: Método Lima – Método proposto nesta dissertação.

O Gráfico 4 mostra o comparativo com o EIA D, em que foram analisados 10 impactos dentre os meios afetados. O estudo de comparação indicava a subdivisão da significância em três níveis, assim como o primeiro, o terceiro e o quinto EIAs. Dentre os impactos escolhidos, 8 resultaram em classes divergentes, enquanto 2 resultaram igualmente. De todo modo, não se percebeu grandes similaridades dentre os comparativos individuais.

Um ponto a ser destacado, nesse caso, é que a classificação de importância (termo utilizado pelo estudo para significância) foi definida diretamente pela equipe elaboradora, não sendo um cálculo de outros atributos. Com isso, houve a percepção da subjetividade em função das experiências dos profissionais, o que é o oposto do buscado pela metodologia aqui sugerida.

Gráfico 4 – Comparação com EIA D.

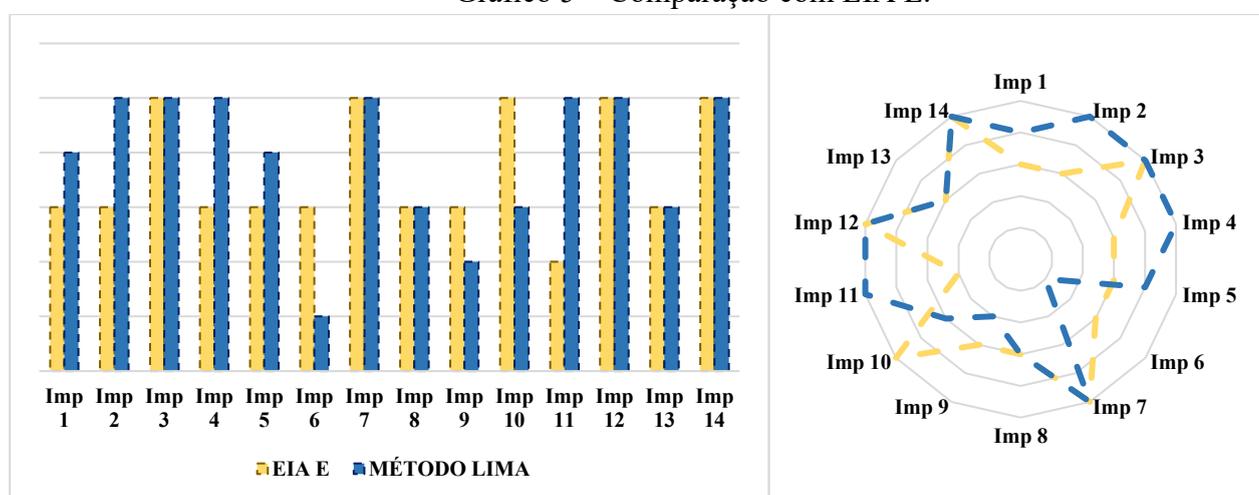


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nota: Método Lima – Método proposto nesta dissertação.

Por fim, o último comparativo resultou em classificações de tendência semelhante, porém com valores individuais maiores na metodologia proposta (Gráfico 5). Foram analisados 14 impactos do EIA E, em que 12 tiveram classes diferentes quando comparados com o método sugerido, entretanto isso não inviabiliza ou diminui a efetividade da sugestão aqui apresentada. Pelo contrário, uma vez que a metodologia do EIA foi baseada em divisão de atributos para definição de importância e magnitude, para se atingir, com isso, a significância, o que a tornou com a tendência de avaliação seguindo um raciocínio similar ao do autor deste método, assim como ocorrido no comparativo com o EIA A.

Gráfico 5 – Comparação com EIA E.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nota: Método Lima – Método proposto nesta dissertação.

Um resultado mais direto da aplicação do método Lima é a tendência de classes de significância com valores mais altos, o que ocorreu em 47,06% dos 68 comparativos realizados, assim como ocorrido com Moreira (2012). De todos, 29,41% dos impactos foram classificados com menor significância e 23,53% com o mesmo valor (Tabela 10). Isso pode ser entendido como um ponto positivo, sob a ótica do fator impactado, tendo em vista que chama mais atenção para a necessidade de serem propostas medidas mitigadoras melhores e mais efetivas.

Tabela 10 – Resumo dos resultados de comparação entre métodos de AIA.

	Impactos comparados	Menor significância no método Lima	Igual significância no método Lima	Maior significância no método Lima
Qtd	68	20	16	32
%	100%	29,41%	23,53%	47,06%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nota: Qtd – Quantidade.

O fato de que o método sugerido se mostrou mais rigoroso no julgamento dos impactos é importante para o meio ambiente, como já salientado, entretanto exige atenção no momento da aplicação. Isso se dá pelo fato de que os atributos de primeira ordem serão preenchidos pela equipe elaboradora, o que significa que as entradas serão em função dos elaboradores, o que permite que sejam expostas as visões dos envolvidos, no entanto sem que a significância final seja subjetiva, mas sim calculada pelos pesos individuais.

Nesse sentido, Stamm (2003) indica que é essencial que a equipe esteja ciente das características do projeto, bem como seus objetivos. Ademais, deve realizar visitas técnicas à área em que se pretende instalar o empreendimento e entrar em contato com as comunidades para perceber seus desafios. Já Tagliani *et al.* (2020) indicam a importância de os envolvidos focarem em profissionalismo, seriedade, honestidade, objetividade, imparcialidade e equilíbrio.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Desde o surgimento dos métodos de Avaliação de Impactos Ambientais, muitas foram os aprimoramentos, dos quais resultaram variadas metodologias. Mesmo assim, ainda é importante que sejam elaborados métodos a serem aplicados em casos específicos, como é o caso do modelo aqui proposto (Método Lima).

O método Lima foi elaborado tomando por base os empreendimentos eólicos já aprovados no estado do Ceará, desde 1997 e 2022. A partir deles, o autor elaborou uma estratégia para a definição da significância dos impactos durante a realização da AIA. Para tal, foram definidos os atributos, as classificações e os pesos, os quais foram divididos em primeira, segunda e terceira ordem.

Na primeira categoria constam cumulatividade, ordem, reversibilidade e probabilidade, componentes do atributo de segunda ordem importância. Além deles, abrangência, duração, sinergia e temporalidade indicam a magnitude do impacto. Em complemento à importância e magnitude, é definido o caráter. Com os três atributos definidos, tem-se a obtenção da significância, a qual é o único atributo de terceira ordem, obtida de modo indireto e com cinco níveis.

Esses níveis são importantes para nortear, de melhor modo, o processo de gestão ambiental dos empreendimentos, ao estabelecer ordens de prioridade de atuação com relação às medidas mitigadoras, potencializadoras e compensatórias.

O método foi elaborado e validado frente a outros cinco, chegando-se ao entendimento de que se mostrou mais rigoroso no processo avaliativo, o que é benéfico para o meio ambiente, ao exigir medidas mitigadoras mais eficientes. Além disso, foi indicado que a metodologia proposta se mostrou com menor subjetividade que as demais, pelo fato de que os elaboradores da AIA somente interferirão nos atributos de primeira ordem, com a subjetividade sendo diminuída até que se atinja a significância final.

Os objetivos da pesquisa foram, então, atingidos, por meio do método proposto, porém algumas orientações são necessárias para a sua aplicação:

- Equipe técnica deve ser multidisciplinar, envolvendo profissionais especialistas nos meios afetados (biótico, físico e socioeconômico);
- Os envolvidos devem dominar as características e objetivos do projeto;
- Realização de visitas técnicas à área de estudo por parte dos profissionais;

- Elaboração em conjunto da AIA, mesmo que seja para impactos que afetem um único meio;
- Ao final da aplicação, os impactos podem ser listados, de modo a facilitar a visualização das classes de significância e definição das prioridades.

6. REFERÊNCIAS

ABBASI, S. A; ARYA, D. S. Environmental impact assessment: available techniques, emerging trends. **Discovery Publishing House**, New Delhi/IN, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS - ABEEÓLICA. **A indústria da energia eólica**. 2021. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/apresentacoes-em-eventos/apresentacoes-em-eventos-2021/projeto-de-lei-ndeg-414-2021/12%20-ABEEOLICA.pdf> Acesso em: 13 de setembro de 2022.

_____. **Boletim anual 2021**. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/07/ABEEOLICA_BOLETIMANUAL-2021_PORT.pdf Acesso em: 16 de outubro de 2022.

_____. **O tamanho da indústria no Brasil**. 2022a. Disponível em: < <https://abeeolica.org.br/> > Acesso em 15 de setembro de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14.004:2018**. Sistema de gestão ambiental – Diretrizes gerais para a implementação. Rio de Janeiro. 2018.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ - ADECE. **Energias Renováveis**. 2022. Disponível em: < <http://investeceara.adece.ce.gov.br/energias-renovaveis/> > Acesso em: 10 de setembro de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Banco de Informação de Geração**. BIG, 2022. Disponível em: < <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9> > Acesso em: 10 de outubro de 2022.

_____. **Acompanhamento da implantação das centrais geradoras de energia elétrica**. 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMGYyZWl0NzgtMGRlOC00M2ZjLTljZDYtZTVkYjIjZjZkxZDBkIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9> Acesso em: 16 de outubro de 2022.

ANTUNES, P.; SANTOS, R.; JORDÃO, L. The application of Geographical Information Systems to determine environmental impact significance. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 21, n. 6, p. 511-535, 2001.

ARAGÃO, J. W. M; NETA, M. A. H. M. **Metodologia Científica**. Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Educação, Superintendência de Educação a Distância. Salvador/BA, 2017.

BEANLANDS, G.E; DUINKER, P.N., **An Ecological Framework for Environmental Impact Assessment in Canada**, Federal Environmental Assessment Review Office and Institute for Resource and Environmental Studies: Hull, QC and Halifax, NS, 1983.

BECHELLI, C. B. **Utilização de matriz de impactos como ferramenta de análise em estudos de impacto de vizinhança: edifício residencial em Porto Rico** – PR. XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre. 2010.

BLARKE MB, JENKINS BM. SuperGrid or SmartGrid: competing strategies for large-scale integration of intermittent renewables? **Energy Policy**, v. 58, p. 381–90, 2013.

BOJÓRQUEZ-TAPIA, L. A.; EZCURRA, E.; GARCIA, O. Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices. **Journal of Environmental Management**, v. 53, n. 1, p. 91-99, 1998.

BOND A, POPE J, MORRISON-SAUNDERS A, RETIEF F, GUNN JAE. Impact assessment: eroding benefits through streamlining? **Environ Impact Assess Rev**, v. 45, p. 46–53, 2014.

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

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 1981.

_____. **Decreto nº 88.351, de 1 de junho de 1983**. Regulamenta a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental, e dá outras providências. Brasília, DF, 1983.

_____. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Brasília, DF, 1997.

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

_____. **Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004**. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. Brasília, DF, 2004.

_____. Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica. **Resolução nº 24, de 5 de julho de 2001**. Fica criado o Programa Emergencial de Energia Eólica - PROEÓLICA no território nacional. Brasília, DF, 2001.

_____. CONAMA. **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília, DF, 1986.

_____. CONAMA. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. 1997b. Brasília, DF, 1997.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 1988.

_____. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf> Acesso em: 16 de outubro de 2022.

BROWN, K. B. Wind power in northeastern Brazil: Local burdens, regional benefits and growing opposition. **Climate and Development**, v. 3, p. 344-360, 2011.

BURGE, R. J. Guidelines and Principles for Social Impact Assessment. **Environ Impact Assess Rev.** v. 15, n. 1, I-43, 1995.

CANTER, L.W. Environmental Impact Assessment, Second Edition, New York: **McGraw-Hill Book Co., Inc.**, 1986.

CANTER, L.W.; CANTY, G.A., Impact significance determination: Basic considerations and a sequenced approach. **Environmental Impact Assessment**, v. 13, p. 275–297, 1993.

CARVALHO, D.L.; LIMA, A.V. **Metodologias para Avaliação de Impactos Ambientais de Aproveitamentos Hidrelétricos**. XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre. 2010.

CARVALHO, N B. **Avaliação dos impactos sinérgicos e cumulativos de pequenas centrais hidrelétricas construídas em sequência**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ Rio de Janeiro/RJ 2014.

CAVALIERO C. K. N, SILVA E. P. Electricity generation: regulatory mechanisms to incentive renewable alternative energy sources in Brazil. **Energy Policy**. v. 33, p. 1745–52, 2005.

CAMARGO SHUBERT ENGENHEIROS ASSOCIADOS *et al.* **Atlas Eólico e Solar**. 2019. Disponível em: <http://atlas.adece.ce.gov.br/ebook/mobile/index.html> Acesso em: 16 de outubro de 2022.

CEARÁ. **Lei nº 11.411, de 28/12/1987 (D.O. DE 04.01.88)**. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente, e cria o Conselho Estadual do Meio Ambiente COEMA, a Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE e dá outras providências. 1987.

_____. Secretaria da Infraestrutura. **Estado do Ceará: Atlas do Potencial Eólico**. 2001.

CENÁRIOS EÓLICA. **A inserção das Eólicas Offshore no Brasil: Estamos prontos?** Disponível em: <https://cenarioeolica.editorabrasilenergia.com.br/2022/03/04/a-insercao-das-eolicas-offshore-no-brasil-estamos-prontos/> Acesso em: 16 de outubro de 2022.

COUNCIL ON FOREIGN RELATIONS - CFR. **World opinion on energy security**. 2012. Disponível em: <https://www.cfr.org/background/world-opinion-energy-security> Acesso em: 16 de outubro de 2022.

CHMUTINA K, GOODIER CI. Alternative future energy pathways: assessment of the potential of innovative decentralized energy systems in the UK. **Energy Policy**, v. 66, p. 62–72, 2014.

CLAUDIO, C.B. Impactos ambientais: A experiência além. **Ambiente**, v. 3, p. 32-36. 1989.

CLOQUELL-BALLESTER, Vicente-Agustín et al. Systematic comparative and sensitivity analyses of additive and outranking techniques for supporting impact significance assessments. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, n. 1, p. 62-83, 2007.

COOPER, T.A. CANTER, L.W. Documentation of cumulative impacts in environmental impact statements, **Environmental Impact Assessment Review**, v. 17, n. 6, 1997.

COSTA, M.V.; CHAVES, P.S.V; OLIVEIRA, F.C. **Uso das Técnicas de Avaliação de Impacto Ambiental em Estudos Realizados no Ceará**. 2019. In: XXVIII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, Anais. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2005/resumos/r0005-1.pdf>>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.

CREMONEZ, F. E. *et al.*, Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. **REMOA**, v. 13, n. 5, 2014.

DE MELO C. A; JANUZZI G. M; BAJAY, S. V. Nonconventional renewable energy governance in Brazil: Lessons to learn from the German experience. **Renew. Sustain. Energy Rev**, v. 61, p. 222-234, 2018.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. 6. ed. Edição: Campinas, SP: Autores Associados, 2003.

DIAS, E.G.C.S. **Avaliação de Impacto Ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento**. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

DUARTE, C. G. *et al.* Practitioners' perceptions of the Brazilian environmental impact assessment system: results from a survey. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 35, n. 4, p. 293-309, 2017.

DUPONT B, DE JONGHE C, OLMOS L, BELMANS R. Demand response with locational dynamic pricing to support the integration of renewables. **Energy Policy**, v. 67, p. 344–54, 2014.

ELLING, B. Rationality and effectiveness: does EIA/SEA treat them as synonyms?. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 27, n. 2, p. 121-131, 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **BEN 2017**: Ano base 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

_____. **BEN 2022**: Ano base 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf> Acesso em: 20 de setembro de 2022.

_____. **Roadmap Eólica Offshore Brasil**. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf Acesso em: 12 de setembro de 2022.

ERICKSON, P.A., **A Practical Guide to Environmental Impact Assessment**, Academic Press: San Diego, 1994.

EY. **Does the need for energy security challenge the quest for net zero?** Disponível em: < https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/power-and-utilities/ey-recai-59-edition-full-report-may-2022.pdf > Acesso em: 13 de setembro de 2022.

FARAH, P. M. C. **Instrumentos Metodológicos para Avaliação do Impacto Ambiental de Empreendimentos de Geração Hidrelétrica**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro/RJ, 1993.

FARIAS, L. T. S. Energia Alternativa: Impactos da Energia Eólica para a Comunidade Local. **Revista Especialize On-line Instituto de Pós-graduação e Graduação – IPOG**, Goiânia/GO, v. 1, n. 11, 2016.

FEDRA, K.; WINKELBAUER, L.; PANTULU, V. R. Expert systems for environmental screening. An application in the lower Mekong basin. **IIASA Research Report**. IIASA, Laxenburg, Austria: RR-91-019, 1991.

FERNÁNDEZ-VÍTORA, V. C. **Guia Metodologica para la Evaluación del Impacto Ambiental**. Ediciones Mundi-Prensa, 3ª ed. Madrid, España, 1997.

FINNEY KN, SHARIFI VN, SWITHENBANK J. The negative impacts of the global economic downturn on funding decentralised energy in the UK. **Energy Policy**, v. 51, p. 290–300. 2012.

FISCHER D. W., DAVIS G. S. An approach to assessing environmental impacts. **Journal of Environmental Management**; v. 1, n. 3, p. 207-227, 1973.

FONSECA A, SANCHEZ LE, RIBEIRO JCJ. Reforming EIA systems: a critical review of proposals in Brazil. **Environ Impact Assess Rev**. v. 62, p. 90–97. 2017.

FONSECA, A.; RODRIGUES, S. E The attractive concept of simplicity in environmental impact assessment: Perceptions of outcomes in southeastern Brazil. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 67, n. 1, p. 101–108, 2017.

FONTENELE, R. E. S.; SOUZA, S. D. **A Energia Eólica do Estado do Ceará e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto**. XLII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural - SOBER, Cuiabá - MT. Dinâmicas Setoriais e Desenvolvimento Regional, 2004.

FOWLER, Harold G.; DE AGUIAR, Ana Maria Dias. Environmental impact assessment in Brazil. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 13, n. 3, p. 169-176, 1993.

GIBSON RB. In full retreat: the Canadian government's new environmental assessment law undoes decades of progress. **Impact Assess Project Apprais**, v. 30, p. 179–188. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Resolução 462, de 24 de julho de 2014**. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre. Brasília, DF, 2014.

_____. **Termo de Referência: Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental EIA/RIMA** - Tipologia: Complexos Eólicos Marítimos (Offshore). Brasília, DF, 2020.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF IMPACT ASSESSMENT - IAIA. **Princípios da Melhor Prática em Avaliação do Impacto Ambiental**. 2009. Disponível em: <https://www.iaia.org/pdf/special-publications/AIA_Principios_v0.pdf> Acesso em: 12 de setembro de 2022.

IEA. Worldwide trends in energy use and efficiency. Key insights from IEA indicator analysis. Paris: **International Energy Agency**; 2008. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/worldwide-trends-in-energy-use-and-efficiency>> Acesso em: 12 de setembro de 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Panorama da produção de energia elétrica no Estado do Ceará: Um enfoque para a matriz eólica**. 2018. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/12/ipece_informe_141_12_Dez2018.pdf Acesso em: 16 de outubro de 2022.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA. **Perspectiva da transição energética mundial**. 2021. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_WETO_Summary_2021_PT.pdf Acesso em: 16 de outubro de 2022.

JABER, S. Environmental Impacts of Wind Energy. **Journal of Clean Energy Technologies**, v. 1, n. 3, p. 1532-1539, 2013.

JESUS, M. S. *et al.* Métodos de avaliação de impactos ambientais: uma revisão bibliográfica/ environmental impact assessment methods. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 38039-38070, 2021.

KANNAN, N; VAKEESAN, D. Solar energy for future world:-A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 1092-1105, 2016.

KARKKAINEN, B. C. **NEPA and the curious evolution of environmental impact assessment in the United States**. In: *Taking Stock of Environmental Assessment*. Routledge-Cavendish. p. 57-76, 2007.

KRAUSMANN, F, *et al.* Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. **Ecological economics**, v. 68, n. 10, p. 2696-2705, 2009.

LAWRENCE, D. P. Environmental impact assessment: practical solutions to recurrent problems. **John Wiley & Sons**, 2003.

LAWRENCE, D.P., Impact significance determination: Designing and approach. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, p. 730-754, 2007.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. A procedure for evaluating environmental impact. U. S. Geological Survey, Washington: **Geological Survey**, v. 64, 1971.

- LIMA, D. K. S. *et al.* Estimating the offshore wind resources of the State of Ceará in Brazil. **Renewable Energy**, v. 83, p. 203–221, 2015.
- LIMA, M. C. Pesca artesanal, carcinicultura e geração de energia eólica na zona costeira do Ceará. **Revista Terra Livre - AGB**, São Paulo, v. 31, p. 01-16, 2009.
- LOHANI, B., EVANS, J.W., LUDWIG, H., EVERITT, R.R., CARPENTER, R. A., TU, S.L. Environmental Impact Assessment for Developing Countries in Asia. Overview. **Think-Asia**, v. 1, 1997.
- LOOMIS, J.J.; DZIEDZI, M., Evaluating EIA systems' effectiveness: A state of the art. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 68, p. 29–37, 2018.
- MEDEIROS, R. D. **Proposta metodológica para Avaliação de Impacto Ambiental aplicada a projetos de usinas eólio-elétricas**. Dissertação de Mestrado – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2010.
- MEMORIAL DA ELETRICIDADE. **Parque Eólico da Taíba**. 2018. Disponível em: <https://www.memoriadaeletricidade.com.br/acervo/31266/parque-eolico-de-taiba#:~:text=Contando%20com%20um%20total%20de,1999%2C%20at%C3%A9%20os%20dias%20atuais>. Acesso em: 16 de outubro de 2022.
- MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; LEE HO, L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Elsevier. Rio de Janeiro/RJ, 2010.
- MORAIS, C. D.; D'AQUINO, C. A.; **Avaliação de impacto ambiental: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias**. 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense–SICT-Sul. 2016. Disponível em: <<https://labhidrogeo.paginas.ufsc.br/files/2016/08/AIA-UMA-REVIS%C3%83O-DA-LITERATURA-SOBRE-AS-PRINCIPAIS-METODOLOGIAS.pdf>>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.
- MOREIRA, I. C. **Proposta de metodologia de agregação de atributos e ponderação de valores para avaliação da significância de impactos ambientais**. Monografia: Esp. Engenharia Sanitária e Tecnologia Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte/MG, 2012.
- MORGAN, R. K. Environmental impact assessment: the state of the art. **Impact assessment and project appraisal**, v. 30, n. 1, p. 5-14, 2012.
- MORRIS, P.; THERIVEL, R. Methods of environmental impact assessment. **Taylor & Francis**, 2001.
- MOTA, F. S.; AQUINO, M. D. **Proposta de uma matriz para avaliação de impactos ambientais**. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2002.
- OLIVEIRA, A. A.; BURSZTYNB, M. Avaliação de impacto ambiental de políticas públicas. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 2, n. 3, 2001.
- OLIVEIRA, F.C.; MOURA, H.J.T. de. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. **Pretexto**, v. 10, n. 4, p. 79-98, 2009.

PASTAKIA, C.M.R.; JENSEN, A. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) for EIA. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 18. p. 461-482, 1998.

PICCOLI, S.; PASSOS, M. G. **Estudo e análise das metodologias utilizadas na Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) nos EIA/RIMA realizados em Santa Catarina**. Trabalho de Conclusão de Curso. Especialização. Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC, Joaçaba/SC, 2018.

PÖLÖNEN, I., HOKKANEN, P., JALAVA, K., The effectiveness of the Finnish EIA system: What works, what doesn't, and what could be improved? **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, n. 2, p. 120–128, 2011.

PORTO, M. F.; FINAMORE, R; FERREIRA, H. Injustiças da sustentabilidade: Conflitos ambientais relacionados à produção de energia “limpa” no Brasil. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Coimbra, v. 100, p. 37-64, 2013.

PRADO FILHO, J. F. O licenciamento ambiental da mineração no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais: uma análise da implementação de medidas de controle ambiental formuladas em EIAs/RIMAs. **Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]**, v. 9, n. 4, pp. 343-349, 2004, Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S1413-41522004000400012> > Acesso em: 19 de setembro de 2022.

PRENZEL, P.V.; VANCLAY, F., How social impact assessment can contribute to conflict management. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 45, p. 30–37, 2014.

REGO EE, R. C. O. Successful Brazilian experience for promoting wind energy generation. **Electricity J**, v. 31, p. 13-17, 2018.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 445-451, 2003.

ROZEMA, J. G.; BOND, A. J. Framing effectiveness in impact assessment: Discourse accommodation in controversial infrastructure development. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 50, p. 66-73, 2015.

RUIZ, M. J.; SERRANO, T., M. L. Elección de criterios y valoración de impactos ambientales para la implantación de energía eólica. **Papeles de Geografía**, v. 47, p. 171-183, 2008.

SADLER, B. Canadian Environmental Assessment Agency/International Association for Impact Assessment. **Environmental assessment in a changing world: Evaluating practice to improve performance**. In: *International Study of the Effectiveness of Environmental Assessment*. Ottawa, 1996.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

- SÁNCHEZ, L.E.; MORRISON-SAUNDERS, A. Aprendendo sobre gestão do conhecimento para melhorar a avaliação de impacto ambiental em uma agência governamental: a experiência da Austrália Ocidental. **Jornal de Gestão Ambiental**, v. 92, 2011.
- SANDOVAL, M. S. **Proposta de padronização em avaliação de impactos ambientais**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista - UNESP. Rio Claro/SP, 2008.
- SHOPLEY, J. B.; FUGGLE, R. F. A comprehensive review of current Environmental Impact Assessment methods and techniques. **Journal of Environmental Management**, v. 18, p. 25-47, 1984.
- SIDNEY, P; PASSOS, M. G. **Estudo e análise das metodologias utilizadas na Avaliação de Impacto Ambiental (aia) nos EIA/RIMA realizados em Santa Catarina**. Especialização, Universidade do Oeste de Santa Catarina. Chapecó/SC, 2018.
- SILVA, E.G. O desenvolvimento da indústria de energiaeólica no Brasil: aspectos de inserção, consolidação e sustentabilidade. **Cadernos Adenauer XV**, v. 1, n. 3, p. 57-72, 2014.
- SIMAS, M; WOOD, R; HERTWICH, E. Labor embodied in trade: The role of labor and energy productivity and implications for greenhouse gas emissions. **Journal of Industrial Ecology**, v. 19, n. 3, p. 343-356, 2015.
- SOARES, G. F. S. **Direito Internacional do Meio Ambiente: emergência, obrigações e responsabilidades**. 2. ed. Atlas, São Paulo/ SP, 2001.
- STAMM, H R, *et al.* **Método para avaliação de impacto ambiental (AIA) em projetos de grande porte: estudo de caso de uma usina termelétrica**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis/SC, 2003.
- SUREHMA/GTZ. **Manual de avaliação de impactos ambientais**. 2. ed. Curitiba: IAP: GTZ, 1993.
- TAGLIANI, P R A.; POHREN, R; PERELLO, L F C. Brazilian environmental-impact assessment system: a critical analysis. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 245, p. 1-8, 2020.
- TAGLIANI, P.R.A.; WALTER, T. How to assess the significance of environmental impacts. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, **WIT Press: Southampton and Boston**, v. 215, 2018.
- THIOLLENT, M. Action research and participatory research. An overview. **International Journal of Action Research**, v. 7, n. 2, p. 160-174, 2011.
- THOMPSON, M. A. Determining impact significance in EIA: a review of 24 methodologies. **J Environ Manag.**; v. 30, n. 3, p. 235–51, 1990.
- TORO J, R I, ZAMORANO M. Environmental impact assessment in Colombia: critical analysis and proposals for improvement. **Environ Impact Assess Rev.** v. 30, p. 247–261, 2010.

TORO, J., DUARTE, O., REQUENA, I., & ZAMORANO, M. Determining Vulnerability Importance in Environmental Impact Assessment. The case of Colombia. **Environmental Impact Assessment Review**. *Revisão da Avaliação de Impacto Ambiental*, v. 32, n. 1, 2012.

TORQUETTI, Z. S. C. **Planejamento do sistema de gestão ambiental–SGA–nas pequenas e médias indústrias**. In: *Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. João Pessoa/PB, 2000.

WANG, C.; PRINN, Ronald G. Potential climatic impacts and reliability of very large-scale windfarms. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 10, n. 4, p. 2053-2061, 2010.

WU, R; GENG, Y; LIU, W. Trends of natural resource footprints in the BRIC (Brazil, Russia, India and China) countries. **Journal of cleaner production**, v. 142, p. 775-782, 2017.

XAVIER, T.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. **Energia Eólica Offshore e Pesca Artesanal: impactos e desafios na costa oeste do Ceará, Brasil**. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) *Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos*. Rio de Janeiro: PGGM, p. 608-630, 2020.

YANG, T. The emergence of the environmental impact assessment duty as a global legal norm and general principle of law. **Hastings LJ**, v. 70, 2018.