

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
ENGENHARIA AMBIENTAL**

THAYSLA BELUCO QUINTINO

**MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE USINAS
OCEÂNICAS NA ZONA COSTEIRA DO BRASIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA
2018

THAYSLA BELUCO QUINTINO

**MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE USINAS
OCEÂNICAS NA ZONA COSTEIRA DO BRASIL**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Aulus Roberto Romão Bineli.

Co-orientadora: Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista

LONDRINA
2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

Mapeamento de áreas potenciais para a implantação de usinas oceânicas na
zona costeira do Brasil

por

Thaysla Beluco Quintino

Monografia apresentada no dia 29 de novembro de 2018 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

(aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr. Mauricio Moreira dos Santos
(UTFPR)

Prof. MsC. Adriana Zemiani
(UTFPR)

Profa. Dra. Aulus Roberto Romão Bineli
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus, por permitir me formar no curso que eu escolhi para a vida, e sem dúvidas é meu dever começar pelos maiores professores que tive ao longo da vida: meu pai Aparecido Alaerte Quintino e minha mãe Vera Lucia Beluco Quintino, que seguem ativos ensinando a todos as melhores maneiras de se levantar a cada queda. Obrigada por me mostrarem a arte da resiliência e por serem tão diferentes. Graças a isto pude aprender uma quantidade incomensurável de coisas e, por ter metade de cada um, saber uni-las. Tudo que sou devo a vocês!

Também não posso deixar passar a oportunidade de dizer obrigado a minha querida avó Aparecida Rosa Lino. Que eu consiga ter metade do seu empoderamento e esperteza. Obrigada pelas risadas nos momentos de angústia.

Aos meus orientadores, Aulus Roberto Romão Bineli e Lígia Flávia Antunes Batista, por todo apoio dado durante este projeto e por me apresentarem às energias renováveis e ao geoprocessamento, respectivamente, ao longo da minha graduação. Foi vendo o trabalho dos senhores que decidi qual caminho queria seguir!

Ao professor Alexei Lorenzetti Novaes Pinheiro, por me ensinar como a ciência deve ser feita e por me mostrar que nem todos os caminhos são confiáveis. Obrigada por ampliar meu senso crítico!

A minha família, principalmente minha tia, Gisele “Gilzelda”, meus irmãos Thalysson e Thiago, meu primo Leonardo (gamer de plantão) e a minha sobrinha Julia! Assim como meus pais e avós, vocês compõem a sólida base que me sustenta!

Aos meus cachorros Chuchu e Pipoca por, independentemente de o dia ser ensolarado, chuvoso, alegre ou triste, receberem-me com a maior felicidade do mundo. Não existe exemplo tão puro de lealdade como vocês!

Aos meus amigos, que há 5 anos aguentam minhas piadas ruins e “falação”! Beatriz Crotti, Ediane Silva, Dandley Vizibelli, Carolina Dinali, Julia Gomes, Ellen Lima, Rafa Gallindo, Higgor Goes, Mayara “Cabrita 1”, Karol “Cabrita 2”, Tamara “Parça”, Thiago “Parça”, Amanda “Nudes”, Michele “Michelda”, Luciano “Amapoazinha”, Gabi Roiko, e tantos outros. Que eu siga ao lado de vocês enquanto viver. Valeu, amores!

Aos “migos asiáticos” Karla Yumi Shingo, Rodrigo Shoji Nakano, Ana Beatriz de Melo Segatelli e Vinicius Kenzo Okada por me acompanharem na trajetória da graduação, desde o primeiro dia letivo, e por me apresentarem um mundo de

coisas das quais sempre soube que existiam, mas nunca havia reparado o quão perto estavam! Agradeço também pelas reflexões e questionamentos aprendidos. Vou levar vocês do lado esquerdo do peito para a vida. Obrigada por me mostrarem que é possível se formar em engenharia!

Às amizades que fiz ao longo desta estadia na UTFPR. Aos professores de ambiental, em especial a Joseane Debora Peruço Theodoro, Marcos Jeronimo Goroski Rambalducci, Patrícia Carneiro Lobo Faria, Sueli Tavares de Melo Souza e Tatiane Cristina Dal Bosco pelas contribuições ao longo da minha vida acadêmica e por todas as caronas. Quero ir o mais longe possível com todos vocês!

À Bruno de Camargo Mendes, Luciana de Paiva Luquez, Cristina Borba pela excepcional orientação e aprendizado que vocês disponibilizaram ao longo do meu estágio na Secretaria Municipal do Ambiente (SEMA) pelos almoços ofertados, pelo bate-papo e alegria cedidos para a realização do estágio. Vocês são seres de Luz! Vou levá-los para sempre comigo. Obrigada, amores da vida!

A todos que trabalham com energias renováveis e geoprocessamento e publicaram os trabalhos aqui referenciados. O conhecimento produzido por vocês me faz querer ir adiante neste tema! E, para finalizar, a todos aqueles que se preocupam em manter viva a história. Seja guardando documentos, fotos ou passando o que sabem adiante.

RESUMO

QUINTINO, Thaysla Beluco. **Mapeamento de áreas potenciais para a implantação de usinas oceânicas na zona costeira do Brasil.** 2018. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018.

Com o desenvolvimento da sociedade e a evolução da ciência e tecnologia, as necessidades mundiais por energia têm chamado a atenção de cientistas, pesquisadores, empresas de diversos setores, entidades regulamentadoras e o público em geral a estarem atentas e cobrarem por formas de geração de energia que não intensifiquem os problemas ambientais. Com a preocupação do esgotamento dos combustíveis fósseis, diversas medidas mundiais envolvendo compromissos e metas governamentais estão sendo acertadas para que a geração de energia a partir desta fonte possa ser trocada por fontes de energias renováveis. Assim, este trabalho traz o mapeamento de potenciais áreas para a implantação de usinas oceânicas na zona costeira do Brasil. Para o estudo e definição das áreas mais aptas foi utilizado a análise multicritério considerando dados de distâncias da rede viária, das áreas urbanas, dos exutórios, das unidades de conservação, dos portos, das linhas de transmissão e das subestações elétricas. Os critérios foram modelados por meio da inferência *fuzzy* e posteriormente foi aplicada a ponderação dos critérios pelo mesmo método. Foram gerados mapas que possibilitaram a análise visual e identificação das áreas com maior aptidão para implantação da usina oceânica e também foram calculados o potencial de geração de energia para as áreas identificadas. A partir dos critérios definidos, os resultados indicaram que as áreas com os maiores valores de potencial para instalação deste tipo de usina se encontram na região costeira do nordeste do Brasil, nos municípios de Areia Branca no estado do Rio Grande do Norte e Camocim no estado do Ceará. Foi possível concluir que as ferramentas de geoprocessamento e a análise multicritério podem ser utilizadas para gestão dos municípios como ferramentas de planejamento urbano e de estudos para diversificação da matriz energética.

Palavras-chave: Mapeamento. Energia Oceânica. Geoprocessamento. Análise Multicritério.

ABSTRACT

QUINTINO, Thaysla Beluco. **Mapping of potential areas for the implantation of ocean power plants in the coastal zone of Brazil.** 2018. 66 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Superior Course in Environmental Engineering. Federal Technological University of Paraná, Londrina, 2018.

With the development of society and the evolution of science and technology, the world's energy needs have captured the attention of many scientists, researchers, industry players, regulators and the general public to be attentive and charge for energies that do not intensify the climate problems and will minimize it. Concerning the depletion of fossil fuels, several global measures involving government commitments and goals are being agreed so that the generation of energy from this source can be exchanged for renewable energy sources. This work brings the mapping of potential areas for the implantation of ocean power plants in the coastal zone of Brazil. And to demonstrate the areas suitable for power plants of this type of concept is used the multicriteria analysis. A multicriteria analysis was carried out with the distance data of the road network, urban areas, outlets, conservation units, ports, transmission lines and substations. The criteria were modeled by means of fuzzy inference and later the weighting of the criteria by the same method was applied. Maps have been generated that allow the visual analysis of the areas most suitable for implantation of the ocean power plant. The potential for the implementation of the ocean power plant was also calculated. Two areas suitable for installation of the project were identified. The highest values of installation potential are found in the coastal region of northeastern Brazil, the municipalities of Areia Branca in the state of Rio Grande do Norte and Camocim in the state of Ceará. It was possible to conclude that the geoprocessing tools, more specifically the multicriteria analysis, can be used in the management of the municipalities as tools of urban planning, with the purpose of diversifying the energy matrix.

Keywords: Mapping. Ocean Energy. Geoprocessing. Multicriteria Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Usina produção de energia por meio das ondas.....	20
Figura 2 - Esquema de geração por meio das correntes de marés.....	21
Figura 3 - Esquema de geração elétrica por meio da energia potencial das marés..	21
Figura 4 - Esquema de geração por meio de gradiente de temperatura	22
Figura 5 - Esquema de geração elétrica por meio de gradiente de salinidade.....	23
Figura 6 - Estados da zona costeira do Brasil	26
Figura 7 - Função sigmoidal decrescente dos critérios distância das unidades de conservação e áreas urbanas dos municípios costeiros	29
Figura 8 - Função sigmoidal crescente dos critérios distância das linhas de transmissão, subestações, exutórios, portos e rodovias	29
Figura 9 - Mapa das áreas urbanizadas dos municípios costeiros.....	33
Figura 10 – Mapa das áreas das unidades de conservação	34
Figura 11 - Mapa das áreas dos exutórios dos municípios costeiros	35
Figura 12 - Mapa das áreas com sistema portuário	36
Figura 13 - Mapa das áreas com rodovias	37
Figura 14 - Mapa das áreas com subestações.....	38
Figura 15 - Mapa das áreas com linhas de transmissão	38
Figura 16 - Mapa de proximidade das áreas urbanas	39
Figura 17 - Mapa de proximidade dos estados do Amapá e Pará.....	40
Figura 18 - Mapa de proximidade das unidades de conservação	41
Figura 19 - Mapa de proximidade das unidades de conservação no estado do Ceará	41
Figura 20 - Mapa de proximidade das unidades de conservação no estado da Bahia	42
Figura 21 - Mapa de proximidade de unidades de conservação no estado do Rio Grande do Sul	42
Figura 22 - Mapa de proximidade dos exutórios	43
Figura 23 - Mapa de proximidade do sistema portuário	44
Figura 24 - Mapa de proximidade das rodovias	45
Figura 25 - Mapa de proximidade das linhas de transmissão	46
Figura 26 - Mapa de proximidade das subestações.....	46
Figura 27 - Mapa fuzzy da distância das áreas urbanas da zona costeira da região norte	47
Figura 28 - Mapa fuzzy da distância das áreas urbanas da zona costeira da região nordeste	48
Figura 29 - Mapa fuzzy da distância das áreas urbanas da zona costeira da região sudeste.....	48
Figura 30 - Mapa fuzzy da distância das áreas urbanas da zona costeira da região sul.....	49
Figura 31 - Mapa fuzzy da distância das unidades de conservação	50
Figura 32 - Mapa fuzzy da distância das linhas de transmissão e subestações	51
Figura 33 - Mapa fuzzy da distância do sistema portuário	52

Figura 34 - Mapa fuzzy da distância das rodovias	53
Figura 35 - Mapa fuzzy da distância dos exutórios	53
Figura 36 - Mapa da adequabilidade da área de estudo	55
Figura 37 – (a) Áreas de estudo; (b) - Média Anual de Energia (kW/m).....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados base utilizados e suas respectivas fontes	27
Quadro 2 - Funções utilizadas na modelagem fuzzy.....	30
Quadro 3 - Municípios aptos para a instalação das usinas oceânicas	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Usinas de energia oceânica e suas respectivas capacidades de geração	19
Tabela 2 - Regiões para a instalação das usinas oceânicas e suas potências	58
Tabela 3 - Municípios dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte aptos para a instalação das usinas oceânicas	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1 CONCEITO DE ENERGIA MAREMOTRIZ	17
3.2 HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DA ENERGIA OCEÂNICA	17
3.3 CENÁRIO MUNDIAL DOS PROJETOS DE USINAS OCEÂNICAS	18
3.4 FORMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA OCEÂNICA	19
3.4.1 Energia das Ondas	19
3.4.2 Energia das Marés	20
3.4.2.1 Energia das Correntes de Maré	20
3.4.2.2 Energia Potencial das Marés	21
3.4.3 Gradiente de Temperatura	22
3.4.4 Gradiente de salinidade	22
3.5 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA INSTALAÇÃO DAS MAREMOTRIZES	23
3.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA MAREMOTRIZ	24
3.7 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)	24
3.8 INFERÊNCIA <i>FUZZY</i>	25
4 METODOLOGIA	26
4.1 ÁREA DE ESTUDO	26
4.2 MATERIAIS	27
4.2.1 Elaboração do banco de dados geográfico	27
4.3 MÉTODOS	27
4.3.1 Pré-processamento dos dados georreferenciados	27
4.3.2 Análise multicritério	28
4.3.2.1 Modelagem <i>Fuzzy</i>	28
4.3.2.2 Modelagem <i>Fuzzy</i> final	32
4.4 POTENCIAL PARA IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS MAREMOTRIZES	32

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	33
5.2 ANÁLISE DE PROXIMIDADE.....	39
5.3 APLICAÇÃO DA MODELAGEM <i>FUZZY</i>	47
6 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

Dentre as incontáveis razões que possuem influência direta em um sistema econômico tem-se como um dos principais destaques sua matriz de geração de energia elétrica. Conforme Walker (2016), a eletricidade é responsável pelo conforto atribuído à vida moderna, pelo desenvolvimento de indústrias e avanço dos processos de produção.

Segundo Fleming (2012), este crescimento da demanda corrobora para uma busca natural pela diversificação da matriz elétrica mundial, tanto para mantê-la, quanto para aumentar a segurança energética.

A matriz energética brasileira tem sua base centralizada na hidroeletricidade, o qual tem sido extensamente explorada. Apesar disso, é imprescindível pensar em fontes alternativas e renováveis que possam atender à crescente demanda, especialmente em períodos prolongados de estiagem, que podem sensibilizar o fornecimento de energia elétrica (TEIXEIRA E BRETAS, 2016).

Segundo o INPE (2018), dentre os novos meios de energia não poluentes e renováveis, tem-se a eólica, a fotovoltaica, a de biomassa e a oceânica. Assim, é possível utilizar essas fontes renováveis para tentar diversificar o planejamento energético existente, por meio do aproveitamento dos diversos recursos naturais, expandindo os horizontes e contribuindo com o meio ambiente. Com isso, gerar mais oferta de energia para a população, além de atrair novos investidores e gerar novos empregos.

Além disso, as fontes renováveis movimentam o setor industrial/econômico, pois segundo Campos et al (2016), a energia é fundamental para o desenvolvimento socioeconômico, ela simboliza um dos principais setores que impactam negativamente o meio ambiente. Por conta disso, a questão energética torna-se cada vez mais importante na agenda de planejamento energético. E, conseqüentemente, as novas fontes de energia surgem como alternativas para superar a futura escassez de fontes de energia não-renovável e a poluição ambiental causada por essas fontes.

Entre as energias renováveis que compõe o sistema energético brasileiro tem-se a energia gerada pelas marés, também conhecida como maremotriz, a qual possui potencial energético estimado em 100 *gigawatts* (GW). Os estudos realizados pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

(COPPE/UFRJ) indicam que é possível converter cerca de 35% desse potencial em energia elétrica, o que equivaleria a cerca de 17% da capacidade total instalada no país.

Segundo o World Energy Council (2017), devido às suas qualidades, o oceano é uma fonte que pode apresentar uma grande representatividade na matriz energética mundial. De acordo com a Agência Internacional de Energia Renovável – IRENA (2018), o potencial teórico da energia marítima é de até 80.000 *terawatts* (TW) por ano apenas pelas ondas, esse valor equivale em média a quase 5 vezes o consumo de eletricidade anual do mundo.

Segundo Santos e Moreira (2015), o Brasil possui algumas regiões de alta potencialidade para a implantação. Devido a sua extensa costa litorânea, e com o constante avanço na tecnologia e o grande potencial energético que as águas marinhas possuem, o aproveitamento da energia oceânica torna-se bastante interesse nessa área.

Um ponto importante a ser observado é a proximidade entre os possíveis centros de geração e de consumo, o que minimizaria as perdas. O Brasil é um país extensa dimensão continental, com aproximadamente 8.500 Km de linha de costa, sendo que grande parte da população brasileira vive próximo ao mar (FLEMING, 2012).

Entretanto, conforme Bispo et al (2016), é necessário salientar que não são todas as áreas que possuem condições adequadas para a instalação de usinas oceânicas. Para que seja implantado esse tipo de empreendimento é fundamental que ocorram estudos preliminares das condições físicas e geográficas da área desejada. Esses estudos possibilitam que seja definido o tipo de usina que será instalada, além de outros critérios a serem estudados, de modo a garantir a viabilidade técnico-econômica de instalação do empreendimento. (DOMINGOS, 2013).

Com o intuito de verificar a viabilidade de um projeto de energia proveniente do oceano, este trabalho traz como objetivo sugerir áreas que são potencialmente aptas para implantação destes empreendimentos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O principal objetivo desse trabalho é avaliar a disponibilidade técnico-ambiental do potencial de energia oceânica no cenário brasileiro e identificar potenciais áreas para implantação de um empreendimento oceânico, a fim de favorecer a produção de energia a partir deste método e de melhorar a segurança energética do país.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar as vantagens da energia oceânica sobre as demais formas de geração energia alternativa;
- Identificar áreas geográficas que viabilizam a implantação da usina utilizando as técnicas do georreferenciamento;
- Formar um banco de dados para complementaridade das informações energéticas.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CONCEITO DE ENERGIA MAREMOTRIZ

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), energia maremotriz é:

“Uma forma de produção de energia proveniente da movimentação das águas dos oceanos, por meio da utilização da energia contida no movimento de massas de água devido às marés. Dois tipos de energia maremotriz podem ser obtidas: energia cinética das correntes devido às marés; e energia potencial pela diferença de altura entre as marés alta e baixa” (MMA, 2018).

3.2 HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DA ENERGIA OCEÂNICA

As primeiras civilizações não tinham ao seu dispor uma alta quantidade de energia, pois as únicas ferramentas acessíveis eram a tração humana ou animal para a realização de atividades cotidianas como a lavragem da terra, a irrigação, a moagem e o transporte de grãos (CALDAS, RANGEL E RIDOLPHI, 2010). Segundo Sorosen (2004) a energia dissipada era próxima a 400 *watts* (W) no caso dos homens e 2.000 W no de animais.

Segundo Ferreira (2007) as tecnologias para o aproveitamento da energia hidráulica foram baseadas na irrigação, o autor ressalta que em torno do século II a.C., os primeiros moinhos movidos a água foram surgindo, tanto no Ocidente como na China.

Em 1915, os habitantes de uma pequena ilha alemã no mar do Norte, possuíam tanques para o cultivo de ostras que eram conectados ao mar, por um canal, onde turbinas moviam um pequeno gerador elétrico, durante a passagem da água das marés (NEVES, 2009). O autor ainda ressalta que a eletricidade extraída neste processo era suficiente para iluminar a população local.

No período das revoluções industriais, novas fontes de energia foram adotadas, proporcionando um aumento do desenvolvimento dos processos produtivos. Assim a utilização de moinhos hidráulicos, eólicos ou de maré foi reduzida e esses métodos foram substituídos dispositivos alimentados por carvão, petróleo ou eletricidade (FERREIRA, 2007). Atualmente, a energia oceânica tem sido utilizada com maior eficiência para produção de energia elétrica (CALDAS, RANGEL E RIDOLPHI, 2010).

Ainda que o potencial mundial das marés seja cerca de 3 TW, apenas uma parte desse potencial é passivo de conversão, devido a dispersão de energia em mar aberto e alturas de marés serem baixas para exploração (CHARLIER, 2003). De acordo com Charlier (2003), alturas de marés que sejam suficientes e em locais favoráveis para o trabalho de extração da energia e que seja próximo ao público consumidor, seria o ideal para o aproveitamento da energia talassométrica, que conforme Lima et al. (2005), o termo talassométrica vem do grego e significa, talasse de marés e métrica de medida, intensidade. Com isso, existe a tendência de construir usinas de pequeno porte reutilizando antigas estruturas como pontes e barragens (FERREIRA, 2007).

3.3 CENÁRIO MUNDIAL DOS PROJETOS DE USINAS OCEÂNICAS

Segundo Fleming (2012), a avaliação dos recursos de energia dos oceanos ainda está em estágio inicial, mas segundo Nascimento (2017), o potencial teórico já identificado dos oceanos ultrapassa as necessidades humanas de energia.

Entretanto, existe uma variação mínima de altura de maré de 5 metros, de acordo com FLEMING (2012), com isso, poucos locais possuem alturas de marés adequadas ao aproveitamento (CALDAS, RANGEL E RIDOLPHI, 2010). No Brasil, os maiores potenciais são principalmente no Amapá e no Maranhão (NASCIMENTO, 2017).

De acordo com Bispo et al. (2016), mesmo que o potencial energético global das marés seja grande, apenas alguns projetos de usinas oceânicas se tornaram realidade até o momento. A usina de maremotriz de La-Rance é, atualmente, a maior do mundo em potência instalada-249MW, por meio do Tabela 1 é possível verificar as usinas que existem e suas respectivas capacidades de geração.

Tabela 1 - Usinas de energia oceânica e suas respectivas capacidades de geração

Usina	Local	Capacidade de geração	Fonte
Porto de Pecém	Ceará - Brasil	50kW/ano	NASCIMENTO (2017)
Mighty Wale	Gokasho – Japão	110kW/ano	CRUZ E SARMENTO (2004)
Coluna de Água Circulante	Açores – Portugal	400 kW/ano	CRUZ E SARMENTO (2004)
Pelamis	Varzim – Portugal	750kW/ano	CRUZ E SARMENTO (2004)
Wave Dragon	Nissum Bredning - Dinamarca	4 a 11 MW/ano	CRUZ E SARMENTO (2004)
Baía de Fundy	Canadá	20 MW/ano	NASCIMENTO (2017)
Lago Sihwa	Coreia do Sul	254 MW/ano	NASCIMENTO (2017)
La Rance	Bretanha - França	600 GWh/ano	BISPO ET AL (2016)

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

3.4 FORMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA OCEÂNICA

Existem diversos tipos de geração de energia a partir do oceano: marés, ondas e correntes, gradientes de temperatura e salinidade da água do mar, conforme exposto por SAAVEDRA (2016). Sendo as principais por meio das marés e das ondas.

3.4.1 Energia das Ondas

Segundo Tolmasquim (2016), as ondas do mar são consequências da transferência de energia dos ventos ao longo de uma faixa sobre a superfície oceânica. Nascimento (2017) destaca que a conversão da energia das ondas em eletricidade ocorre por meio de seu movimento que empurra os flutuadores para cima e para baixo e assim permite a modificação da pressão do ar dentro de uma câmara, acionando a turbina para a produção de eletricidade, na Figura 1 é possível verificar um esquema de usina deste tipo.

Figura 1 - Usina produção de energia por meio das ondas



Fonte: FLEMING (2012).

3.4.2 Energia das Marés

A extração de energia proveniente das marés pode ser de duas formas: pela transformação da energia cinética das correntes de maré e pela transformação da energia potencial em usinas semelhantes às hidrelétricas convencionais, conforme apresentado por Nascimento (2017).

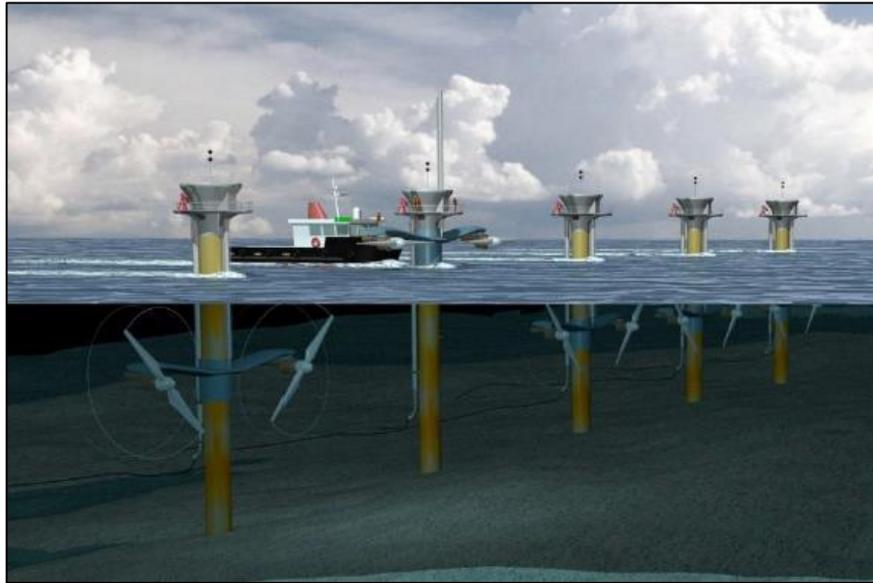
3.4.2.1 Energia das Correntes de Maré

Segundo Cruz e Sarmiento (2004), as marés são movimentos oscilatórios do nível do mar observados tanto na costa quanto na região oceânica, resultantes da interação dos campos gravitacionais da lua e do sol e pelo movimento de rotação da Terra, os quais levam à subida e descida da água dos oceanos e mares.

Esses movimentos periódicos podem ser restritos dependendo das características geográficas, como bacias hidrográficas e baías, estreitos e canais, o que pode resultar em elevadas amplitudes ou elevadas velocidades da corrente de maré (NASCIMENTO, 2017).

A extração de energia elétrica a partir das correntes de marés é realizada por meio de turbinas similares àquelas usadas na geração eólica, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Esquema de geração por meio das correntes de marés

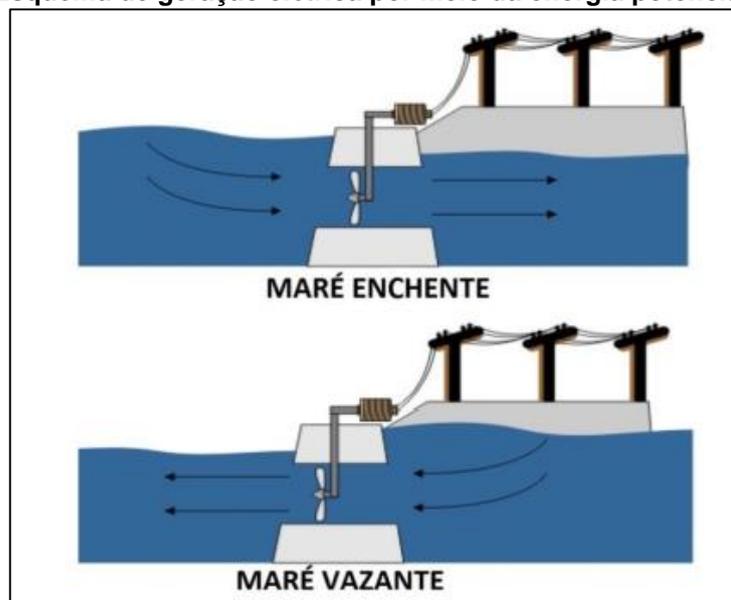


Fonte: TOLMASQUIM (2016)

3.4.2.2 Energia Potencial das Marés

A extração da energia potencial das marés é realizada, conforme Ministério de Minas e Energia - MME (2007), por meio de um reservatório acoplado junto ao mar, com a construção de uma barragem contendo uma turbina e um gerador. Na maré alta, a água preenche o reservatório, passando pela turbina e produzindo energia elétrica. Na maré baixa, a água esvazia o reservatório, passando pela turbina, agora em sentido contrário ao do enchimento, e assim, produzindo energia elétrica, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Esquema de geração elétrica por meio da energia potencial das marés



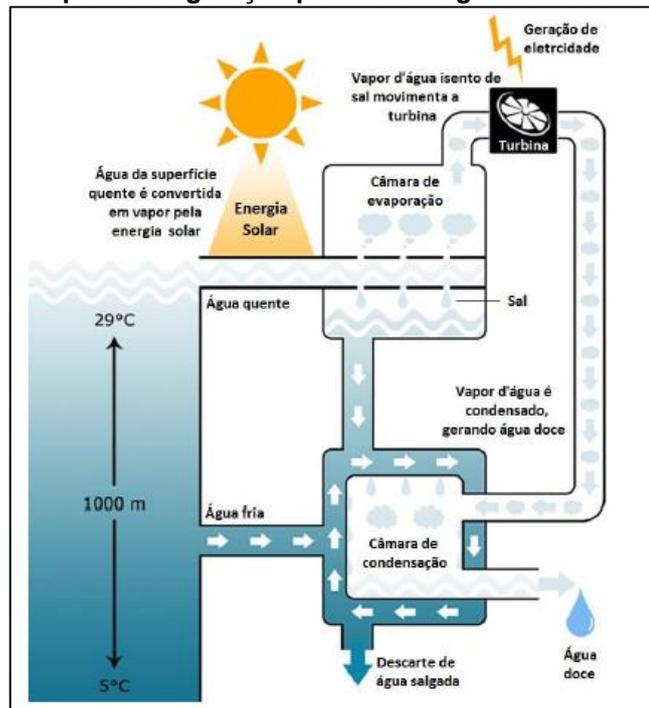
Fonte: TOLMASQUIM (2016)

3.4.3 Gradiente de Temperatura

Segundo o Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada da Universidade de São Paulo (CEPA/USP), o princípio de funcionamento de uma usina desse modelo, consiste na circulação de um fluido, de baixo ponto de ebulição, em um tubo que esteja ligado a superfície do oceano e a sua profundidade. Esse fluido, movimenta uma turbina que aciona um gerador de energia elétrica.

De acordo com Tolmasquim (2016), a conversão da energia térmica dos oceanos necessita que a diferença de temperatura mínima seja cerca de 20°C e aproximadamente 1.000 m de profundidade, como demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Esquema de geração por meio de gradiente de temperatura

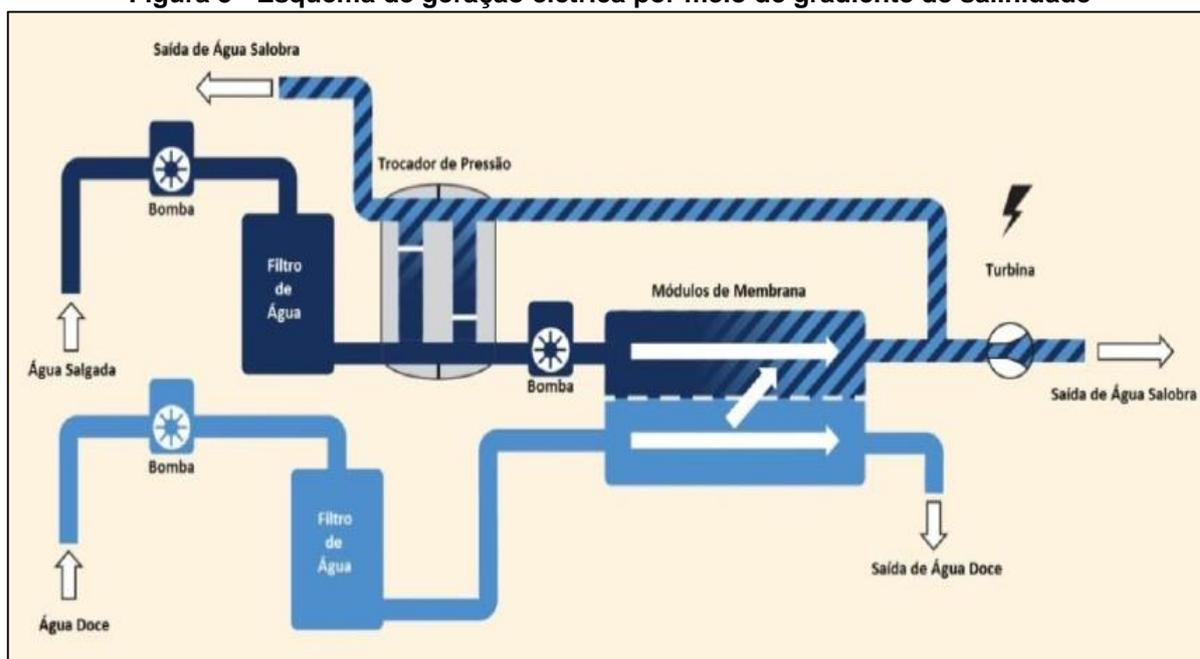


Fonte: TOLMASQUIM (2016)

3.4.4 Gradiente de salinidade

Segundo Tolmasquim (2016), o gradiente de salinidade pode ser gerado quando ocorre o encontro entre as águas do rio e do mar, e esse gradiente pode ser utilizado para produzir energia por meio da osmose, que é o transporte de água através de uma membrana semipermeável, como é possível observar na Figura 5.

Figura 5 - Esquema de geração elétrica por meio de gradiente de salinidade



Fonte: TOLMASQUIM (2016)

3.5 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA INSTALAÇÃO DAS MAREMOTRIZES

Segundo a Resolução 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), impacto ambiental é definido como:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - As atividades sociais e econômicas;
- III - A biota;
- IV - As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - A qualidade dos recursos ambientais” (CONAMA).

Assim, os empreendimentos de energia oceânica, não estão isentos de causar impactos ambientais como afirmou Sesmil (2013), a autor elenca vários impactos causados pelas usinas existentes até o momento, como por exemplo, assoreamento progressivo do ecossistema, risco de contaminação das águas que retornam ao mar. Cruz e Sarmiento (2004) apresenta os impactos organizados em três grupos: construção e instalação, operação e manutenção e desmantelamento, sendo os impactos mais evidentes, os impactos visuais, os impactos auditivos, a danificação de zonas de interesse arqueológico, o aumento do tráfego durante a instalação, o que

pode afetar uma gama de espécies, os efeitos positivos e negativos nos recursos pesqueiros (quando a implantação é de dispositivos afastados da costa), a influência do ruído nos mamíferos marinhos, impactos na navegação (dispositivos não costeiros), a alteração no regime das ondas (podendo influenciar no processo de erosão costeira, alterar habitats marinhos e alterar o valor turístico de uma zona), a geração de campo eletromagnético devido a presença de cabos marinhos, as possíveis emissões tóxicas para o meio envolvente, por causa dos mecanismos anti-corrosão.

3.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA MAREMOTRIZ

Segundo Silva (2012), as vantagens estão aderidas em ser um mecanismo não poluente, ser uma fonte renovável, não gera custos de desapropriação de áreas, possui fonte de energia abundante.

Cruz e Sarmiento (2004) elencam como desvantagem, que o sistema não tem fornecimento de ondas contínuo, são necessárias amplitudes de marés de no mínimo 5 metros para que este tipo de energia seja rentável e o retorno do investimento pode demorar muitos anos.

3.7 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Segundo Cavalcante (2015), geoprocessamento é um conjunto de tecnologia de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltados para um objetivo específico. Também pode ser definido como uma tecnologia transdisciplinar, que através do processamento digital de dados geográficos, integram várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais, modelos tridimensionais e etc.

Sistemas de Informações Geográficas (SIG), são sistemas computacionais capazes de capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar e imprimir dados referenciados espacialmente em relação a superfície da Terra (FILHO, IOCHPE, 1996).

As ferramentas computacionais para geoprocessamento, conhecidas como Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes dando origem a bancos de dados georreferenciados. O processo de Modelagem é a forma que se dispõe para traduzir o mundo real em outros domínios (DPI/INPE, 2018).

3.8 INFERÊNCIA FUZZY

Inferência geográfica pode ser definida como a geração de mapas a partir de outros dados georreferenciados existentes. Os mapas em formato *raster* são combinados por meio da álgebra de mapas. Dentre os métodos de inferência espacial, podemos destacar o método booleano e o método *fuzzy* (TANSCHKEIT, 2006).

A modelagem por lógica *fuzzy* permite que os modos de raciocínios sejam aproximados e não exatos, permitindo a representação de zonas de transição entre as classes, por meio do conceito de graus de pertinência. Com isso, é possível ter uma melhor representação do raciocínio humano (FLAUZINO, 2007).

A utilização de um conjunto *fuzzy* é indicada sempre que se tiver que lidar com ambiguidade, abstração e ambivalência em modelos matemáticos ou conceituais de fenômenos empíricos (BURROUGH E MCDONNELL, 1998).

Segundo Villanueva (2016), a inferência *fuzzy* é uma ferramenta que permite capturar informações imprecisas, descritas em linguagem natural e convertê-las para um formato numérico.

Conforme Souza e Mesquita (2010), os conjuntos *fuzzy* são funções que mapeiam um valor escalar em um número entre 0 e 1, a qual indica seu grau de pertinência a esse conjunto.

4 METODOLOGIA

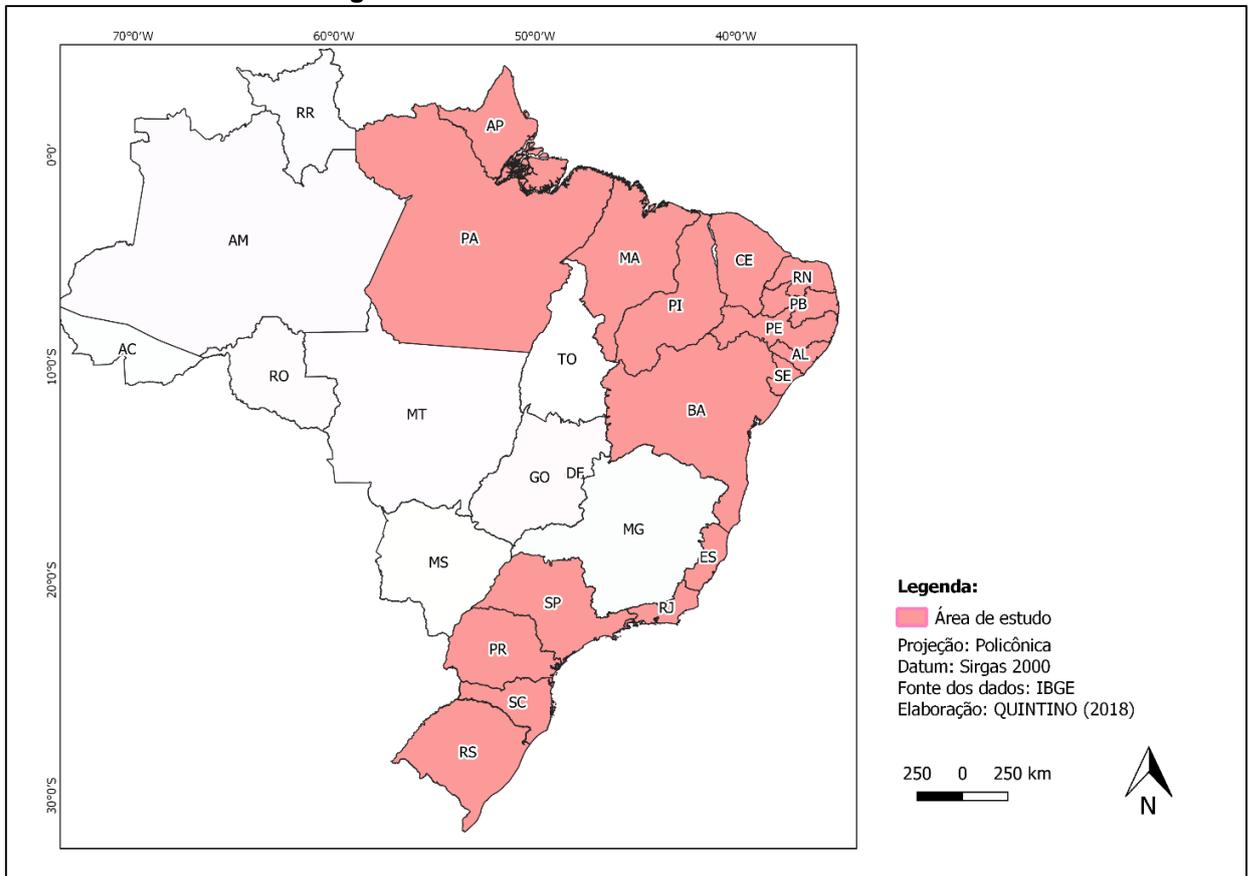
Os procedimentos adotados no presente trabalho consistem na utilização de SIG, o escolhido foi o QGIS na versão 2.8 e versão 3.2.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O objeto de pesquisa do presente trabalho é a região costeira do Brasil formada pelos estados de Amapá, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, representados na Figura 6.

Os estados escolhidos como área de estudo desse projeto, não contam com nenhuma usina oceânica, o estado do Ceará possui uma usina de ondas, mas está desativada após o fim do contrato de pesquisa, sendo necessária a construção de um novo empreendimento.

Figura 6 - Estados da zona costeira do Brasil



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

4.2 MATERIAIS

4.2.1 Elaboração do banco de dados geográfico

Para a realização dos levantamentos de possíveis locais para a implantação da usina oceânica na área de estudo, foram utilizados dados georreferenciados. Os objetos cartográficos georreferenciados a serem utilizados no trabalho e suas respectivas fontes se encontram no Quadro 1 e descritos nos tópicos 4.3 e 4.3.2.2.

Quadro 1 - Dados base utilizados e suas respectivas fontes

Dados Vetoriais	Descrição	Fonte
Linhas de transmissão e subestações	Linhas de cabeamento responsáveis pela condução da energia elétrica até as subestações de energia.	Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (SIGEL, 2018)
Unidades de Conservação (UC)	Localização das Unidades de Conservação no Brasil.	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2018)
Áreas Urbanas	Localização das áreas urbanizadas dos municípios costeiros no Brasil	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018)
Exutórios	Localização dos exutórios dos corpos hídricos no Brasil	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE, 2018)
Rodovias	Localização das rodovias no Brasil	Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT, 2018)
Portos	Localização dos portos no Brasil	Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2018)

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

4.3 MÉTODOS

4.3.1 Pré-processamento dos dados georreferenciados

Cada conjunto de dados georreferenciado, passou por uma sequência de operações para serem preparados para o estudo a ser realizado seguindo os passos descritos abaixo:

Dados de localização das rodovias, área urbana, portos, unidades de conservação, linhas de transmissão, subestações e exutórios: foram convertidos para raster e utilizados para uma operação chamada análise de proximidade, também chamada de distância raster. Assim, foi possível a normalização de mapas através do método *fuzzy*, pela aplicação de funções de pertinências utilizando-se as distâncias como entrada para as funções *fuzzy*.

4.3.2 Análise multicritério

Após a preparação dos dados, foi realizada a análise multicritério, sendo os critérios avaliados para identificar as áreas mais adequadas para a instalação da usina oceânica foram os critérios presentes no quadro 1. Com isso, a metodologia aplicada neste estudo foi a utilização de inferência *fuzzy*

4.3.2.1 Modelagem *Fuzzy*

A modelagem utilizando lógica *fuzzy* foi realizada em todos os critérios avaliados, e para cada variável uma função matemática foi aplicada. As equações (1) e (2) foram utilizadas para modelagem e propostas por Eastman (1999), sendo a equação (1) uma equação sigmoidal crescente e a equação (2) uma sigmoidal decrescente.

$$\mu = \left(1 - \left(\frac{x-a}{b-a}\right)\right) \cdot \frac{\pi}{2} \quad \text{se } x > b, \mu=1 \quad (1)$$

$$\mu = \left(\frac{x-c}{d-c}\right) \cdot \frac{\pi}{2} \quad \text{se } x < c, \mu=1 \quad (2)$$

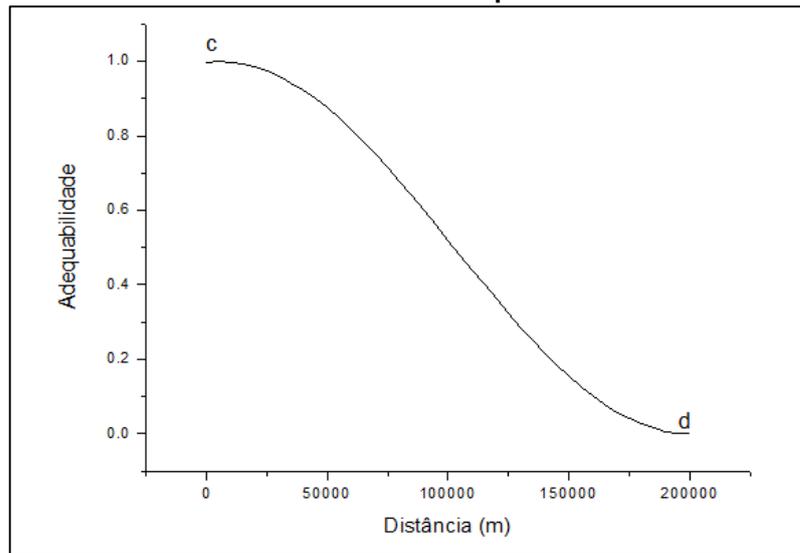
Onde,

a, b, são os pontos de controle atribuídos para cada critério analisado e apresentados no Quadro 2; e,

x é o valor de entrada da função.

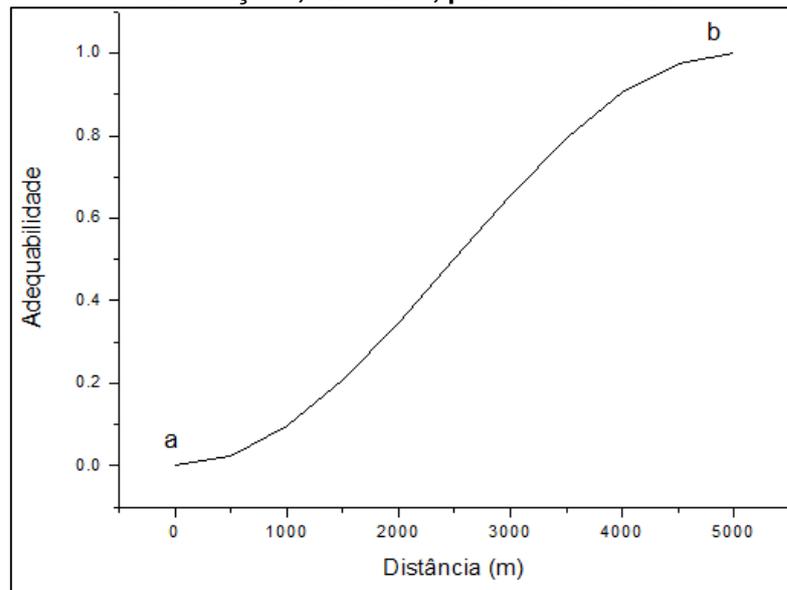
Figura 7 e 8 apresenta a função utilizada e seus pontos de controle.

Figura 7 - Função sigmoideal decrescente dos critérios distância das unidades de conservação e áreas urbanas dos municípios costeiros



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 8 - Função sigmoideal crescente dos critérios distância das linhas de transmissão, subestações, exutórios, portos e rodovias



Fonte: Autoria Própria (2018)

Quadro 2 - Funções utilizadas na modelagem fuzzy

Critérios	Função	Pontos de controle (metros)			
		a	b	c	d
Distância das Unidades de Conservação (UCs)	Sigmoidal crescente	0	5000	-	-
Distância das Áreas Urbanas	Sigmoidal crescente	0	5000	-	-
Distância dos Exutórios	Sigmoidal decrescente	-	-	0	200000
Distância das Rodovias	Sigmoidal decrescente	-	-	0	200000
Distância dos Portos	Sigmoidal decrescente	-	-	0	200000
Distância das Linhas de transmissão	Sigmoidal decrescente	-	-	0	200000
Distância das Subestações	Sigmoidal decrescente	-	-	0	200000

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Os pontos de controle adotados para as variáveis estudadas, foram múltiplos de 1000m, devido a resolução espacial adotada para este trabalho. As variáveis restritivas (unidades de conservação e áreas urbanas), têm seus pontos de controle com 0 e 5000m. As demais variáveis analisadas, tiveram pontos de controle que variam de 0 até a distância máxima fornecida pelo mapa de proximidade gerado para cada critério estudado.

Os critérios de unidades de conservação e áreas urbanas foram modelados por meio de uma função sigmoidal decrescente devido ao fato da adequabilidade da área diminuir com o aumento da proximidade a esses dois critérios. Os pontos de controle, para ambos os critérios, foram 0 e 5000 metros, sendo que valores maiores que 5000 metros são os mais adequados, quando os valores são menores que 5000, a adequabilidade é nula. Não existe uma legislação específica para usinas oceânicas por esse motivo os pontos de controle foram selecionados com base na proporção do mapa para melhor visualização dos pontos aptos e não aptos, já que a extensão da costa brasileira é grande.

Além disso, o valor de adequabilidade máxima para esses critérios se deve aos termos ambientais, pois a flora e fauna é protegida por lei na forma de Unidades de Conservação devem ser resguardadas, já que possuem valor ecológico e interesse

científico. Além disso, do ponto de vista de planejamento, tem-se implicações sociais associadas a um projeto como este, como a poluição sonora, poluição visual, segurança e estética. Assim, as usinas precisam estar fora das zonas urbanas.

Na modelagem da distância das linhas de transmissão, subestações, portos, exutórios e rodovias, foi utilizada uma equação sigmoïdal crescente, pois esses critérios favorecem a instalação. Em suma, os empreendimentos oceânicos precisam estar localizados em locais com boas condições de marés ou ondas, suficientes para produzir energia de forma viável.

Para que essas premissas sejam atendidas, o cálculo do potencial oceânico do litoral do Brasil exige que sejam definidos critérios que influenciasssem a viabilidade técnica e econômica na instalação e operação desses empreendimentos oceânicos, assim é necessário ser o mais próximo possível de rodovias para facilitar a acessibilidade ao local da instalação. Outra questão importante é o acesso ao local para a minimização dos custos de desenvolvimento. O local deve estar localizado o mais próximo possível de linhas de transmissão e subestações. A Lei 10.438/2002 estabelece que o custo de transporte de energia não pode ultrapassar 50% do valor total para os projetos até 30 MW de potência (FADIGAS, 2011). Dessa forma, essa combinação garante que a geração ocorra próxima às linhas de transmissão e subestações para transmissão de energia e diminua o custo e perdas de transporte de energia.

Para os critérios de linhas de transmissão, rodovias e subestações, para as distâncias acima de 5000m foi atribuído um valor nulo, por ser distante da rodovia, linhas de transmissão e subestações. Para locais abaixo de 5000 m desses critérios atribui-se o máximo valor de adequabilidade uma vez que a essa distância da usina possui custos de implantação baixos e não afeta o acesso as linhas de transmissão e subestações e os usuários da estrada.

Em relação aos portos, a fim de evitar os impactos que podem ser causados pela usina em outras áreas, seria conveniente instalar a usina em regiões de sistema portuário, pois assim não causaria distúrbios no ecossistema aquático para a instalação da usina em outra localidade fora do sistema portuário. Com isso foi adotado que o grau de aptidão seria máximo próximo dos portos. Então, para distâncias acima de 5000m foi atribuído um valor nulo, por ser distante do porto. Para locais abaixo de 5000m do sistema portuário atribui-se o máximo valor de adequabilidade.

Com base nos exutórios, este critério foi selecionado pois é possível extrair energia por meio de gradiente de salinidade, como descrito no tópico 3.4.4. Assim, para a distâncias acima de 5000m foi atribuído um valor nulo, por ser distante do exutório e para locais abaixo de 5000m do exutório atribui-se o máximo valor de adequabilidade uma vez que a essa distância da usina possui custos de implantação.

4.3.2.2 Modelagem *Fuzzy* final

Após a modelagem dos critérios por meio de funções *fuzzy*, os parâmetros foram avaliados pela combinação dos mapas *fuzzy* referentes a cada critério estudado.

Foi adotado o critério de valor mínimo entre todos os critérios *fuzzy* considerados. O objetivo foi atribuir ao valor final de cada pixel aquele que representa a maior restrição dentre os fatores considerados na análise.

Como resultado da ponderação dos mapas foi gerada o documento cartográfico de adequabilidade da área para a implantação da usina oceânica.

4.4 POTENCIAL PARA IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS MAREMOTRIZES

Com os critérios e fatores restritivos georreferenciados preparados no banco de dados geográfico foi possível calcular o potencial para implantação das usinas de energia oceânica a partir da aplicação da análise multicritério proposta.

Foram utilizados os valores de energia anual média das ondas modelados numericamente no trabalho do Carvalho (2010), os dados de vento para a simulação de agitação marítima foram obtidos da *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) entre os anos de 1997 e 2009. O modelo de ondas foi utilizando o *software* WAVEWATCH III (WW3), com resolução espacial de 1° x 1° para domínio global. De acordo com Oliveira (2017), o WW3 é um modelo numérico de onda de terceira geração. E assim, foram obtidas médias anuais de energia das ondas.

Com isso foi possível analisar o potencial das áreas com maior aptidão fornecidas pelo método da análise multicritério e comparar se essas áreas tem potencial para instalação e operação da usina de energia oceânica.

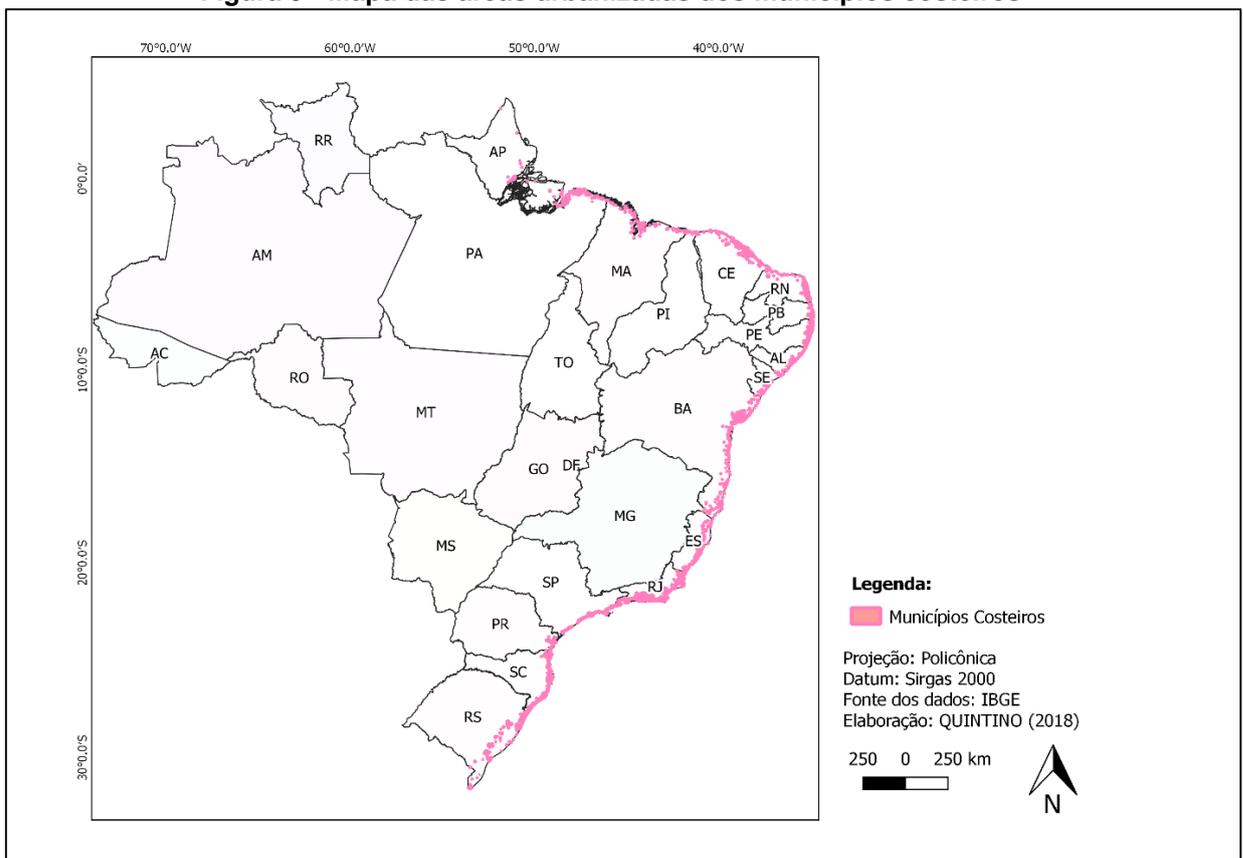
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Brasil é banhado pelo oceano Atlântico, com um litoral de 10.800 km de extensão, como destacado por Pereira da Silva (2013), com base no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), abrangendo desde o cabo Orange até o arroio Chuí, com área em torno de 514.000 km², composta por 17 estados litorâneos e 463 municípios (CENSO IBGE, 2010).

De acordo com o mesmo censo de 2010, cerca de 26,6% da população brasileira residem em municípios da zona costeira, sendo equivalente a 17,4 milhões de domicílios como demonstrado na Figura 9, que representa as áreas urbanizadas dos municípios costeiros referente ao ano de 2015.

Figura 9 - Mapa das áreas urbanizadas dos municípios costeiros

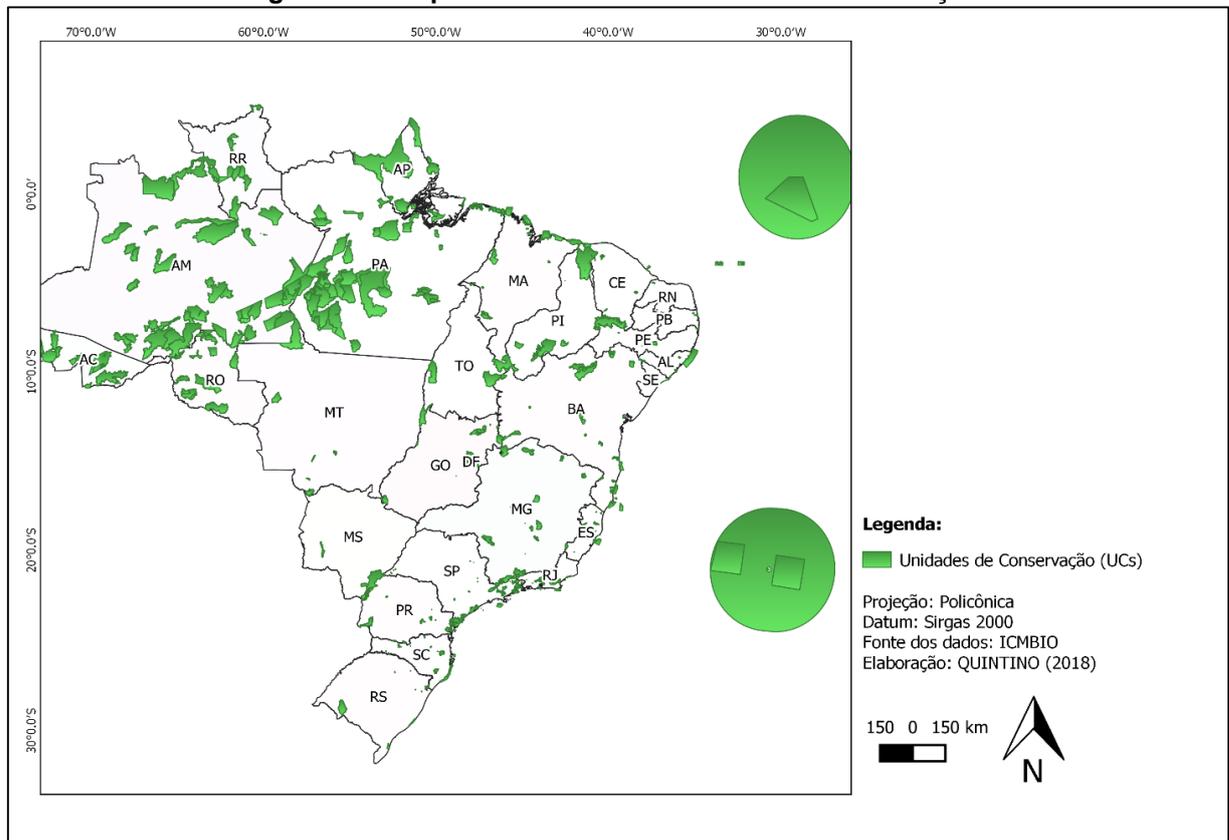


Fonte: Autoria Própria (2018)

Em relação aos aspectos naturais, existem 335 Unidades de Conservação Federais do Brasil e de acordo com o Ministério do Meio Ambiente 102 unidades de

conservação são costeiras e marinhas, conforme destacado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2018), como é ilustrado na Figura 10.

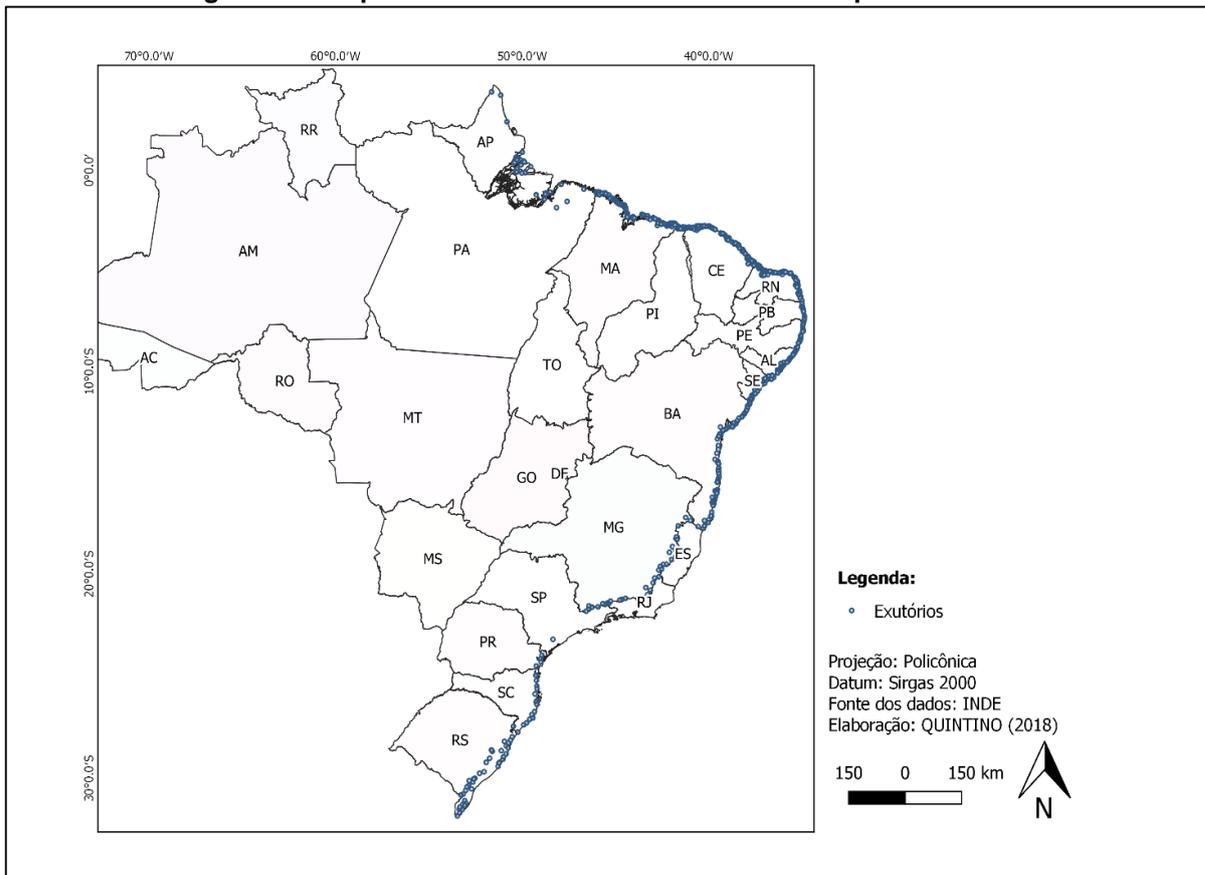
Figura 10 – Mapa das áreas das unidades de conservação



Fonte: Autoria Própria (2018)

Com base na hidrografia, foram determinados os exutórios das bacias hidrográficas com rio cuja foz deságua no oceano, como apresentado na Figura 11. A área de estudo conta com 525 exutórios, sendo uma variável de grande relevância uma vez que é possível ocorrer a implantação de uma usina oceânica do tipo gradiente de salinidade no local onde ocorre o encontro desses dois tipos de água (doce e salgada).

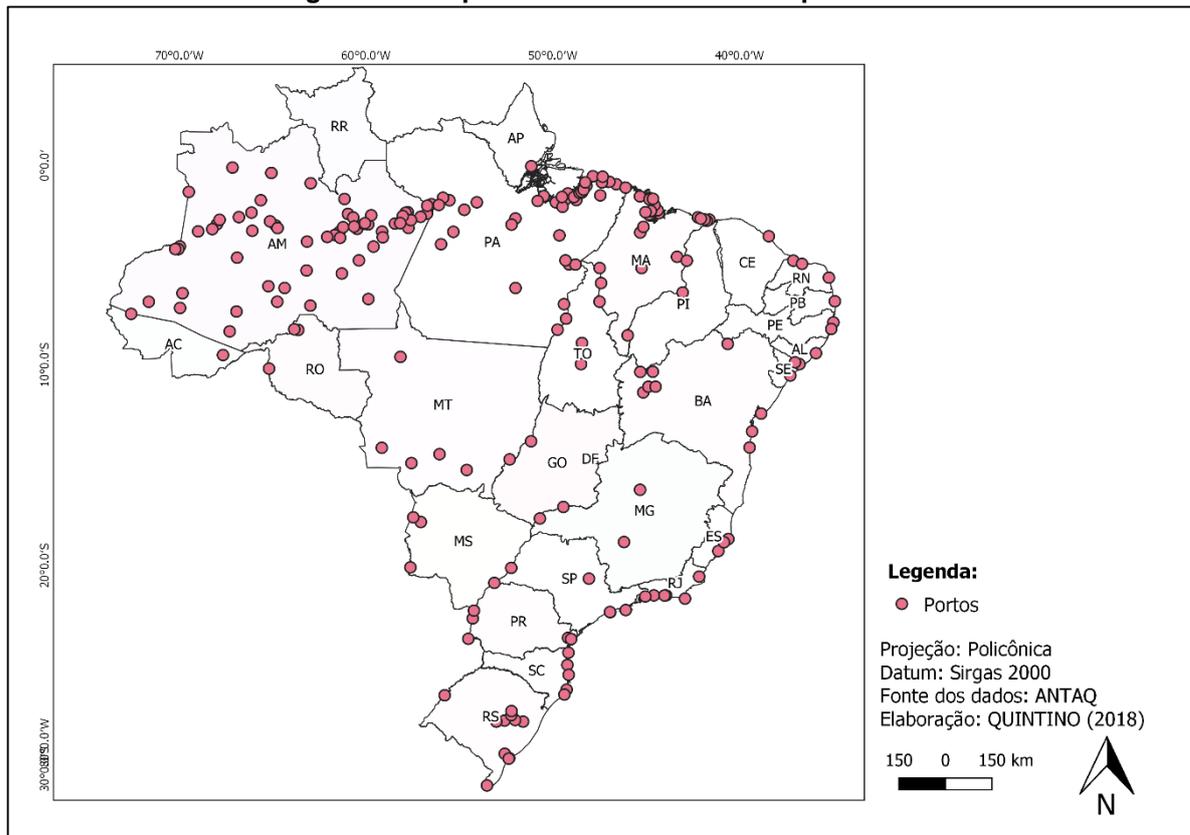
Figura 11 - Mapa das áreas dos exutórios dos municípios costeiros



Fonte: Autoria Própria (2018)

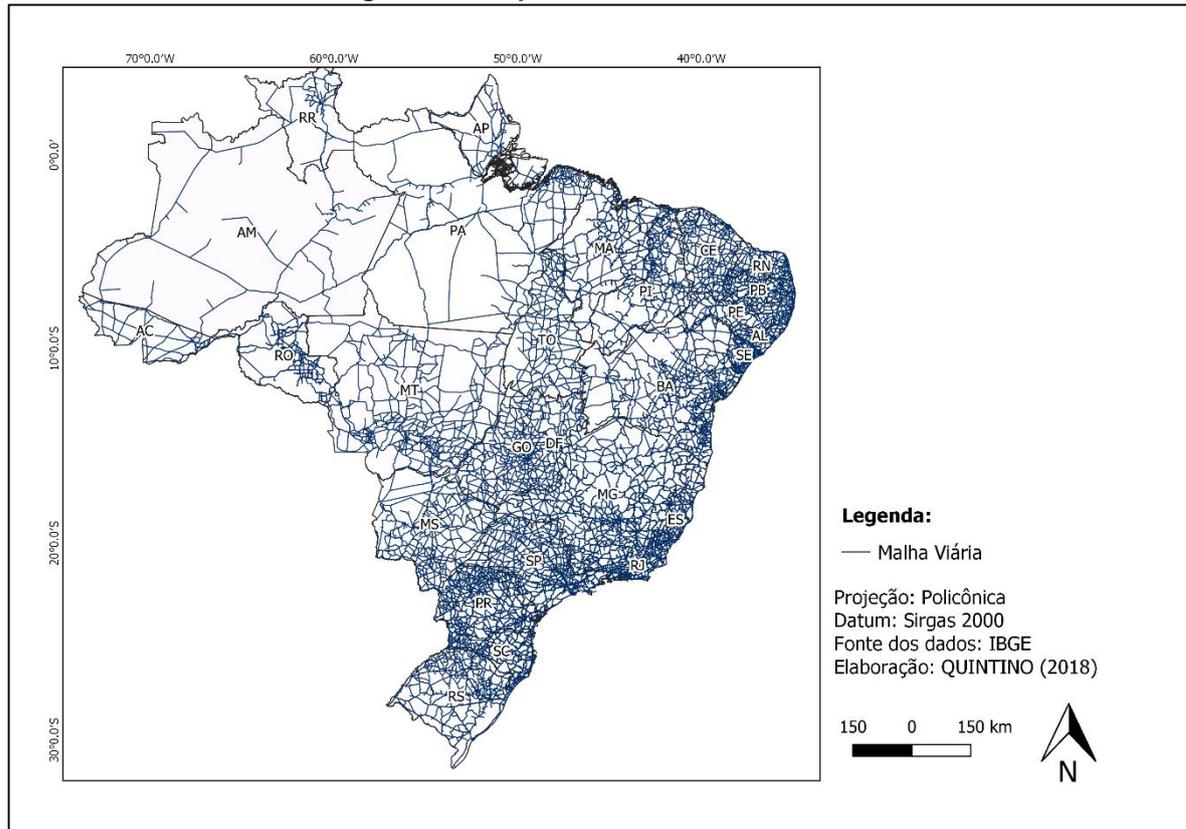
Segundo o anexo da Resolução 2969/13 da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), o Brasil conta com 235 portos, como apresentado na Figura 12, sendo que 178 são instalações portuárias marítimas, como destacado pelo Ministério da Fazenda.

Figura 12 - Mapa das áreas com sistema portuário



Fonte: Autoria Própria (2018)

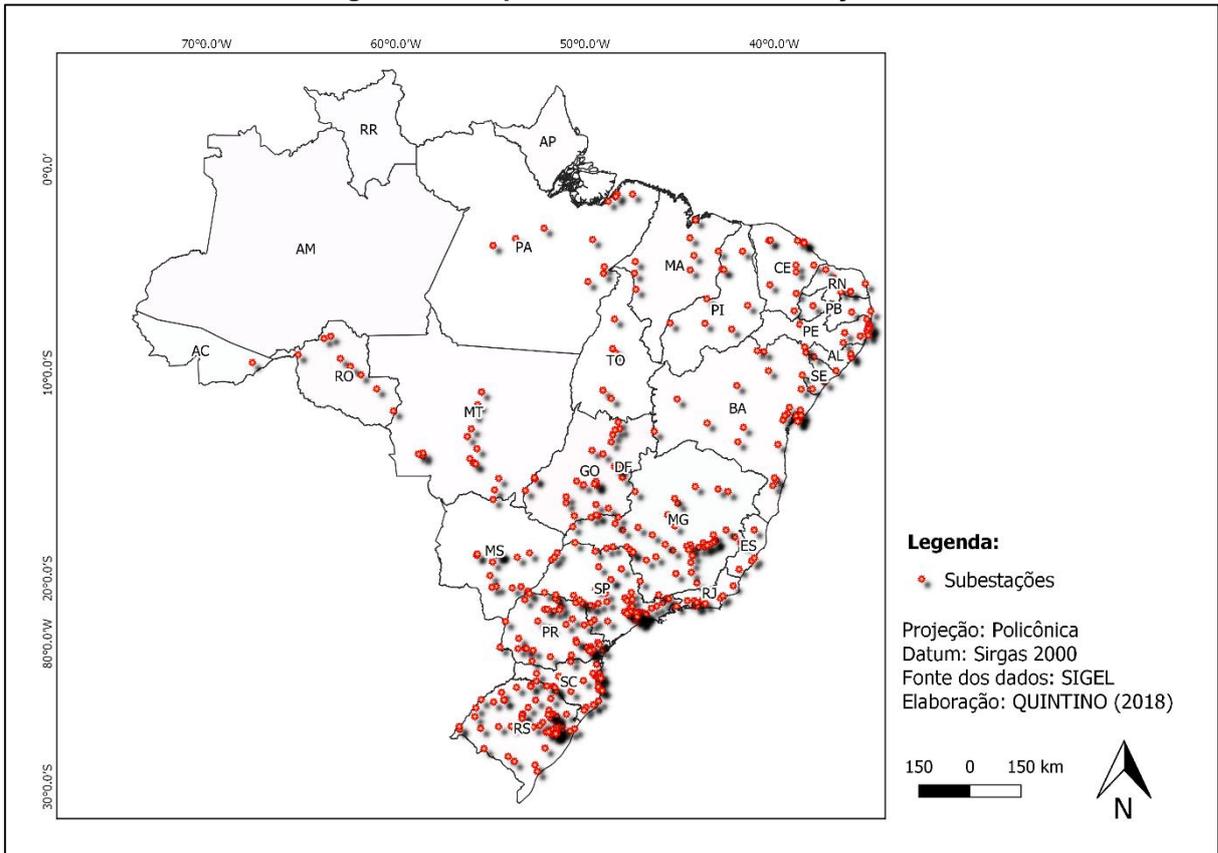
No que refere-se à malha viária brasileira, como é possível ser observado na Figura 13, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, comenta que o Brasil possui cerca de 1,6 milhão de quilômetros de extensão de estradas pavimentadas e não pavimentadas. É possível notar que existem poucas rodovias na região do estado do Amapá, Pará e no norte do estado do Maranhão, sendo dessa forma um fator importante a ser considerado com relação a viabilidade da implantação pois deve ser considerado os custos relacionados ao transporte para ser realizada a instalação e a manutenção da usina.

Figura 13 - Mapa das áreas com rodovias

Fonte: Autoria Própria (2018)

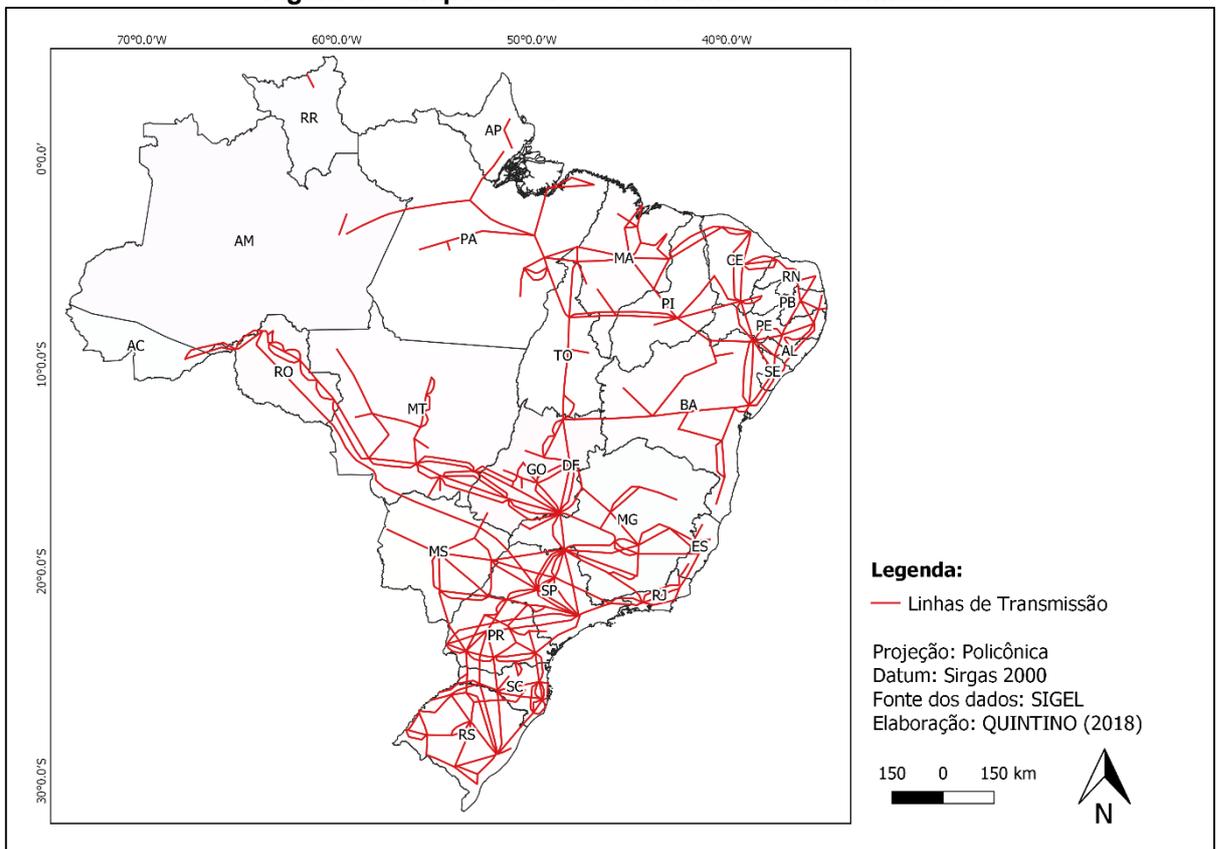
Nas Figuras 14 e 15, são representadas as áreas de subestações e linhas de transmissão, respectivamente, nota-se que a maior parte da região de estudo contém esses critérios, com exceção do estado do Amapá, assim esses fatores são de extrema importância devido aos custos de transporte, como ressaltado no tópico 4.2.1 para a instalação da usina e sua manutenção.

Figura 14 - Mapa das áreas com subestações



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 15 - Mapa das áreas com linhas de transmissão

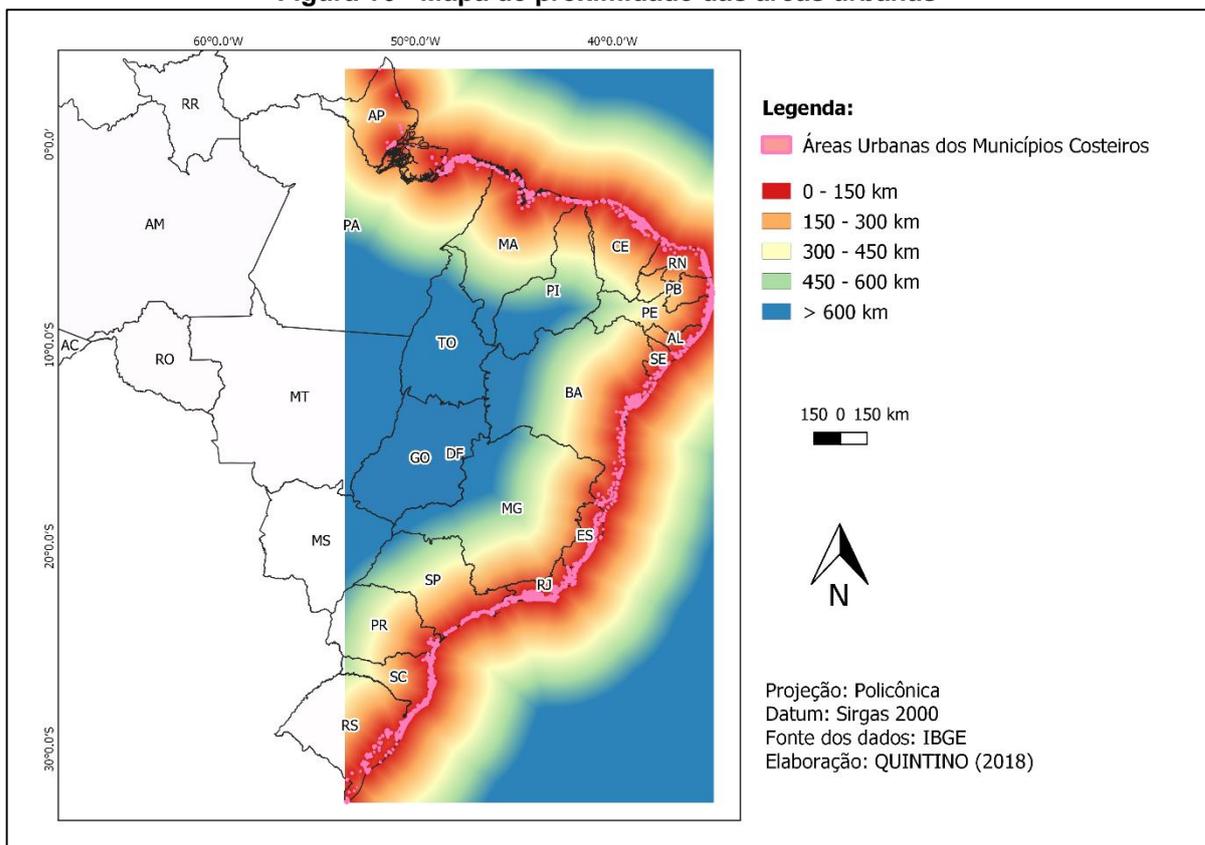


Fonte: Autoria Própria (2018)

5.2 ANÁLISE DE PROXIMIDADE

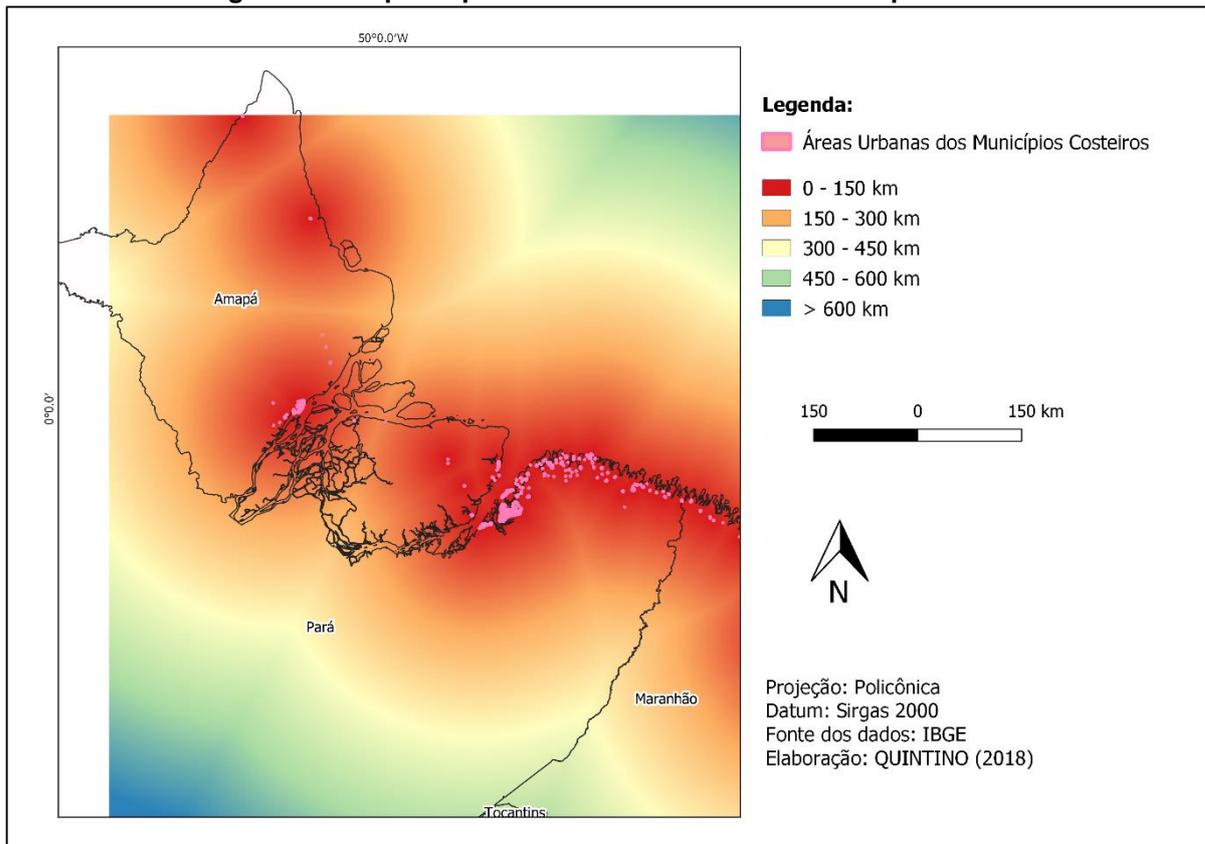
Na Figura 16 ilustra-se o mapa de proximidade das áreas urbanas. É possível afirmar que grande parte da área de estudo encontra-se na faixa em que a adequabilidade foi modelada como crescente, ou seja, na faixa maior que 5km. A adequabilidade máxima pode ser observada na região norte do estado do Pará e Amapá, como representados na Figura 17. Nas demais regiões a falta de adequabilidade se deve ao fato das áreas urbanas estarem muito próximas as possíveis áreas de construção e operação da usina, podendo causar algum desconforto visual e poluição sonora para os moradores e visitantes dessas áreas.

Figura 16 - Mapa de proximidade das áreas urbanas



Fonte: Aatoria Própria (2018)

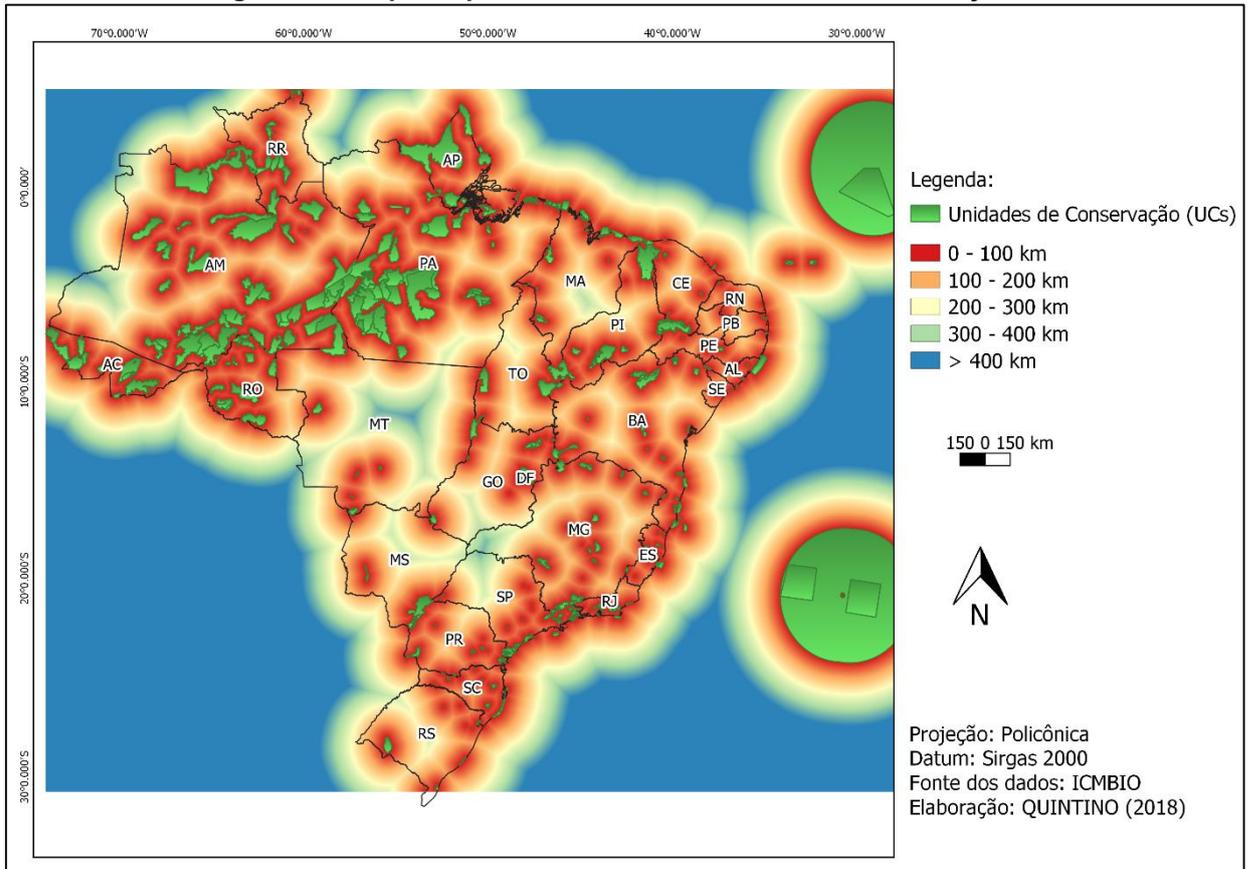
Figura 17 - Mapa de proximidade dos estados do Amapá e Pará



Fonte: Autoria Própria (2018)

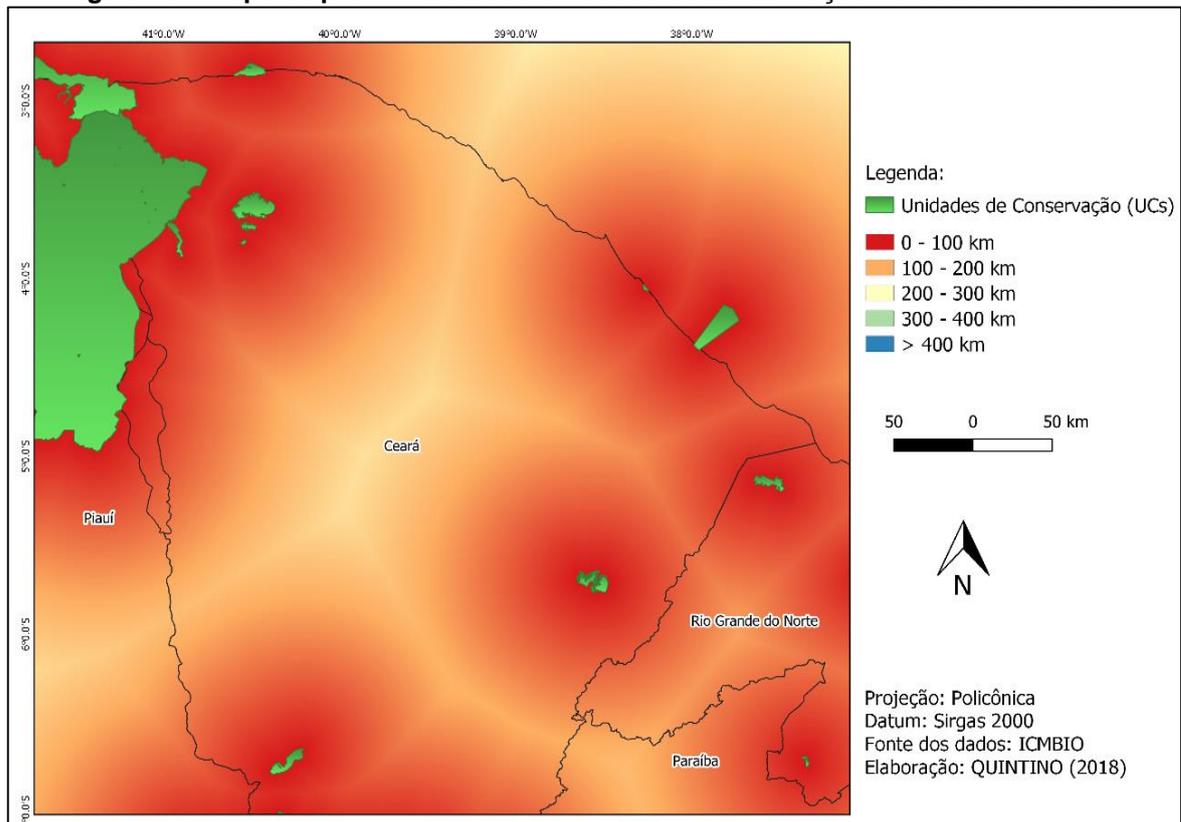
Na Figura 18 é possível analisar como a grande quantidade de unidades de conservação que afetam na escolha da área para implantação do empreendimento, sendo dessa forma um fator restritivo. Entretanto, algumas regiões apresentam-se viável a instalação e operação da usina, uma vez que essas regiões localizam-se a mais de 5km de distância das unidades de conservação, como é o caso de alguns pontos do estado do Ceará, Bahia e Rio Grande do Sul, conforme as Figuras 19, 20 e 21, respectivamente. A adequabilidade não é máxima, mas é intermediária, podendo assim ser consideradas regiões potenciais para a implantação. A adequabilidade nula, ou fragilidade ambiental desse critério, acompanha as áreas em vermelho.

Figura 18 - Mapa de proximidade das unidades de conservação



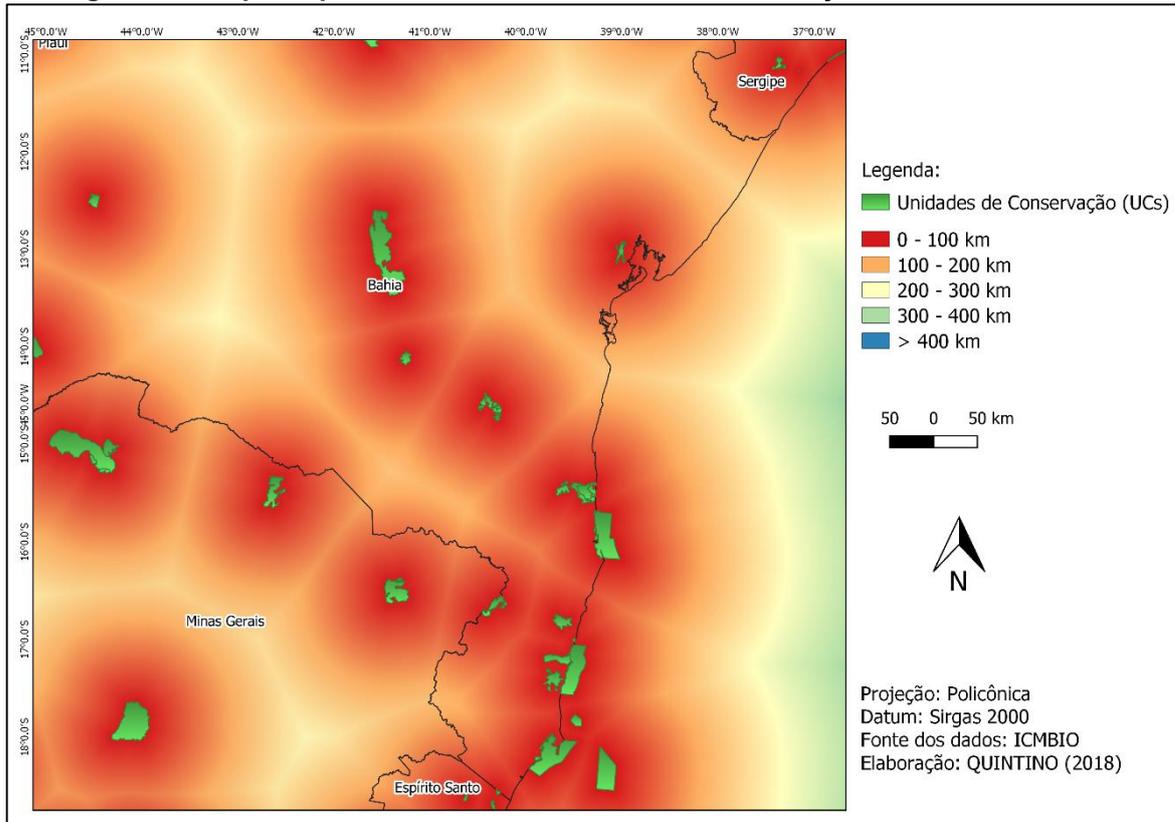
Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 19 - Mapa de proximidade das unidades de conservação no estado do Ceará



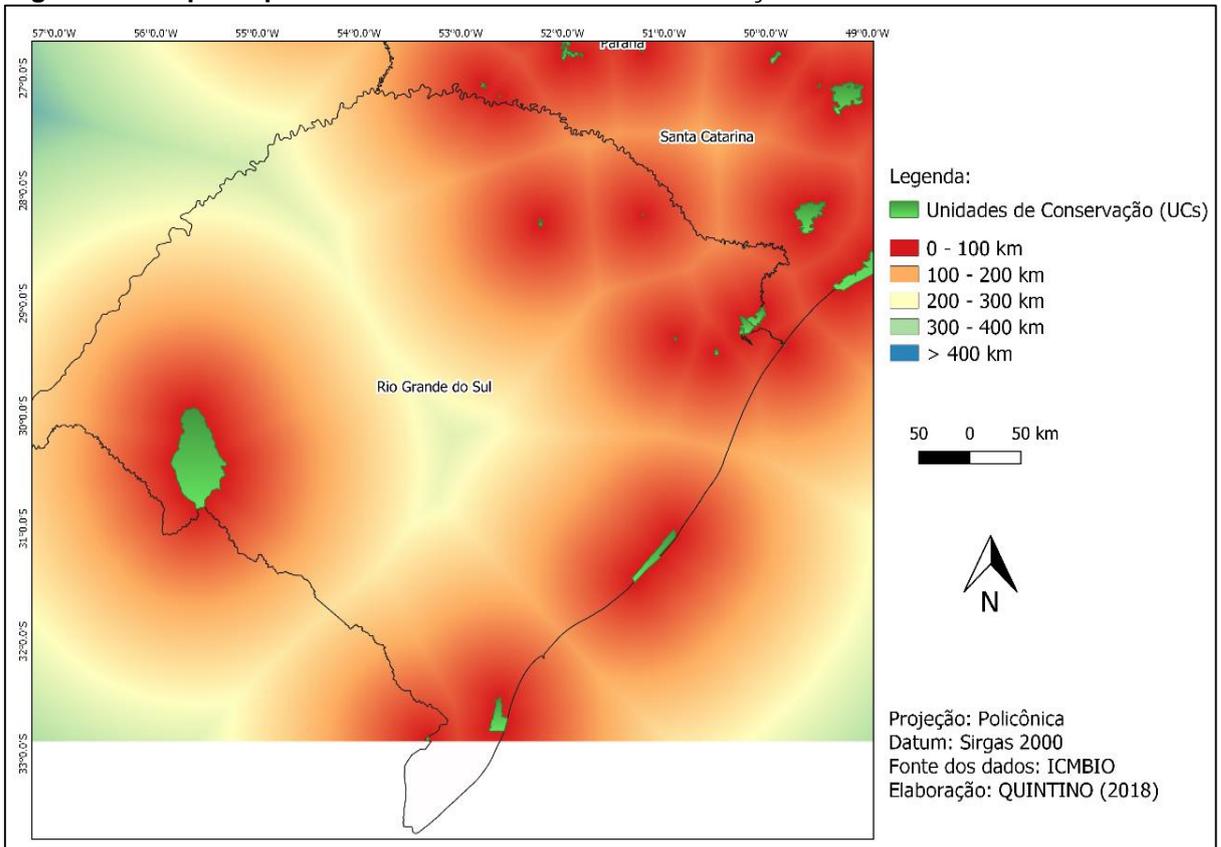
Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 20 - Mapa de proximidade das unidades de conservação no estado da Bahia



Fonte: Autoria Própria (2018)

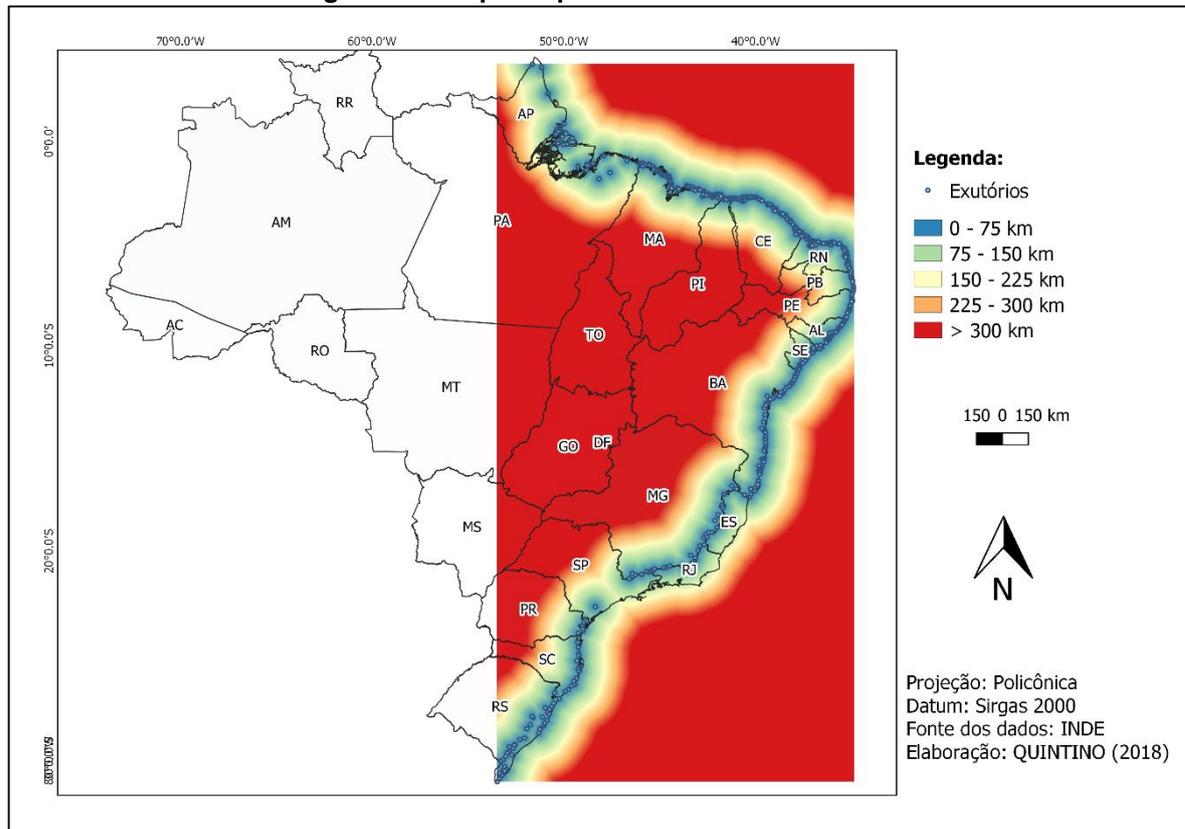
Figura 21 - Mapa de proximidade de unidades de conservação no estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Autoria Própria (2018)

Na Figura 22 constata-se o mapa de proximidade dos exutórios. Verifica-se que dos 17 estados que fazem limite com o oceano apenas 2 estados não compreendem a faixa de adequabilidade, pois estão com seu litoral à uma distância maior que 5km, e a região sul do estado do Amapá, norte do Pará e a região norte de São Paulo encontram-se na mesma situação dificultando assim a instalação e a operação da usina do tipo gradiente de salinidade.

Figura 22 - Mapa de proximidade dos exutórios



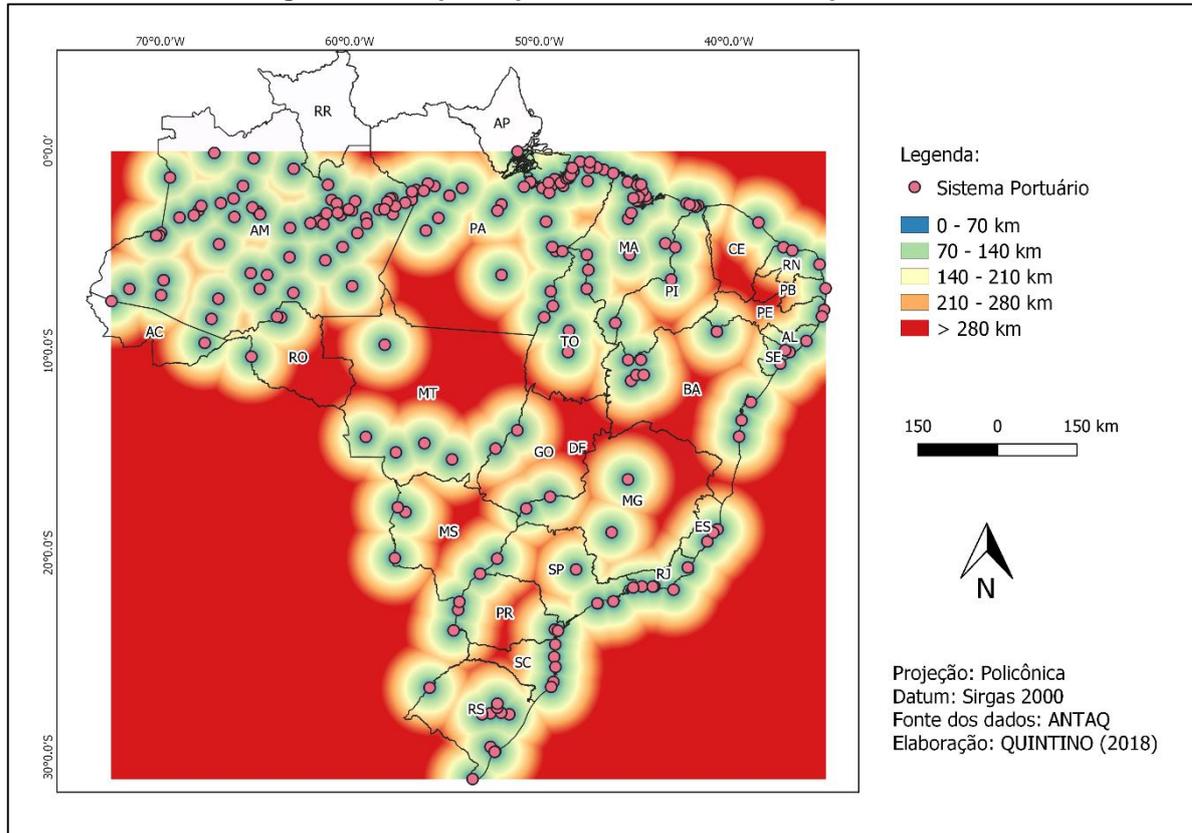
Fonte: Autoria Própria (2018)

Na Figura 23 apresenta o mapa de proximidade do sistema portuário. Entende-se que a maioria dos estados litorâneos estão adequados para a implantação salvo o estado do Amapá, a região sul dos estados da Bahia e São Paulo e a região norte do estado do Pará, que encontram-se fora da faixa de adequabilidade, ou seja, faixa maior que 5km.

Os portos, por si só são grandes geradores de impactos, pois impermeabilizam o solo, alteram o ecossistema presente, assim com o intuito de

reduzir os impactos da instalação e operação da usina, seria conveniente dispor o empreendimento em localidades em que existem portos.

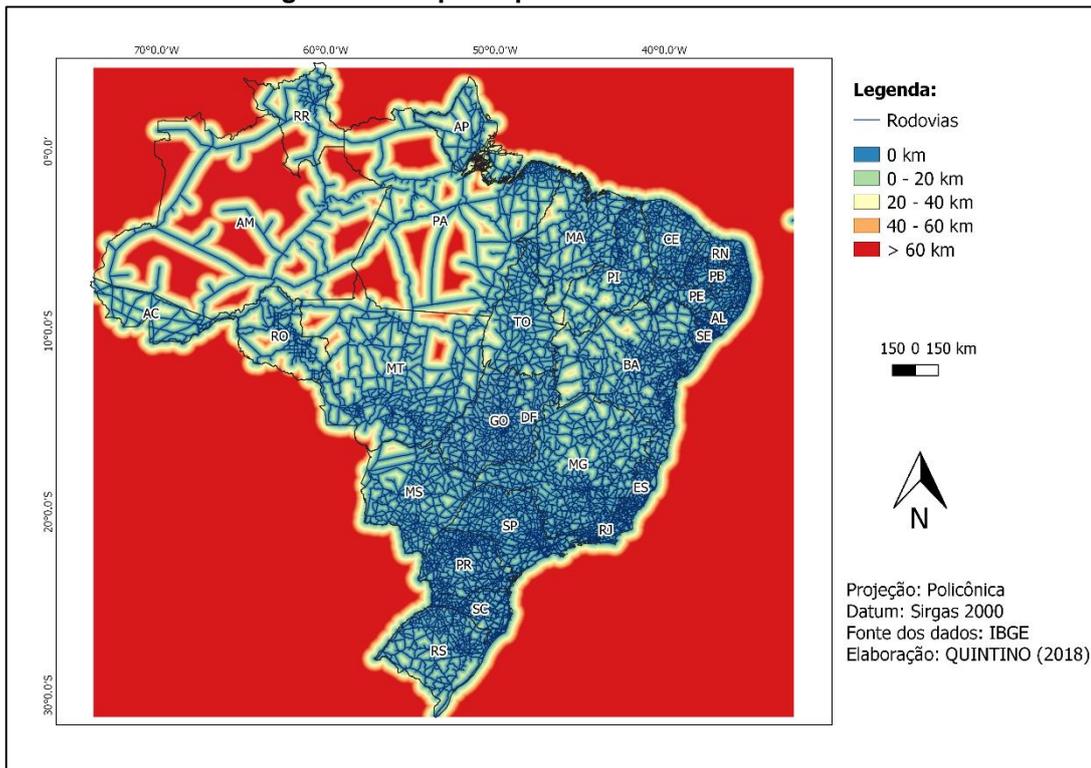
Figura 23 - Mapa de proximidade do sistema portuário



Fonte: Autoria Própria (2018)

Na Figura 24 observa-se o mapa de proximidade da rede rodoviária. Nota-se que grande parte dos estados costeiros estão adequados para a implantação, salvo os estados do Amapá e norte do Maranhão, que encontram-se fora da faixa de adequabilidade modelada como decrescente, ou seja, faixa menor que 5km, pois as rodovias, de grande parte da região da área de estudo, mais próximas de seus litorais encontram-se a uma distância em torno de 10 km, dificultando a acessibilidade ao empreendimento.

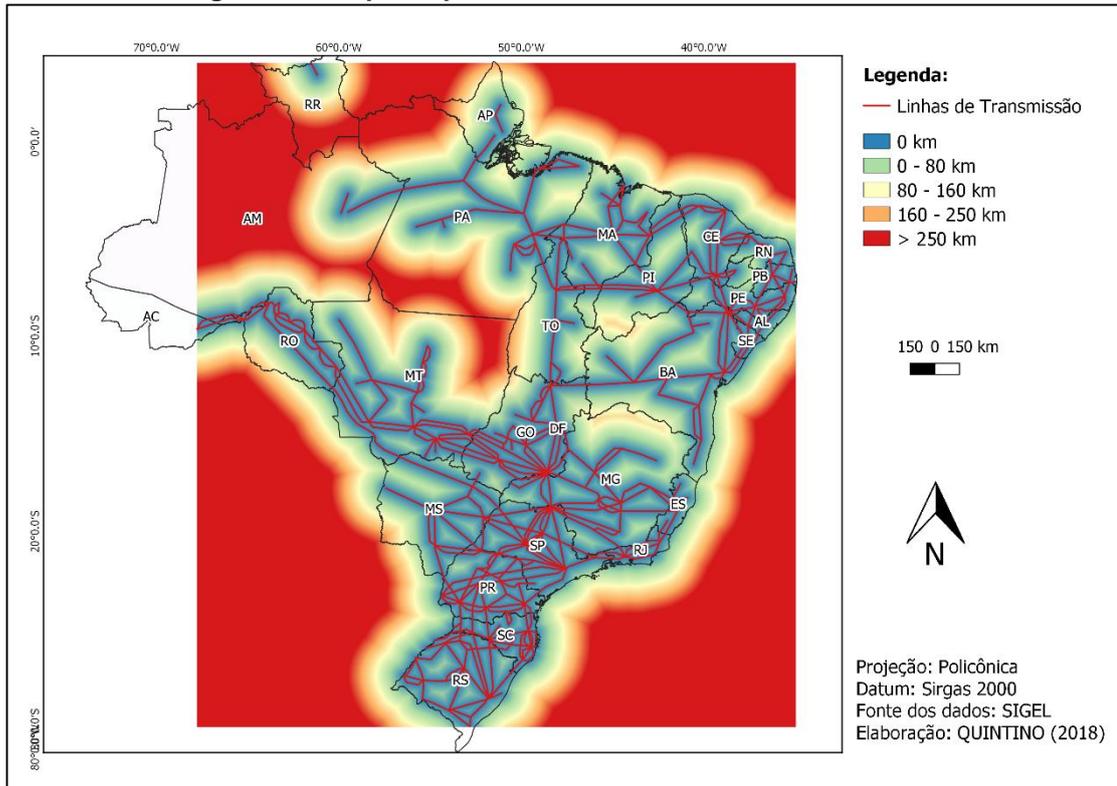
Figura 24 - Mapa de proximidade das rodovias



Fonte: Autoria Própria (2018)

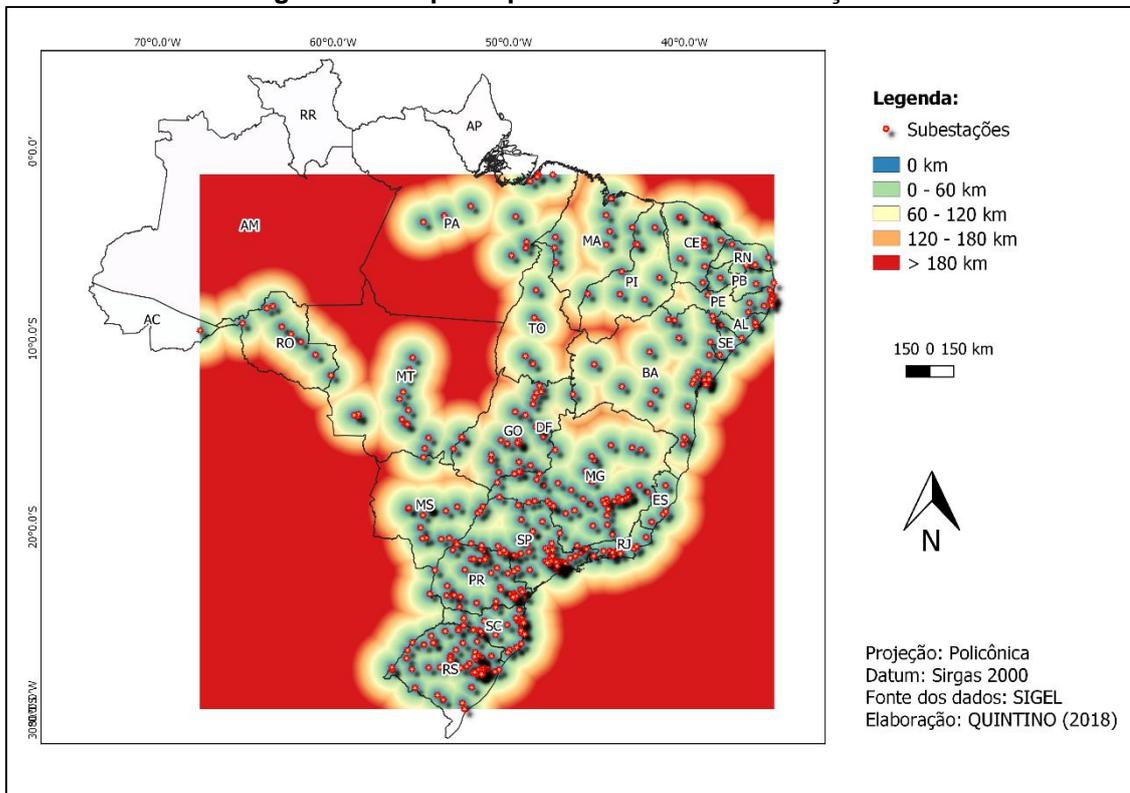
Nas Figura 25 e 26 demonstram os mapas de proximidade das linhas de transmissão e subestações, respectivamente. Interpreta-se que a maior parte da área de estudo está apta a receber as usinas, com exceção do sul do estado da Bahia, norte do Maranhão e os estados do Espírito Santo, Amapá e Pará, pois estão fora da faixa de distância máxima, que compreende um espaço maior de 5km, que por sua vez é menor que o adequado. A adequabilidade máxima pode ser observada nas demais localidades estudadas, nessas regiões a adequabilidade máxima se deve ao fato das sem as linhas de transmissão e as subestações não estarem próximas o suficiente para que a construção e operação da usina, havendo assim altas percas na distribuição elétrica.

Figura 25 - Mapa de proximidade das linhas de transmissão



Fonte: Aatoria Própria (2018)

Figura 26 - Mapa de proximidade das subestações

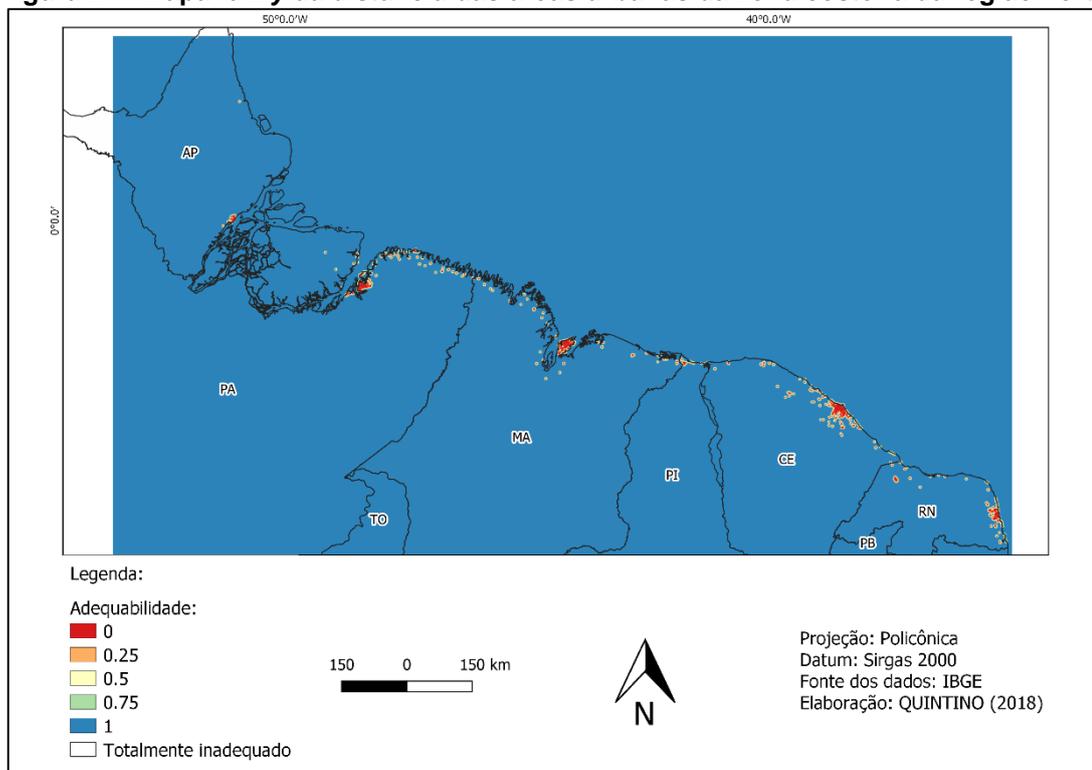


Fonte: Aatoria Própria (2018)

5.3 APLICAÇÃO DA MODELAGEM FUZZY

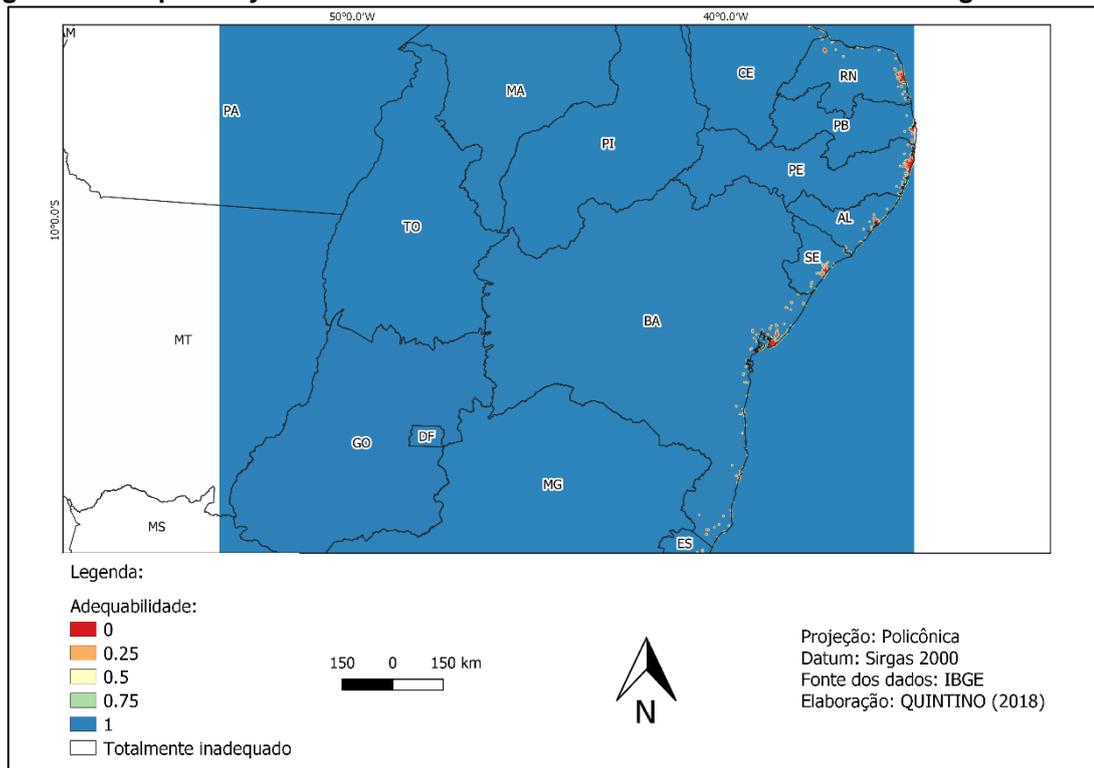
Nas Figuras 27, 28, 29 e 30 ilustram o mapa *fuzzy* do critério de áreas urbanas, sendo apresentados os mapas das regiões costeiras norte, nordeste, sudeste e sul, respectivamente. Nota-se que a maior parte da área de estudo possui adequabilidade máxima em relação a esses critérios, ou seja, igual a 1, para implantação da usina. Todavia, a adequabilidade é nula em alguns pontos, e isso ocorre pelo fato de existir áreas urbanizadas.

Figura 27 - Mapa *fuzzy* da distância das áreas urbanas da zona costeira da região norte



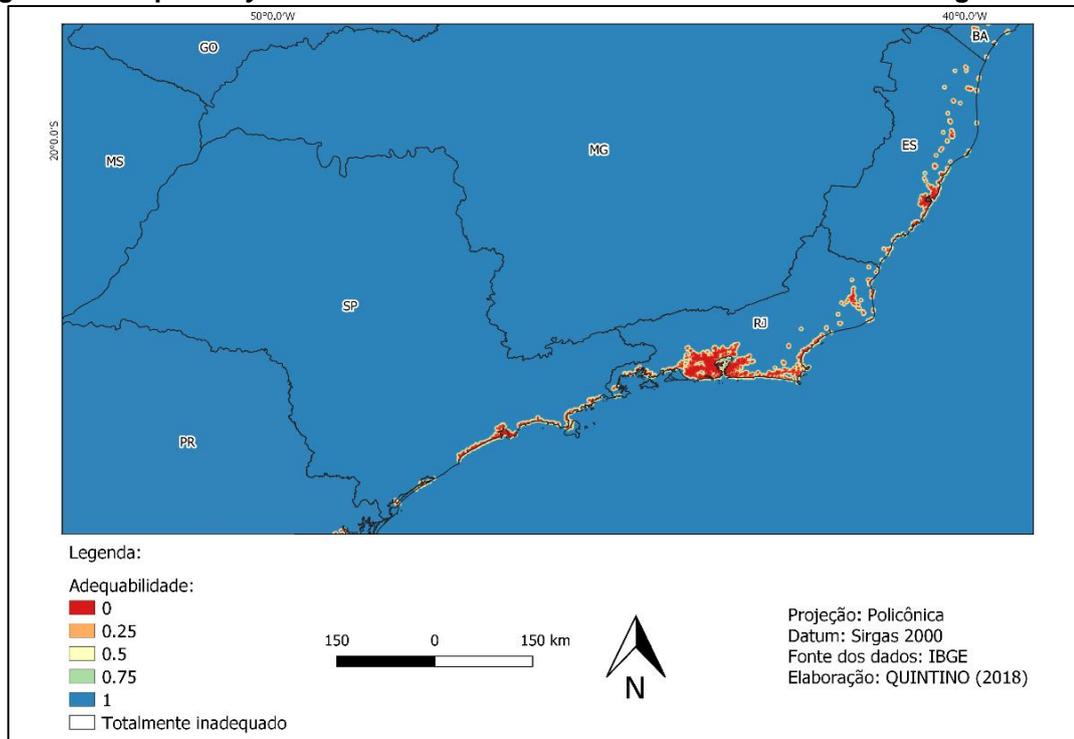
Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 28 - Mapa *fuzzy* da distância das áreas urbanas da zona costeira da região nordeste



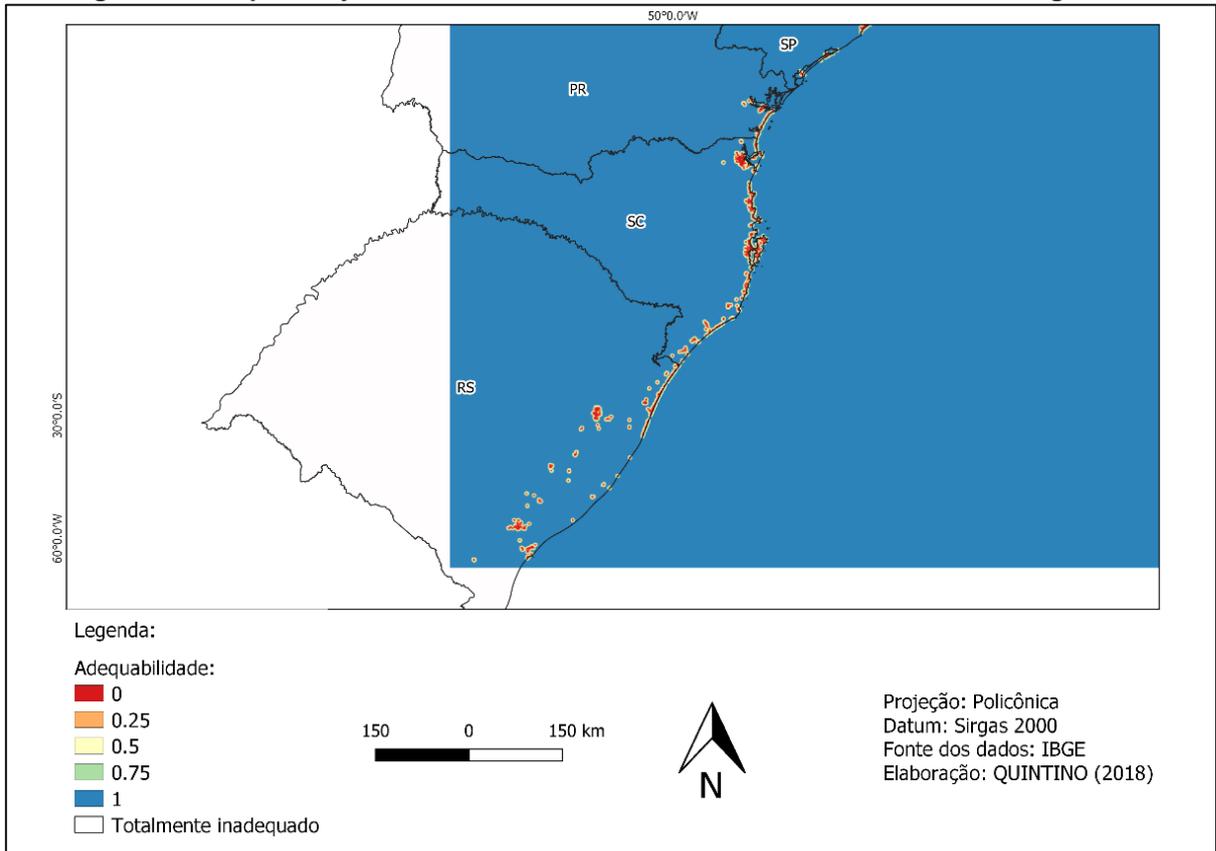
Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 29 - Mapa *fuzzy* da distância das áreas urbanas da zona costeira da região sudeste



Fonte: Autoria Própria (2018)

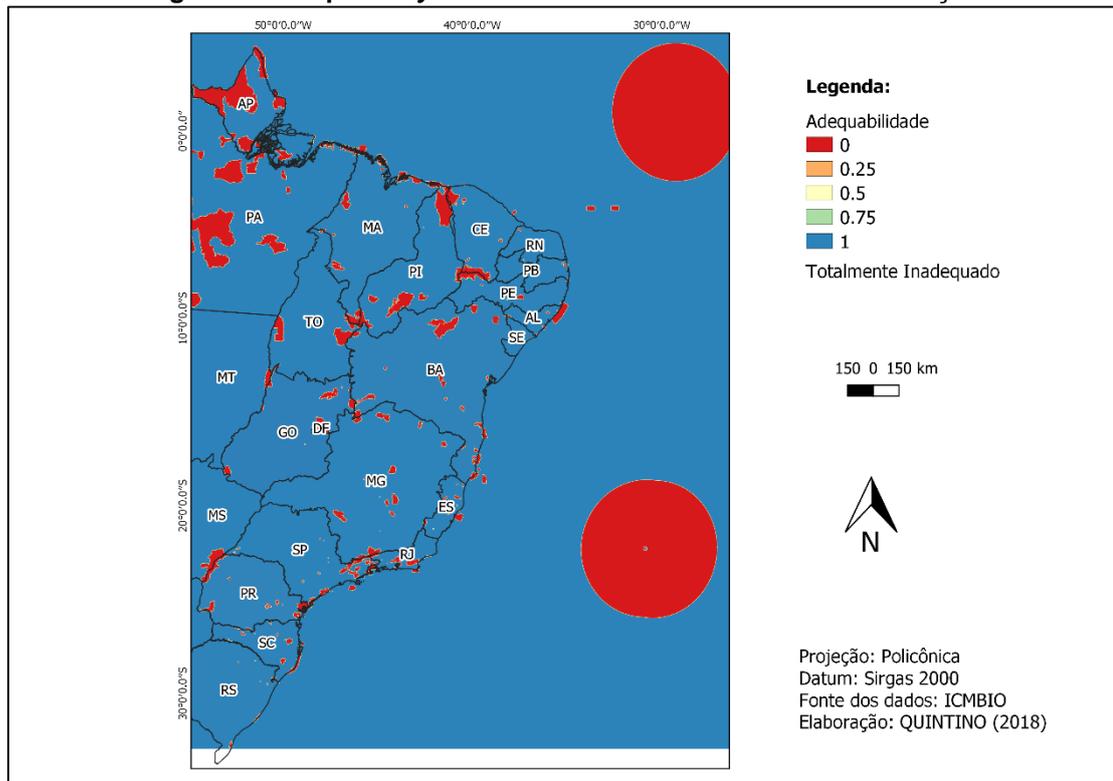
Figura 30 - Mapa *fuzzy* da distância das áreas urbanas da zona costeira da região sul



Fonte: Autoria Própria (2018)

Na Figura 31 o mapa *fuzzy* da distância das unidades de conservação é apresentado. É possível verificar que as áreas mais aptas com relação a esse critério estão concentradas na região norte do Pará, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, na região norte da Bahia e na região norte do Rio Grande do Sul. Ressalta-se as unidades de conservação são áreas restritas neste estudo.

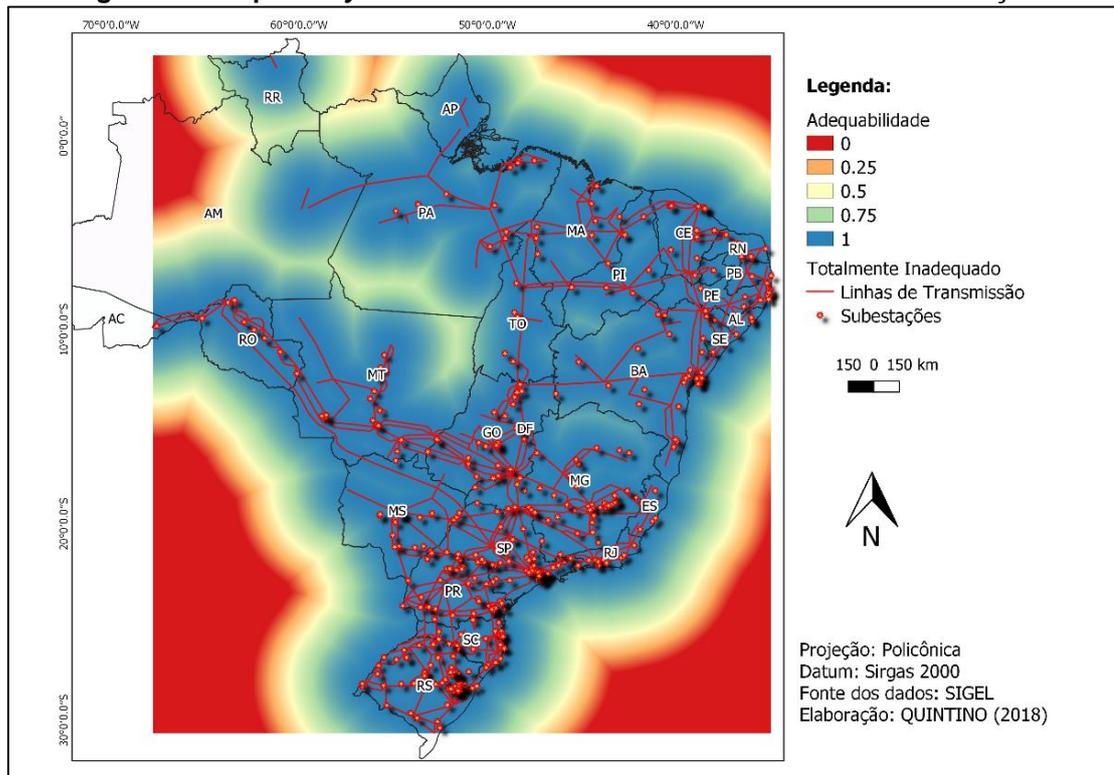
Figura 31 - Mapa *fuzzy* da distância das unidades de conservação



Fonte: Autoria Própria (2018)

Na Figura 32 ilustra-se o mapa *fuzzy* das linhas de transmissão e subestações. Com relação a esses critérios a adequabilidade máxima para implantação da usina localiza-se na maioria das regiões salvo o estado do Amapá, região norte do Pará e região sul do Rio Grande do Sul. É de grande importância salientar que existem, na legislação brasileira, diversos incentivos para implantação de empreendimentos de geração de energia elétrica com base em fontes renováveis. Mediante o exposto, podemos verificar pelo estudo técnico da câmara dos deputados, elaborado por Nascimento (2017), que esses incentivos na legislação são em relação aos descontos nas tarifas de uso dos sistemas de transmissão e distribuição (§1º do art. 26 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996) e a possibilidade de comercialização direta da energia produzida com consumidores especiais com carga acima de 500 kW (§5º do art. 26 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996).

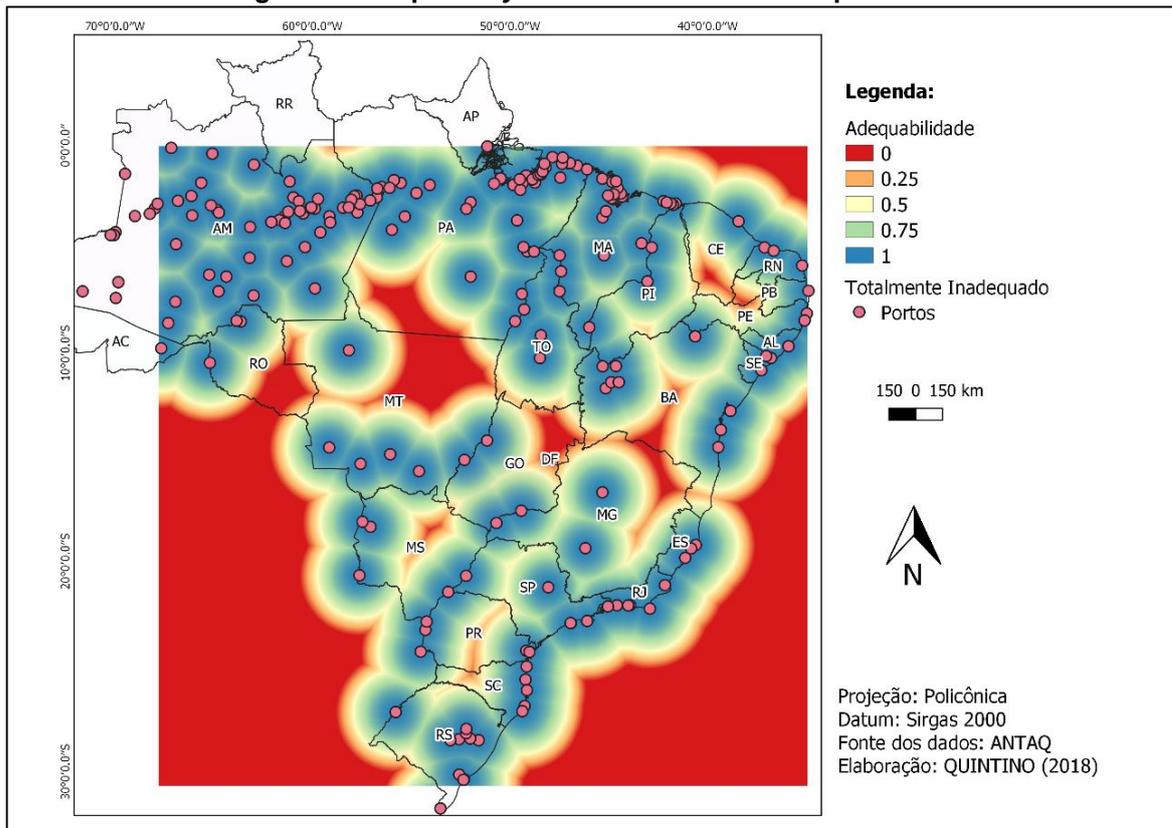
Figura 32 - Mapa *fuzzy* da distância das linhas de transmissão e subestações



Fonte: Autoria Própria (2018)

Na Figura 33 o mapa *fuzzy* da distância do sistema portuário é apresentado. As regiões com maior adequabilidade, ou seja, próximo ou igual a 1, se estendem por toda área de estudo. Entretanto, os estados do Amapá e região sul da Bahia, contam com um número menor de áreas aptas a receber a usina.

Figura 33 - Mapa fuzzy da distância do sistema portuário

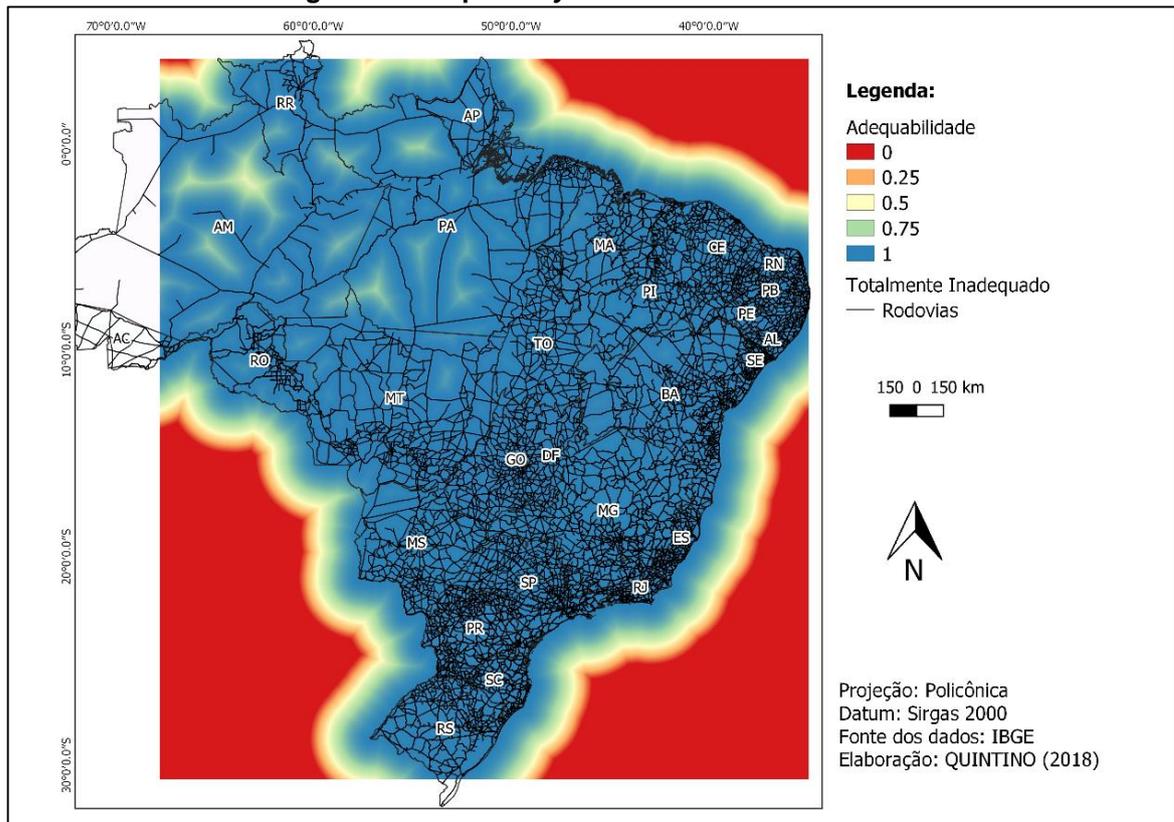


Fonte: Aatoria Própria (2018)

Na Figura 34 o mapa *fuzzy* da distância das rodovias é ilustrado. Por ser uma região com grande quantidade de rodovias, esse critério é fundamental na escolha de uma área para implantação da usina, visto que entre todos os critérios avaliados, a acessibilidade ao local de implantação é de fundamental importância para redução de custos na construção e operação do empreendimento. As regiões com maior adequabilidade, ou seja, próxima ou igual a 1, se estendem por toda área de estudo acompanhando as rodovias. Entretanto, na região sul do Rio Grande do Sul não existe rodovias, assim inviabiliza essa região de receber o empreendimento.

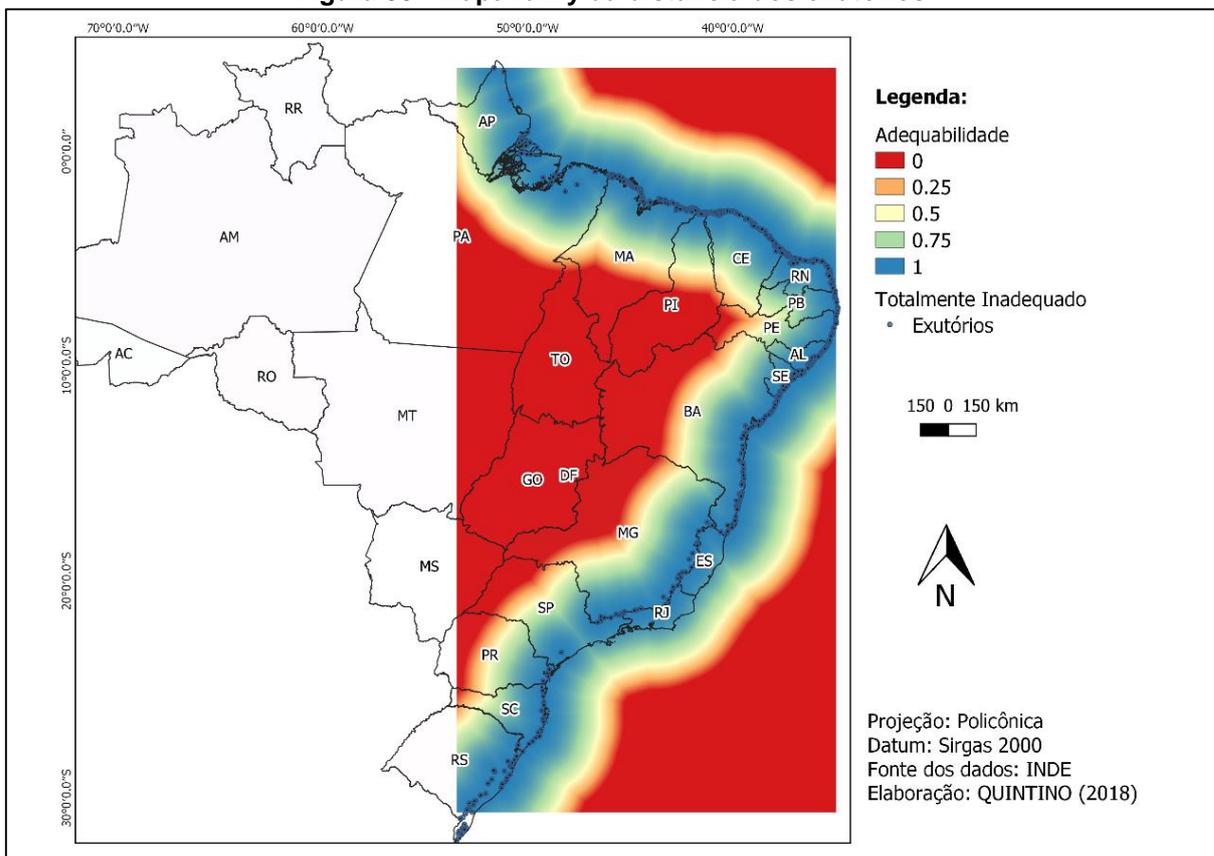
Em relação aos exutórios, como visualizado na Figura 35, nota-se que quase toda área de estudo possui adequabilidade máxima com relação a esse critério. Isso ocorre, porque a maioria dos exutórios é próxima a 5 km nessas regiões. Entretanto, alguns pontos específicos têm adequabilidade nula, ou próxima a zero, devido a existência de algumas regiões estar abaixo de 5 km de distância. Sendo assim, na área de estudo analisada nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, não são aptas a receber o empreendimento.

Figura 34 - Mapa fuzzy da distância das rodovias



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 35 - Mapa fuzzy da distância dos exutórios



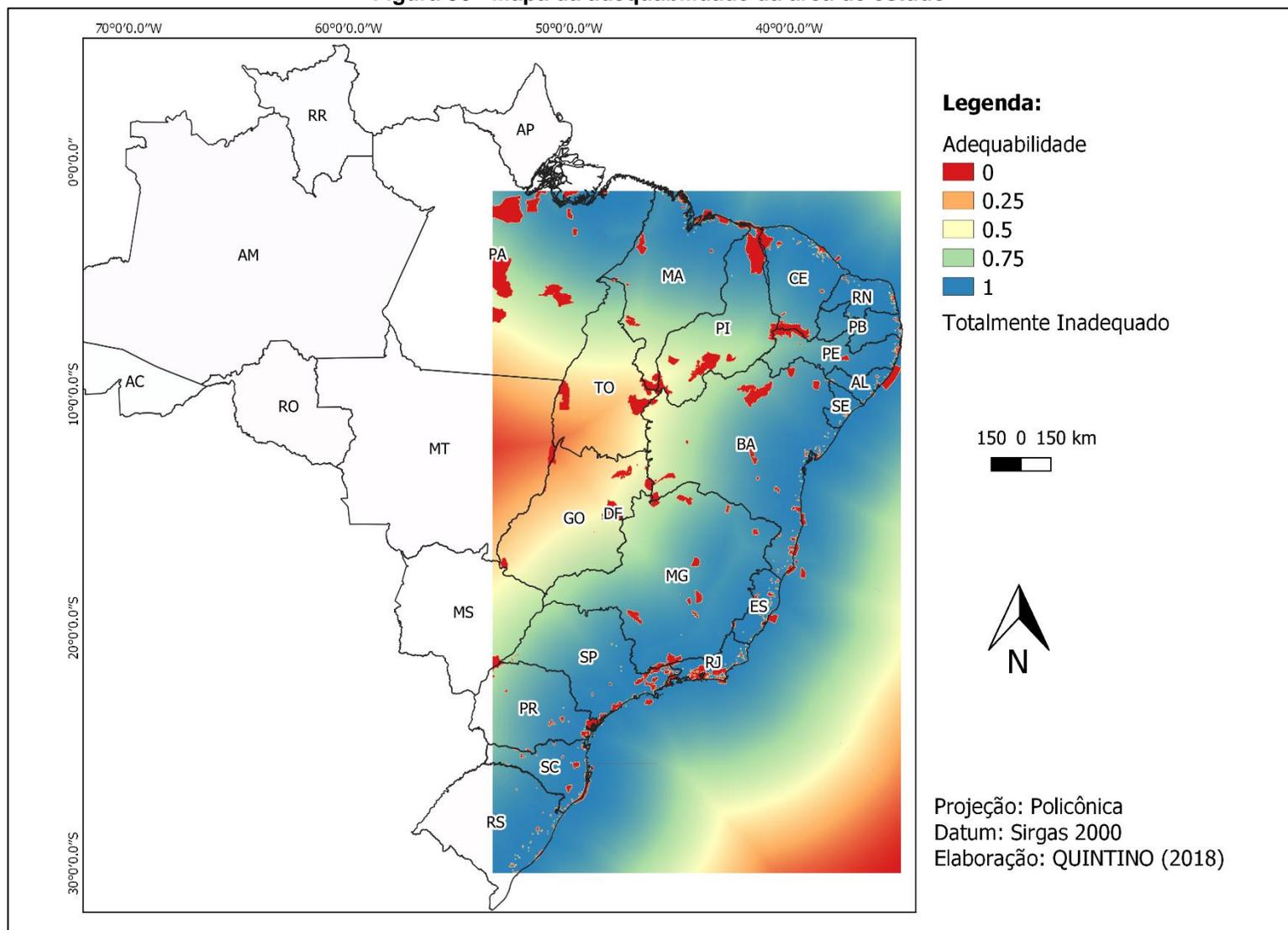
Fonte: Autoria Própria (2018)

Como resultado final, temos uma função matemática sigmoidal que combina todos os mapas *fuzzy* em um mapa *fuzzy* final, como observado na Figura 36.

Os mapas *fuzzy* para os critérios linhas de transmissão, rodovias, subestações, unidades de conservação, portos e áreas urbanizadas foram unidos e modelados matematicamente para a obtenção do mapa final, considerando o valor mínimo entre todos os mapas *fuzzy*. Os valores variam de 0 a 1, sendo 1 áreas mais aptas para a instalação de empreendimentos oceânicos e 0 áreas inaptas, lembrando que unidades de conservação e áreas urbanas são fatores restritivos, ou seja, as áreas que correspondem a esses critérios são áreas denominadas como não aptas, ou seja, valor 0.

Assim, com esse mapa foi possível encontrar os municípios costeiros que são aptos para receber o empreendimento, como apresentado no Quadro 3, o litoral dos estados do Amapá e Pará, bem como a região sul do estado do Rio Grande do Sul, não são contemplados com o mapa *fuzzy* pois não atendem algum dos critérios favoráveis a instalação, como não ter as linhas de transmissão, rodovias e os portos, em uma proximidade menor que 5km.

Figura 36 - Mapa da adequabilidade da área de estudo



Quadro 3 - Municípios aptos para a instalação das usinas oceânicas

Estado	Municípios	Extensão apta a implantação (km)
Amapá	Não há áreas aptas	-
Pará	Não há áreas aptas	-
Maranhão	Paulino Neves, região sul de Barreirinhas, Alcântara, Guimarães, Cedral, Porto Rico do Maranhão, Turiaçu, Candido Mendes, Godofredo Viana, Luís Domingues, Carutapera	374,370
Piauí	Não há áreas aptas	-
Ceará	Icapuí, Aracati, Itapipoca, Amontada, Itapema, Camocim	283,407
Rio Grande do Norte	Maxaranguape, Rio do Fogo, São Miguel do Gostoso, Baía Formosa, Senador Georgino Avelino, São Bento do Norte, Caiçara do Norte, Galinhos, Macau, Porto do Mangue, Areia Branca	235,679
Paraíba	Baía da Traição, Mataraca	45,981
Pernambuco	Região sul de Sirinhaém	11,434
Alagoas	Coruripe, Roteiro	20,445
Sergipe	Estância, Itaporanga d'Ájuda, Brejo Grande	39,534
Bahia	Região sul de Belmonte, Ilhéus, Uruçuca, Itacaré, Maraú, Igrapiúna, Ituberá, Cairu, Valença, Jaguaripe, Entre Rios, Esplanada, Conde, Jandaíra	203,317
Espirito Santo	Linhares, região norte de Anchieta, região sul de São Mateus, região norte de Conceição da Barra,	383,916
Rio de Janeiro	Região sul de Mangaratiba, região norte de Quissamã, região sul de Campos dos Goytacazes	53,825
São Paulo	Região norte de Iguape, região norte do Guarujá,	69,375
Paraná	Paranaguá	6,550
Santa Catarina	Araquari, região sul do município de Balneário Arroio do Silva	61,077
Rio Grande do Sul	Chuí, Santa Vitória do Palmar, Rio Grande, São José do Norte, região norte do município de Mostarda	163,846

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Como é possível notar pelo Quadro 3 e Figura 36, os litorais dos estados do Piauí, Pará e Amapá estão na parte de coloração vermelha no mapa e, portanto, não possuem área potencial para a instalação da usina oceânica. Em relação a região costeira do Maranhão e Espírito Santo, possuem as maiores extensões de comprimento de costa litorânea, viabilizando assim a instalação do empreendimento.

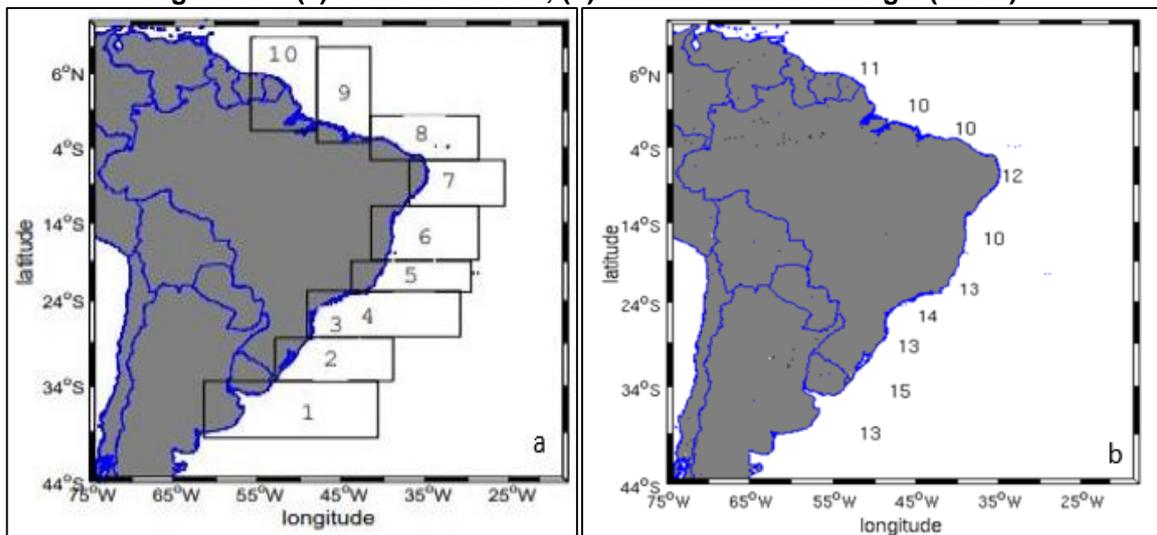
Ressaltando que para todos os municípios citados no Quadro 3, o grau de aptidão é igual a 1, para todos os tipos de usinas oceânicas (usina de correntes de maré, ondas, energia potencial de maré, gradiente de salinidade, gradiente de temperatura).

5.4 POTENCIAL PARA IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS OCEÂNICOS

A fim de refinar os resultados, e considerando os resultados obtidos por Carvalho (2010), o qual calculou a potência das ondas ao longo da costa Brasileira, foi comparado se as áreas que foram apresentadas como aptas a receber a instalação das usinas, do tipo usina de ondas, são de fato potenciais áreas para geração de energia.

A Figura 37a representa a área de estudo utilizada por Carvalho (2010), o qual contempla o norte da Argentina, Uruguai, Guiana Francesa e parte do Suriname, além dos estados costeiros do Brasil. No presente trabalho, todavia, foi utilizado como estudo apenas as áreas litorâneas do Brasil que corresponde as áreas 2 até 10. Na Figura 37b nota-se as médias anuais de energia para cada área de estudo, e na Tabela 2 é possível verificar quantos metros de litoral essas áreas correspondem e suas respectivas potências.

Figura 37 – (a) Áreas de estudo; (b) - Média Anual de Energia (kW/m)



Fonte: Carvalho (2010)

Por meio da Tabela 2 pode-se encontrar os municípios com maior potencial para implantação, que são os municípios correspondentes a área 8, devido a sua média anual de energia e a extensão disponível.

Tabela 2 - Regiões para a instalação das usinas oceânicas e suas potências

Área	Região	Extensão da região apta para implantação (km)	Potência Média Anual por extensão da zona costeira (kW/m)	Potência Total Anual (GW)
2	*região costeira do Rio Grande do Sul e o sul de Santa Catarina	186,074	15*	2,79
3	*região central litorânea do estado de Santa Catarina e a região sul do estado do Rio de Janeiro	69,375	13*	0,90
4	*região costeira central do estado do Rio de Janeiro	Não há áreas aptas	14*	-
5	*região entre o norte do litoral do Rio de Janeiro e centro-sul do litoral do Espírito Santo	67,823	13*	0,88
6	*região costeira centro-norte do Espírito Santo, a região costeira da Bahia, até a região costeira sul do Estado de Sergipe	3077,386	10*	30,77
7	*região litorânea norte do estado de Sergipe até a região sul da costa do Rio Grande do Norte	129,067	12*	1,55
8	*região costeira do norte do estado do Rio Grande do Norte até a região costeira do Ceará e do Piauí	11201,431	10*	112,01
9	*estado do Maranhão e parte da região costeira do Pará	374,370	10*	3,74
10	*parte do estado do Pará, Amapá, Guiana Francesa e parte da região costeira do Suriname	Não há áreas aptas	11*	-

Fonte: *Adaptado Carvalho (2010)

Assim, com a Tabela 3 é possível concluir que os dois municípios que tem o melhor potencial para extração de energia por meio de usinas oceânicas são os municípios de Areia Branca no estado do Rio Grande do Norte e Camocim no estado do Ceará.

Tabela 3 - Municípios dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte aptos para a instalação das usinas oceânicas

Estado	Municípios	Extensão apta à implantação (km)	Potência Anual (MW)
Ceará	Icapuí	17,899	178,99
	Aracati	26,746	267,46
	Itapipoca	20,591	205,91
	Amontada	22,686	226,86
	Itarema	30,059	300,59
	Camocim	47,130	471,30
Rio Grande do Norte	Maxaranguape	13,787	137,87
	Rio do Fogo	14,844	148,44
	São Miguel do Gostoso	19,108	191,08
	Baia Formosa	10,421	104,21
	Senador Georgino Avelino	4,811	48,81
	São Bento do Norte	14,843	148,43
	Caíçara do Norte	7,656	16,56
	Galinhos	21,594	215,59
	Macau	22,316	223,16
	Porto do Mangue	21,081	210,81
Areia Branca	29,197	291,97	
Total		344,769	3388

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6 CONCLUSÃO

A análise multicritério se mostrou eficaz na identificação das áreas com maior potencial para implantação de empreendimentos de energia oceânica, assim o estudo conseguiu identificar áreas com elevado potencial para implantação que ainda não foram consideradas nos projetos em planejamento para futuros empreendimentos.

Os fatores estudados demonstraram ser de grande relevância para a identificação das potenciais áreas para a implantação. Entretanto, mesmo com os benefícios ambientais, é aconselhável um estudo mais detalhado da área de instalação considerando outros fatores, como altura das ondas, velocidade dos ventos os quais necessitam de modelagem numérica.

Verificou-se que no Brasil, há um grande potencial a ser explorado conforme apresentado nas áreas definidas como aptas para a instalação, totalizando 3388 MW, o qual corresponde a aproximadamente 2,4% da atual capacidade instalada da matriz energética brasileira.

Além disso, verificou-se que as ferramentas de geoprocessamento são grandes aliadas para gestão do planejamento urbano, pois é possível abordar e integrar diversos fatores necessários para as áreas estudadas, bem como, auxiliar na diversificação da base de dados já existente.

REFERÊNCIAS

- (IEA), Agência Internacional de Energia. **Ocean Energy Systems**. 2017. Disponível em: <<https://www.ocean-energy-systems.org/>>. Acesso em: 03 jun. 2018.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. – Brasília: Aneel, 2008. 236 p. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Geoprocessamento de Informações Energéticas. In: Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: Aneel, 2002. p. 2. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 13 maio 2018.
- ANTAQ, Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **PNIH - Plano Nacional de Integração Hidroviária**. 2016. Disponível em: <<http://antaq.gov.br/Portal/PNIH.asp>>. Acesso em: 03 jun. 2018.
- Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016. **Empresa de Pesquisa Energética**. – Rio de Janeiro : EPE, 2017.
- BISPO, Antônio Derick Ribeiro et al. ESTUDO DA EXPLORAÇÃO, GERAÇÃO DE ELETRICIDADE, IMPACTOS AMBIENTAIS E VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS DA ENERGIA DE MAREMOTRIZ. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Aracaju, v. 3, n. 2, p.75-86, mar. 2016. Semestral. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/view/2808/1701>>. Acesso em: 22 ago. 2017.
- CALDAS, Leidiana da Silva T.; RANGEL, Paola Salles; RIDOLPHI, Ramon Montezano. Energia maremotriz e suas diretrizes: a reutilização da energia, de forma renovável, economicamente vantajosa e limpa. p.191-198, out. 2010.
- CAMPOS, Adriana Fiorotti et al. Um paronama sobre a energia geotérmica no Brasil e no Mundo: Aspectos ambientais e econômicos. **Revista Espacios**, v. 38, n. 01, out. 2016.
- CARVALHO, Jonas Takeo. **Simulação da distribuição de energia das ondas oceânicas ao largo do litoral brasileiro**. 2010. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Inpe, São José dos Campos, 2010.
- CAVALCANTE, Rodrigo; SILVA, Geraldo Ângelo. **Introdução ao SIG**. Belo Horizonte: Ufmg, 2015. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/Apostila-de-Introdução-ao-SIG-Proplan-2015.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2018.
- CHARLIER, R. H. **SUSTAINABLE CO-GENERATION FROM THE TIDES: A REVIEW**. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews. New York: Ed. Elsevier Science, 2003. v.7. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032103000790>>. Acesso em 17 jul. 2018

COMISSÃO EUROPÉIA. **Energia dos oceanos**. Portugal. 2018. Disponível em: <https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/ocean_energy_pt>. Acesso em: 03 jun. 2018.

CONSTANTINO, Graciano. **Escócia Está a Construir a Primeira Usina de Energia Das Marés do Mundo – Poderá Abastecer 175.000 Casas**. 2016. Disponível em: <<https://gracianoconstantino.com/2016/10/26/escocia-esta-a-construir-a-primeira-usina-de-energia-das-mares-do-mundo-podera-abastecer-175-000-casas/>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

COPPE, UFRJ. **Usina de Ondas**. Disponível em: <<http://www.coppe.ufrj.br/pt-br/a-coppe/coppe-produtos/usina-de-ondas>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

COPPE/UFRJ. **Clima & Energia: a coppe e os desafios da mudança climática**. 2013. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.coppe.ufrj.br/sites/default/files/coppe2011_leitura.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2018.

COPPE/UFRJ. **Pesquisadores da COPPE definem últimos procedimentos para construção de Usina de Energia das Ondas**. 2013. Disponível em: <<http://www.coppe.ufrj.br/pt-br/planeta-coppe-noticias/noticias/pesquisadores-da-coppe-definem-ultimos-procedimentos-para-construcao>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

COPPE/UFRJ. **Rio de Janeiro terá geração de energia pelas ondas do mar**. 2013. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.coppe.ufrj.br/pt-br/planeta-coppe-noticias/noticias/rio-de-janeiro-tera-geracao-de-energia-pelas-ondas-do-mar>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

COPPE/UFRJ. **Usina de Ondas**. 2013. Disponível em: <<http://www.coppe.ufrj.br/pt-br/a-coppe/coppe-produtos/usina-de-ondas>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

COSTA, Ricardo Cunha da; PRATES, Cláudia Pimentel Trindade. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, mar. 2005. . Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2436>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

CRUZ, J. M. P.; SARMENTO, A. J. N. A. **Energia das Ondas: Introdução aos aspectos tecnológicos, económicos e ambientais**. Instituto do Ambiente. 2004. Disponível em: <http://energiasrenovaveis.com/images/upload/Energias_ondas_Cruz_1.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2017.

DOMINGOS, A. M. **Geração maremotriz estudo da viabilidade técnica e econômica da implantação hipotética de geradores maremotrizes no estreito entre as baías norte e sul da ilha de Santa Catarina**. Cadernos Acadêmicos, Palho.a-SC, 2013.

DPI/INPE. Divisão de Processamento de Imagens. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Introdução ao Geoprocessamento**. 2018. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html>. Acesso em: 13 maio 2018.

DPI/INPE. **Introdução ao Geoprocessamento**. São José dos Campos: Inpe, 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html>. Acesso em: 03 jun. 2018.

EASTMAN, J. R. 1999. **Idrisi32**. Guide to GIS and image processing Vol 1 and Vol 2. Clark University, Worcester, MA.

ECO4U. **Ceará será o primeiro estado do país a produzir energia elétrica a partir da água do mar**. Disponível em: <<https://eco4u.wordpress.com/2010/11/08/ceara-sera-o-primeiro-estado-do-pais-a-produzir-energia-eletrica-a-partir-da-agua-do-mar/>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2017**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2017. 61 p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese do Relatório Final_2017_Web.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2017.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Eólica**. Ed1, Ed. Manole, 282p., São Paulo, 2011.

FERREIRA, R. M. da S. do A. **Aproveitamento da energia das marés: estudo de caso Estuário do Bacanga, MA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia naval e oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

FLEMING, Fernanda Pereira. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ENERGIAS OCEÂNICAS NO BRASIL**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/fernanda_fleming.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2018.

FREITAS, Luana Lima de; PROGÊNIO, Mayke Feitosa. **Energia maremotriz: aspectos básicos para geração de eletricidade**. In: II CONGRESSO AMAZÔNICO DE MEIO AMBIENTE & ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2016, Belém. **Anais Eletrônicos**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2016. Disponível em: <<https://even3.azureedge.net/anais/30872.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

IBGE. **CENSO**. 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?t=destaques&c=41>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **O futuro que queremos**: Economia verde, desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza. 2018. Disponível em: <<http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/RIO+20-web.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2018.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA. **Ocean Energy**. Disponível em: <<http://www.irena.org/ocean>>. Acesso em: 01 out. 2018.

LIMA, Shigeaki Leite et al. Planta Piloto Maremotriz do Bacanga. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 18., 2005, São Luís. **Anais Eletrônicos**. Curitiba, 2005. p. 1 - 7. Disponível em:

<<http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20081204093511-GPT29.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D. (Eds) **Geographical Information Systems: Principles and Application**. 2 Vol., Longman Scientific & Technical, 1991.

MOREIRA, Fábio Roque; CÂMARA, Gilberto; ALMEIDA FILHO, Raimundo. **Técnicas de Suporte a Decisão para Modelagem Geográfica por Álgebra de Mapas**. São José dos Campos: Inpe, 2001. 121 p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geopro/modelagem/relatorio_suporte_decisao.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2018.

MOREIRA, Fábio Roque. Inferência geográfica e suporte à decisão. In: INPE. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: Divisão de Processamento de Imagens, 2015. Cap. 9. p. 91-949. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap9-inferencia.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

NASCIMENTO, R. L. **APROVEITAMENTO DA ENERGIA DOS OCEANOS PARA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2017.

NEVES, Ricardo Nuno Freitas. **Energia das Marés e Ondas**. Porto: Feup - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

NOLASCO-CARVALHO, Claudia C.; FRANCA-ROCHA, Washington; UCHA, José M.. **Mapa digital de solos: Uma proposta metodológica usando inferência fuzzy**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 13, n. 1, p.46-55, 15 maio 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n1/v13n01a07.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

OLIVEIRA, Bruna Alves de. Variabilidade do clima de ondas de santa catarina - Brasil utilizando o modelo WAVEWATCH III. 2017. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

OLIVEIRA NETTO, A. A. de. **Metodologia da pesquisa científica: guia prático para a apresentação de trabalhos acadêmicos**. 3. ed. rev. e atual. Florianópolis: Visual Books, 2008.

OLIVEIRA, Luciana Leal Pimentel; BLANCO, Claudio José Cavalcante; MESQUITA, André Luiz Amarante. Metodologia para projetos de centrais maremotrizes. **Revista Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 18, n. 33, p.55-64, jul./dez., 2015. Disponível em: <http://www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/452/pdf_31>. Acesso em: 22 ago. 2017.

OLIVEIRA, Rafael Mendonça. **Energias Oceânicas: arcabouço legal e entraves a serem superados para o desenvolvimento no Brasil**. 2016. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energia e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016. Disponível em: <<http://tedebc.ufma.br:8080/jspui/bitstream/tede/1552/2/RafaelMendoncaOliveira.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

PORTO, Marcelo Firpo de Souza; FINAMORE, Renan; FERREIRA, Hugo. Injustiças da sustentabilidade: Conflitos ambientais relacionados à produção de energia “limpa” no Brasil. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, [s.l.], n. 100, p.37-64, 1 maio 2013. OpenEdition. .

RIO+20. **A ENERGIA QUE VEM DO MAR - USINA DE ONDAS**. 2012. Disponível em: <<http://www.coppenario20.coppe.ufrj.br/?p=805>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

ROSSONI, Fábio. **ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DE PARQUE EÓLICO NA MICROREGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ E OESTE DE SANTA CATARINA**. 2013. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

SANTOS, Fernanda Barbosa Silva; MOREIRA, Ícaro Thiago Andrade. VIABILIDADE DA MAREMOTRIZ EM ALGUMAS DAS REGIÕES LITORÂNEAS DO NORDESTE DO BRASIL. **Revista Eletrônica de Energia**, Salvador, v. 5, n. 2, p.71-78, jul./dez., 2015. Disponível em: <<http://revistas.unifacs.br/index.php/ree/article/view/3907/2818>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

SAVEDRA, O. R. **Potencial Energético do Maranhão: Energias Oceânicas**. São Luis: Universidade Federal do Maranhão, 2016.

SELIN, Noelle Eckley. **Energia das marés**. 2017. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/tidal-power>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

SESMIL, Edson Luís Fernandes. **ENERGIA MAREMOTRIZ: IMPACTOS AMBIENTAIS E VIABILIDADE ECONÔMICA NO BRASIL**. 2013. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Fontes Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4529/1/TCC_Energia maremotriz: impactos ambientais e viabilidade econômica no Brasil](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4529/1/TCC_Energia%20maremotriz%3A%20impactos%20ambientais%20e%20viabilidade%20econ%C3%B4mica%20no%20Brasil)>. Acesso em: 22 ago. 2017

SILVA, Rodrigo Guerreiro e. A GERAÇÃO DE ENERGIA MAREMOTRIZ E SUAS OPORTUNIDADES NO BRASIL. **Revista Ciências do Ambiente On-line**, Campinas, v. 8, n. 2, p.82-87, out. 2012. Disponível em: <<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/viewFile/337/265>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

SIMÃO, Leonardo da Costa et al. MODELAGEM MATEMÁTICA E HIDRODINÂMICA DO SISTEMA DE ACOPLAMENTO MAREMOTRIZ-GERADOR. **Augusto Guzzo Revista Acadêmica**, [s.l.], v. 2, n. 16, p.269-293, 29 dez. 2015. Revistas Integradas Campos Salles. <http://dx.doi.org/10.22287/ag.v2i16.298>. Disponível em: <http://www.fics.edu.br/index.php/augusto_guzzo/article/view/298>. Acesso em: 22 ago. 2017.

SORENSEN, B. *Renewable Energy*. New York: Ed. Elsevier Academic Press, 2004.

SOUZA, Osmar do Nascimento. **Introdução à Teoria dos Conjuntos Fuzzy**. Londrina: UEL, 2010. 15 p. Disponível em: <<http://www.ime.unicamp.br/~valle/PDFfiles/osmar10.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

Tanscheit, R. Fundamentos da lógica Fuzzy e controle Fuzzy. Disponível em: <<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/sumar/ensino/sistemas-fuzzy/sistemas-fuzzy/ICA-Sistemas%20Fuzzy.pdf>>. Acesso em 03 out. 2018.

TEIXEIRA, Alessandra Zarpellon. BRETAS, Tatiane Barbosa. **ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DA GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS REFRIGERADOS**. 2016. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Química- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). – EPE: Rio de Janeiro, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Laboratório de Unidades de Conservação**. 2018. Disponível em: <<http://www.conservation.ufpr.br/index.php/mapas-com-as-ucs/>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Curitiba: UTFPR, 2009.

VELLOSO, Maria Francisca Azeredo. **POSSIBILIDADE DE GERAÇÃO HÍBRIDA HIDRO-SOLAR NA BACIA DO SÃO FRANCISCO**. 2017. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência do Sistema Terrestre, Inpe, São José dos Campos, 2017. Disponível em: <<http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/05.18.18.28/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

WALKER, Leonardo F. **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ÚNICO E DOIS ESTÁGIOS EM CONEXÃO COM A REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**. 2016. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

WAVE ENERGY CENTRE. **Potencial e Estratégia de desenvolvimento da energia das ondas em Portugal**. Portugal, 2004. 72 p. Disponível em: <http://www.wavec.org/content/files/DGGE_relatorio_completo_2004.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2017.

WaveWatch III (WW3) Global Wave Model. In: ERDDAP. Disponível em: <https://bluehub.jrc.ec.europa.eu/erddap/griddap/NWW3_Global_Best.html>. 2009. Acesso em 22 ago. 2017.

WTE – WYRE TIDAL ENERGY. **La Rance Barrage**. Disponível em: <<http://www.wyretidalenergy.com/tidal-barrage/la-rance-barrage>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

WORLD ENERGY COUNCIL. **World Energy Resources**. Disponível em: <<https://www.worldenergy.org/work-programme/strategic-insight/survey-of-energy-resources-and-technologies/>>. Acesso em: 01 out. 2018.