



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ANIMAIS
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

Francisca Dalvanice de Lima

**Mapeamento das áreas de apicun disponíveis para carcinicultura no Estado do
Ceará, Brasil**

MOSSORÓ

2023

Francisca Dalvanice de Lima

**Mapeamento das áreas de apicum disponíveis para carcinicultura no Estado do
Ceará, Brasil**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Taygra
Vasconcelos Fernandes.

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L732m Lima, Francisca Dalvanice de.
Mapeamento das áreas de apicum disponíveis para
carcinicultura no Estado do Ceará, Brasil /
Francisca Dalvanice de Lima. - 2023.
61 f. : il.

Orientador: Rogério Taygra Vasconcelos
Fernandes.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia de
Pesca, 2023.

1. camarão; . 2. geoprocessamento; . 3.
manguezal; . 4. gerenciamento.. I. Fernandes,
Rogério Taygra Vasconcelos, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Francisca Dalvanice de Lima

**Mapeamento das áreas de apicun disponíveis para carcinicultura no Estado do
Ceará, Brasil**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Pesca.

Defendida em: 13/10/2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ROGERIO TAYGRA VASCONCELOS FERNANDES**
Data: 18/10/2023 14:36:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes (UFERSA)
Presidente

**DANIELA DA COSTA LEITE
COELHO**

Assinado de forma digital por DANIELA
DA COSTA LEITE COELHO
Dados: 2023.10.18 14:57:38 -03'00'

Profa. Dra. Daniela da Costa Leite Coelho (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **AMBROSIO PAULA BESSA JUNIOR**
Data: 18/10/2023 15:21:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ambrósio Paula Bessa Junior (UFERSA)
Membro Examinador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu filho Ravi e a minha família, sem vocês a minha vida seria muito cinza, obrigada por cada cor que dão aos meus dias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, sem Ele, este momento da minha vida não seria possível, foi meu suporte em momentos que ninguém poderia ser, sabia todas as coisas e me deu todo conforto necessário para prosseguir meu caminho.

Agradeço a minha família, minha mãe Dalvina, meu pai Francinaldo, meu irmão Daniel, minha irmã de outra de mãe, Dayane, meu tio Ivanilson e Leninha por todo amor, carinho, força, puxões de orelha e compreensão ao longo desses anos e principalmente neste momento, sem vocês, eu também não teria conseguido.

Agradeço ao meu filho, Ravi, que embora ainda não tenha nascido, me deu a maior força e sem dúvidas a maior das motivações para concluir essa jornada.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Rogério Taygra, por toda paciência, compreensão, e encorajamento, todas as conversas sempre muito objetivas e todas muito bem-postas em cada momento, foram fundamentais para o tão sonhado Trabalho de Conclusão de Curso, sua calma, tranquilidade e empatia, permite que esse momento de grande ansiedade seja amenizado e até descontraído, é um excelente orientador.

Agradeço a Banca Examinadora, Profa. Daniela Leite e o Prof. Bessa, pela disponibilidade em participar desse momento e colaborar com essa etapa tão importante, foram meus professores ao longo do curso e muito importantes na minha jornada acadêmica.

Agradeço aos meus professores da graduação, cada um deles teve um papel na minha formação, alguns tive mais tempo de contato, mais conversas, como o Ivanilson Maia, Cristiano, Inês, Socorro... outros foram mais sala de aula e conteúdo, mas cada um deixou algo importante que me acompanhará ao longo da vida.

Agradeço a UFRSA, pois foi minha segunda casa nesses 5 anos de graduação, e aos meus colegas de curso, pois me proporcionaram momentos únicos de alegria, aprendizado, colaboração e descontração, necessários na vida de todo estudante.

The sea is emotion incarnate. It loves, hates, and weeps. It defies all attempts to capture it with words and rejects all shackles. No matter what you say about it, there is always that which you can't.

Christopher Paolini

RESUMO

A carcinicultura cresceu rapidamente nas últimas décadas, com uma taxa média de crescimento de 36% entre 2015 e 2019, tornando-se uma atividade proeminente na aquicultura global. O Estado do Ceará desempenha um papel significativo nesse setor, sendo o maior produtor de camarões do Brasil. No entanto, essa atividade enfrenta desafios significativos, principalmente devido à sua localização em áreas de apicuns, que fazem parte do ecossistema de manguezais, onde o crescente desenvolvimento dessa atividade tem causado impactos negativos nesses ecossistemas, exigindo uma gestão mais eficaz dessas áreas. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo mapear as áreas de apicuns no Estado do Ceará para avaliar a disponibilidade de terras para a expansão da carcinicultura e identificar as áreas que podem ser regularizadas de acordo com a legislação vigente. O mapeamento foi realizado usando o software livre e gratuito de Sistemas de Informação Geográfica, QGIS, e arquivos do site do Banco de Dados de Informações Ambientais, incluindo informações pedológicas e imagens de satélite do site Earth Explorer. Como resultados, verificou-se que 1.036,02 ha é a área ainda disponível de apicuns para utilização da carcinicultura no referido Estado, e que no intervalo desse estudo cresceu 75% em relação a área que ocupava anteriormente, que era de 4.170,15 ha. As áreas de apicuns reduziram cerca de 37,12% de 2008 para 2022/2023 e as de manguezal arbóreo cerca de 29,37%, além da identificação de 611,02 ha de fazendas abandonadas. Já as áreas de restinga/caatinga obtiveram um aumento substancial de 54,86%. Com esse trabalho, foi possível verificar que o Ceará ainda possui áreas para o desenvolvimento da carcinicultura, necessitando de medidas de regularização para os novos 3.138,93 ha de área produtiva, além de um olhar mais atento para as mudanças que vem ocorrendo no estuário, como o aumento da vegetação de restinga/caatinga e a redução das áreas de apicuns.

Palavras-chave: camarão; geoprocessamento; manguezal; gerenciamento.

ABSTRACT

Shrimp farming has grown rapidly in recent decades, with an average growth rate of 36% between 2015 and 2019, making it a prominent activity in global aquaculture. The State of Ceará plays a significant role in this sector, being the largest shrimp producer in Brazil. However, this activity faces significant challenges, mainly due to its location in apicun areas, which are part of the mangrove ecosystem, where the increasing development of this activity has caused negative impacts on these ecosystems, requiring more effective management of these areas. In this context, this study aimed to map the apicun areas in the State of Ceará to assess the availability of land for the expansion of shrimp farming and identify areas that can be regularized in accordance with current legislation. The mapping was carried out using the free Geographic Information Systems software, QGIS, and files from the Environmental Information Database website, including pedological information and satellite images from the Earth Explorer website. As a result, it was found that 1,036.02 ha is the area still available for apicuns for use in shrimp farming in that State, and that in the period of this study it grew by 75%, in relation to the area it previously occupied, which was 4,170.15 there is. Apicun areas reduced by around 37.12% from 2008 to 2022/2023 and arboreal mangrove areas by around 29.37%, in addition to the identification of 611.02 ha of abandoned farms. The restinga/caatinga areas achieved a substantial increase of 54.86%. With this work, it was possible to verify that Ceará still has areas for the development of shrimp farming, requiring regularization measures for the new 3,138.93 ha of productive area, in addition to a closer look at the changes that have been occurring in the estuary, such as the increase in restinga/caatinga vegetation and the reduction in apicun areas.

Keywords: shrimp; geoprocessing; mangrove; management.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Divisão da área de estudo das planícies inundadas do Ceará, Brasil.	23
Gráfico 2 - Evolução das áreas de 2008 para 2023, no Litoral Oeste do Ceará, Brasil.....	31
Gráfico 3 – Evolução das áreas de 2008 para 2023, Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará (CE), Brasil.....	38
Gráfico 4 - Evolução das áreas de 2008 para 2023, Litoral Leste-Jaguaribe, Ceará, Brasil.....	45

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Mapa de localização da área de estudo no Estado do Ceará, Brasil.	22
Mapa 2 - Identificação das Subáreas, Ceará, Brasil.	25
Mapa 3 – Identificação das imagens de satélite usadas.	26
Mapa 4 – Uso e ocupação do solo até 22 de julho de 2008, Rios: Acaraú e Timonha.	32
Mapa 5 – O uso e ocupação do solo atualmente 2022/2023, Rios: Acaraú e Timonha.	33
Mapa 6 – Áreas consolidadas, abandonadas e novos empreendimentos no cenário atual 2022/2023, Rios: Acaraú e Timonha.	34
Mapa 7 – Uso e ocupação do solo até 22 de julho de 2008, Rios: Remédios, Guriú e Coreaú.	35
Mapa 8 – O uso e ocupação do solo atualmente 2022/2023, Rios: Remédios, Guriú e Coreaú.	36
Mapa 9 – Áreas consolidadas, abandonadas e novos empreendimentos no cenário atual 2022/2023, Rios: Remédios, Guriú e Coreaú.	37
Mapa 10 – Uso e ocupação do solo até 22 de julho de 2008, Rios: Aracatiaçu, Curu e Mundaú.	39
Mapa 11 – O uso e ocupação do solo atualmente 2022/2023, Rios: Aracatiaçu, Curu e Mundaú.	40
Mapa 12 – Áreas consolidadas, abandonadas e novos empreendimentos no cenário atual 2022/2023, Rios: Aracatiaçu, Curu e Mundaú.	41
Mapa 13 – Uso e ocupação do solo até 22 de julho de 2008, Rios: Ceará e Cocó.	42
Mapa 14 – O uso e ocupação do solo atualmente 2022/2023, Rios: Ceará e Cocó.	43
Mapa 15 – Áreas consolidadas, abandonadas e novos empreendimentos no cenário atual 2022/2023, Rios: Ceará e Cocó.	44
Mapa 16 – Uso e ocupação do solo do Rio Pacoti.	46
Mapa 17 – Uso e ocupação do solo até 22 de julho de 2008, Rios: Jaguaribe, Manibú e Piranji.	47
Mapa 18 – O uso e ocupação do solo atualmente 2022/2023, Rios: Jaguaribe, Manibú e Piranji.	48
Mapa 19 – Áreas consolidadas, abandonadas e novos empreendimentos no cenário atual 2022/2023, Rios: Jaguaribe, Manibú e Piranji.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do Satélite LANDSAT 5	19
Tabela 2 - Características do Satélite LANDSAT 8	20
Tabela 3 - Classificação com base no cálculo do NDVI.	28
Tabela 4 - Quantificação do uso do solo das áreas de planícies inundadas fluviomarinhas – Até 22/07/2008 no Estado do Ceará (CE), Brasil.	29
Tabela 5 - Quantificação do uso do solo das áreas de Planícies inundadas fluviomarinhas – Depois de 22/07/2008 no estado do Ceará.	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cálculo do NDVI.....	27
Figura 2 - Fluxograma das etapas do trabalho.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MMA – Ministério do Meio Ambiente

SIG – Sistema de Informações Geográficas

APP – Área de Preservação Permanente

NDVI – (Normalized Difference Vegetation Index) - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

CE – Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO GERAL	14
2.1	Objetivos Específicos	14
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1	Caracterização da Carcinicultura	15
3.2.	Caracterização de áreas de mangues e apicuns.....	16
3.3.	Legislação vigente.....	16
3.4.	Problemática da produção da carcinicultura em relação as áreas de mangues e apicuns	17
3.5.	Ferramentas de mapeamento	18
3.5.1.	Sistema de Informações Geográficas (SIG).....	18
3.5.2.	Imagens de satélites	18
3.5.3.	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	21
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1	Caracterização da Área de Estudo.....	22
4.1.1	Litoral Oeste	24
4.1.2	Região Metropolitana de Fortaleza.....	24
4.1.3	Litoral Leste-Jaguaribe	24
4.2	Base de dados	25
4.3	Processamento dos dados	26
4.4	Classificação supervisionada	27
5	RESULTADOS.....	29
5.1	Litoral Oeste.....	30
5.2	Região Metropolitana de Fortaleza.....	37
5.3	Litoral Leste-Jaguaribe	44
6	DISCUSSÕES.....	50
7	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

A atividade de carcinicultura, que se refere a criação de camarões em cativeiro, emergiu como uma atividade de destaque no setor aquícola global nas últimas décadas, apresentando uma taxa média de crescimento de 36% entre os anos de 2015 e 2019 (FAO, 2022), com a produção mundial se aproximando de cinco milhões de toneladas em 2021. A China é, atualmente, o país maior produtor do mundo, com o correspondente a 29% da produção global (JACKSON, 2021).

O Brasil, por sua vez, ocupa uma posição significativa no cenário internacional, sendo o quinto maior produtor mundial de camarões cultivados, onde, no ano de 2020, o país superou a marca de 63 mil toneladas produzidas, representando um crescimento de mais de 14% em relação ao ano anterior e um aumento acumulado superior a 50% desde 2017 (IBGE - SIDRA, 2022). Essa expansão foi particularmente marcante na região Nordeste do Brasil, que foi responsável por mais de 99% do volume de produção entre os anos de 2013 e 2020 (IBGE - SIDRA, 2022).

O Estado do Ceará (CE), localizado no Nordeste do Brasil, é caracterizado por uma grande biodiversidade de ecossistemas, incluindo o manguezal e suas áreas relacionadas, como os apicuns e salgados, respondendo por 1,4% dos mangues do Brasil (ICMBIO, 2018). O referido Estado desempenhou um papel histórico no desenvolvimento da carcinicultura no país, pois com sua extensa costa, com cerca de 573 km, a terceira maior da região nordestina (MARINHA DO BRASIL, 2023), proporcionou as condições ideais para o cultivo de camarões. Cidades como Fortaleza, a capital do estado, tornaram-se polos importantes na produção de camarões cultivados, impulsionando a economia local. Estado do Ceará, uma das regiões mais proeminentes na carcinicultura brasileira, ocupando atualmente o cargo de maior produtor do Brasil, desde 2020, chegando em 2021 com a produção de 33.713,72 toneladas (IBGE, 2023).

Entretanto, essa expansão histórica frequentemente ocorreu em áreas costeiras sensíveis, incluindo manguezais e apicuns, ecossistemas fundamentais para o equilíbrio ambiental das regiões litorâneas. Essas áreas desempenham papéis vitais, como o armazenamento de carbono, a proteção costeira contra tempestades e a manutenção da biodiversidade (DONATO et al., 2011; LUTHER; GREENBURG, 2009), sendo a preservação dessa diversidade de ecossistemas é essencial para a natureza, a economia, a saúde e o bem-estar das populações humanas (MMA, 2021).

Estima-se que, nas últimas três décadas, as áreas de manguezais tenham diminuído de 30 a 50% em todo o mundo, e se essa tendência persistir, é provável que em 100 anos esses

ecossistemas percam sua funcionalidade (DUKE et al., 2007). Considerando esse cenário, 40% das espécies de animais endêmicos desse ecossistema estariam em risco de extinção (LUTHER; GREENBURG, 2009; DONATO et al., 2011).

Para lidar com essa questão, o Brasil implementou regulamentações, como o Código Florestal Brasileiro, que inclui o artigo 11-A da Lei de proteção a Vegetação Nativa (BRASIL, 2012). Esse artigo estabeleceu diretrizes para o uso de apicuns por empreendimentos de carcinicultura, visando preservar a integridade da vegetação nessas Áreas de Proteção Permanente (APPs).

No entanto, um desafio atual reside na falta de mapeamento detalhado das áreas de apicuns no A ausência de informações precisas cria uma situação de insegurança jurídica para os empreendedores, uma vez que não é possível identificar com certeza quais áreas estão aptas para a exploração de acordo com a legislação vigente.

Nesse contexto, este trabalho visa preencher essa lacuna ao realizar o mapeamento preliminar das áreas de apicuns disponíveis para a carcinicultura no Estado do Ceará, Brasil. Essa iniciativa é de suma importância para o ordenamento territorial e a promoção de um desenvolvimento econômico sustentável que respeite as normas ambientais e, ao mesmo tempo, apoie uma indústria que desempenha um papel significativo na economia regional e nacional.

2 OBJETIVO GERAL

Identificar e avaliar as áreas de apicuns remanescentes no Estado brasileiro do Ceará (CE), com foco na determinação das áreas ocupadas e na análise da disponibilidade de áreas dessa fitofisionomia para atividades como a carcinicultura.

2.1 Objetivos Específicos

- Quantificar as áreas de apicum não ocupadas no Estado do Ceará (CE), Brasil;
- Indicar as áreas de apicum viáveis de exploração segundo a Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012, de Proteção a Vegetação Nativa;
- Possibilitar a identificação de empreendimentos passíveis ou não de legalização;
- Mostrar o percentual de áreas de apicuns disponíveis atualmente para implantação da atividade de carcinicultura no Estado do Ceará (CE), Brasil.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Caracterização da Carcinicultura

A carcinicultura é a atividade de cultivo e produção de camarões em ambientes controlados, como viveiros e tanques, com o objetivo de fornecer uma fonte sustentável de camarões para o consumo humano. A atividade tem crescido significativamente nas últimas décadas e é uma parte essencial da indústria de aquicultura. Os camarões cultivados na carcinicultura são frequentemente de espécies comerciais, como o *Penaeus vannamei*, devido à sua adaptabilidade, rápido crescimento e aceitação no mercado global (BOYD & DAVIS, 2017).

A carcinicultura desempenha um papel vital na segurança alimentar, fornecendo uma fonte de proteína de alta qualidade para muitas regiões do mundo. Além disso, contribui para a economia de países produtores, gerando empregos na produção e processamento de camarões. A atividade é especialmente relevante em regiões costeiras, onde ajuda a diversificar as atividades econômicas. No entanto, a importância da carcinicultura também levanta questões relacionadas à sustentabilidade e aos impactos ambientais (FAO, 2020).

A produção global de camarões na carcinicultura tem aumentado constantemente. Os principais países produtores incluem China, Indonésia, Índia, Vietnã e Tailândia. Esses países lideram a produção devido às suas extensas áreas costeiras e climas adequados. A demanda global por camarões cultivados continua a crescer, à medida que a população mundial aumenta e o consumo de frutos do mar se expande (FAO, 2021).

O Brasil é um dos principais produtores de camarões na América Latina, e a carcinicultura é especialmente proeminente nas regiões Nordeste e Sul. O país cultiva principalmente o *Penaeus vannamei*, uma espécie que se adapta bem às condições locais. A produção de camarões no Brasil tem experimentado um crescimento constante e contribui significativamente para a economia, além de ser uma fonte de exportações (IPECE, 2020).

O Estado do Ceará, no Nordeste do Brasil, é um dos principais polos de produção de camarões no país. O clima favorável, a extensa costa e a infraestrutura adequada fazem do Ceará uma localização estratégica para a carcinicultura. O Estado é responsável por uma parcela substancial da produção nacional de camarões, e suas atividades contribuem para o desenvolvimento econômico da região (AZEVEDO et al., 2018).

3.2. Caracterização de áreas de mangues e apicuns

Os manguezais e apicuns são ecossistemas costeiros caracterizados por suas fitofisnomias únicas, como a grande variação de salinidade. Eles estão localizados nas zonas de transição entre ambientes terrestres e marinhos, apresentando condições de inundação periódica devido às marés. A caracterização dessas áreas envolve a análise de parâmetros como a salinidade da água, a composição da vegetação, a fauna associada e a geomorfologia. A presença de espécies adaptadas às condições salinas e de inundações é uma característica marcante desses ecossistemas (TOMLINSON, 1986; ALONGI, 2008).

Os manguezais desempenham papéis cruciais em ecossistemas costeiros e têm uma importância multifacetada. Eles atuam como barreiras naturais contra tempestades e erosão costeira, fornecendo proteção vital para comunidades humanas (GILMAN et al., 2008). Além disso, a vegetação dos manguezais atua como um filtro natural, melhorando a qualidade da água e removendo poluentes (BARBIER et al., 2011). Essas áreas também servem como berçários para uma variedade de espécies marinhas, incluindo peixes, crustáceos e moluscos, contribuindo para a biodiversidade e a pesca sustentável (LEE et al., 2015). Além disso, os manguezais são altamente eficientes na captura e armazenamento de carbono, desempenhando um papel importante na mitigação das mudanças climáticas (DONATO et al., 2011).

3.3. Legislação vigente

A Constituição Federal de 1988 é o principal documento legal que estabelece as bases para a proteção ambiental no Brasil. Ela estabelece que as áreas de manguezais e apicuns são consideradas patrimônio nacional e protegidas por sua função ecológica e social. A Constituição também autoriza a criação de unidades de conservação (UCs) para a proteção dessas áreas (BRASIL, 1988).

Conhecida como a Lei da Mata Atlântica, a Lei Federal nº 11.428/2006 estabelece normas gerais para a proteção da flora, da fauna e dos ecossistemas costeiros, incluindo os manguezais. Ela regulamenta atividades humanas nesses ecossistemas, proíbe o desmatamento e estabelece diretrizes para a conservação e uso sustentável das áreas de manguezal e apicuns (BRASIL, 2006).

O Código Florestal Brasileiro, conta com dispositivos relevantes para a regulação do uso de áreas de apicuns e salgados, ecossistemas comuns na costa cearense. O artigo 11-A da Lei Nº 12.651/2012, por exemplo, estabelece diretrizes para atividades como a carcinicultura

nesses ambientes, disponibilizando 35% das áreas de apicuns, exceto no bioma amazônico que é apenas 10%, para o desenvolvimento da atividade e possibilita a regularização dos empreendimentos instalados antes de 22 de julho de 2008, chamadas de áreas consolidadas, desde que comprovem a implantação em áreas de apicum (BRASIL, 2012).

A legislação brasileira relacionada a manguezais e apicuns tem o objetivo de proteger esses ecossistemas críticos, reconhecendo sua importância ecológica e social. No entanto, desafios na implementação e fiscalização persistem, exigindo esforços contínuos para garantir a efetiva conservação dessas áreas.

3.4. Problemática da produção da carcinicultura em relação as áreas de mangues e apicuns

A carcinicultura frequentemente envolve a conversão de áreas de mangues e apicuns em viveiros de camarão. Isso resulta na degradação do habitat natural, com a remoção da vegetação de mangue, que é essencial para a reprodução e proteção de várias espécies (PRIMAVERA, 2006). Além disso, a produção intensiva de camarões pode levar ao aumento da salinização do solo nas áreas adjacentes aos viveiros, prejudicando a agricultura tradicional e reduzindo a biodiversidade (LINDÉN, 2000). Outro fator relevante, é a utilização de produtos químicos, como, antibióticos e nutrientes nos viveiros que pode resultar na poluição da água e no despejo de resíduos orgânicos, afetando negativamente a qualidade da água e os ecossistemas adjacentes (BOYD & TUCKER, 1998). Programas de certificação, como o Global Aquaculture Alliance (GAA) Best Aquaculture Practices (BAP), promovem práticas sustentáveis na carcinicultura, incentivando a minimização de impactos ambientais e a adoção de boas práticas de produção (GAA, 2021). A adoção de tecnologias de cultivo sustentável, como sistemas recirculantes, pode reduzir os impactos ambientais da carcinicultura (FURTADO & HENRY-SILVA, 2017). Iniciativas de restauração e replantio de mangues desempenham um papel importante na recuperação de áreas degradadas e na proteção dos ecossistemas (ALONGI, 2008).

A problemática da produção de carcinicultura em áreas de mangues e apicuns é complexa, mas pode ser abordada com regulamentações adequadas, práticas sustentáveis e esforços de restauração. A conservação desses ecossistemas costeiros é fundamental para a biodiversidade e a proteção contra eventos climáticos extremos.

3.5. Ferramentas de mapeamento

3.5.1. Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma tecnologia que combina hardware, software e dados georreferenciados para coletar, armazenar, analisar e visualizar informações geográficas. Os dados geográficos podem ser de dois tipos: vetorial que são baseados em pontos, linhas e áreas como polígonos sob o formato shapefile (kml; dwg / dxf; gpx) ou do tipo matricial baseada em célula ou formato regular, tipo imagem e grades, como Imagens de satélite, fotografias aéreas, modelos digitais de elevação. Os SIGs são projetados para representar e modelar o mundo real, permitindo que os usuários capturem, gerenciem e interpretem dados espaciais para resolver problemas complexos e tomar decisões informadas (LONGLEY et al., 2015). Os SIGs são amplamente utilizados em diversos campos, incluindo geografia, planejamento urbano, gestão de recursos naturais, agricultura, cartografia, geologia, e muitos outros, para resolver problemas relacionados a questões espaciais e geográficas. O Sensoriamento Remoto é uma técnica que envolve a aquisição de informações sobre a superfície da Terra a partir de sensores instalados em aeronaves, satélites ou outras plataformas remotas. Esses sensores captam dados em várias faixas do espectro eletromagnético, como luz visível, infravermelho, radar e micro-ondas. Esses dados são transformados em imagens e outras informações que permitem o estudo e a análise da superfície terrestre, podendo ser usados para monitorar o uso do solo e o crescimento urbano, mapear a cobertura vegetal, incluindo florestas, cultivos e áreas degradadas, avaliar a qualidade da água e a poluição, monitorar mudanças climáticas e fenômenos naturais, como incêndios florestais e inundações, além de realizar estudos ambientais, geológicos e agrícolas. As imagens e dados de sensoriamento remoto são frequentemente integrados a SIGs para análises espaciais e tomada de decisões (JENSEN, 2016).

3.5.2. Imagens de satélites

Os satélites Landsat 5 e Landsat 8 são partes cruciais da série de missões Landsat e fornecem dados valiosos para uma variedade de aplicações em sensoriamento remoto e monitoramento ambiental. Cada satélite é equipado com sensores que capturam informações em várias bandas espectrais, permitindo uma análise detalhada da superfície terrestre. O Landsat 5, lançado em 1984, serviu como uma importante fonte de dados por muitas décadas. Ele estava equipado com o sensor Thematic Mapper (TM), que continha sete bandas espectrais com diferentes faixas de comprimento de onda, como mostra a Tabela 1 (USGS, 2023).

Tabela 1 - Características do Satélite LANDSAT 5

Bandas	Aplicações
Banda 1 (Azul)	Essa banda é sensível à luz visível e é usada para mapear água, sedimentos e gelo.
Banda 2 (Verde)	Também na faixa do visível, esta banda é usada para identificar tipos de vegetação, saúde da vegetação e uso da terra.
Banda 3 (Vermelho)	Esta banda ajuda a detectar diferenças na vegetação e no solo e é valiosa para a agricultura e no monitoramento de recursos naturais.
Banda 4 (Infravermelho próximo)	Usada para avaliar a saúde da vegetação, identificar características geológicas e mapear uso da terra.
Banda 5 (Infravermelho termal)	Esta banda detecta a temperatura da superfície terrestre e é valiosa para estudos climáticos, detecção de incêndios e aplicações geotérmicas.
Banda 6 (Infravermelho termal)	Uma segunda banda termal que fornece informações adicionais sobre a temperatura da superfície.
Banda 7 (Infravermelho de ondas curtas)	Usada para detectar a umidade do solo, características geológicas e detecção de incêndios.

Fonte: Autoria Própria, 2023.

Lançado em 2013, o Landsat 8 (Landsat Data Continuity Mission - LDCM) representa uma evolução significativa na qualidade das imagens e na capacidade de coleta de dados. Equipado com o sensor Operational Land Imager (OLI) e o Thermal Infrared Sensor (TIRS), possui 11 bandas espectrais, como mostra a Tabela 2, (USGS, 2023). As melhorias no Landsat 8, incluindo mais bandas espectrais e maior qualidade de imagem, o tornaram uma ferramenta

inestimável para aplicações de sensoriamento remoto em áreas como agricultura, silvicultura, gestão ambiental, monitoramento de desastres e muito mais.

Tabela 2 - Características do Satélite LANDSAT 8

Bandas	Aplicações
Banda 1 (Azul)	Usada para mapeamento de água, solos e características urbanas.
Banda 2 (Verde)	Útil na avaliação da vegetação, saúde das plantas e uso da terra.
Banda 3 (Vermelho)	Essencial para monitorar a saúde da vegetação, uso da terra e qualidade da água.
Banda 4 (Infravermelho próximo)	Valiosa na detecção de características geológicas, análise da vegetação e uso agrícola.
Banda 5 (Infravermelho termal)	Usada em geologia, detecção de incêndios e monitoramento da qualidade da água.
Banda 6 (Infravermelho termal)	Importante na análise da umidade do solo, vegetação, recursos hídricos e detecção de incêndios.
Banda 7 (Infravermelho de ondas curtas)	Usada na geologia, vegetação e recursos hídricos.
Banda 8 (Infravermelho termal de ondas curtas - TIRS)	Uma das duas bandas termais que mede a temperatura da superfície terrestre.
Banda 9 (Cirrus)	Usada para detecção de nuvens cirrus, o que é importante em estudos climáticos.
Banda 10 (Infravermelho termal de ondas curtas - TIRS)	A segunda banda termal que complementa a análise de temperatura da superfície.
Banda 11 (Qualidade da água costeira)	Importante para monitoramento costeiro e da qualidade da água.

Fonte: Autoria própria, 2023.

As imagens de satélite são fotografias ou representações visuais da Terra ou de outros corpos celestes capturadas por sensores instalados em satélites em órbita. Elas desempenham um papel crucial em diversas áreas e têm várias aplicações como o monitoramento do uso da terra, incluindo o acompanhamento de mudanças na cobertura do solo, desmatamento, expansão agrícola e desenvolvimento urbano, assim como na gestão de recursos naturais, incluindo a monitorização de florestas, áreas agrícolas e recursos hídricos, ajudando na tomada de decisões sustentáveis em relação a esses recursos. Na agricultura de precisão, são usadas para monitorar a saúde das culturas, otimizar o uso de insumos, avaliar o estresse hídrico e aumentar a eficiência da produção agrícola, podendo ainda colaborar com a previsão e resposta a desastres naturais, como furacões, inundações, terremotos e incêndios florestais, e no planejamento urbano e Infraestrutura são cruciais, pois auxiliam no desenvolvimento de cidades sustentáveis, planejamento de transporte e gestão de infraestrutura, além das áreas de estudos ambientais e ecológicos, onde são usadas para monitorar ecossistemas, habitats e biodiversidade, apoiando a conservação e a gestão ambiental (JENSEN, 2016).

De modo geral as imagens de satélite desempenham um papel fundamental no mapeamento ambiental, fornecendo dados críticos para a avaliação e o monitoramento de ecossistemas, processos naturais e impactos humanos, sendo uma ferramenta indispensável para a compreensão e preservação do meio ambiente (PETTORELLI ET AL, 2005).

3.5.3. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) é um dos índices mais amplamente utilizados em sensoriamento remoto e estudos ambientais para avaliar a saúde e a quantidade de vegetação em uma determinada área. Ele é calculado a partir das diferenças nas propriedades de refletância da luz entre a faixa do infravermelho próximo e a faixa do vermelho do espectro eletromagnético. O NDVI é uma ferramenta extremamente valiosa para diversas aplicações como, o monitoramento da Saúde da Vegetação. Ele pode detectar o estresse hídrico, doenças e outros problemas que afetam a vegetação, tornando-se uma ferramenta valiosa na agricultura e na gestão de recursos naturais. Na detecção de desmatamento e mudanças na cobertura da terra, expansão urbana e degradação florestal. Isso é essencial para o monitoramento de impactos ambientais (FERNANDES et al, 2021).

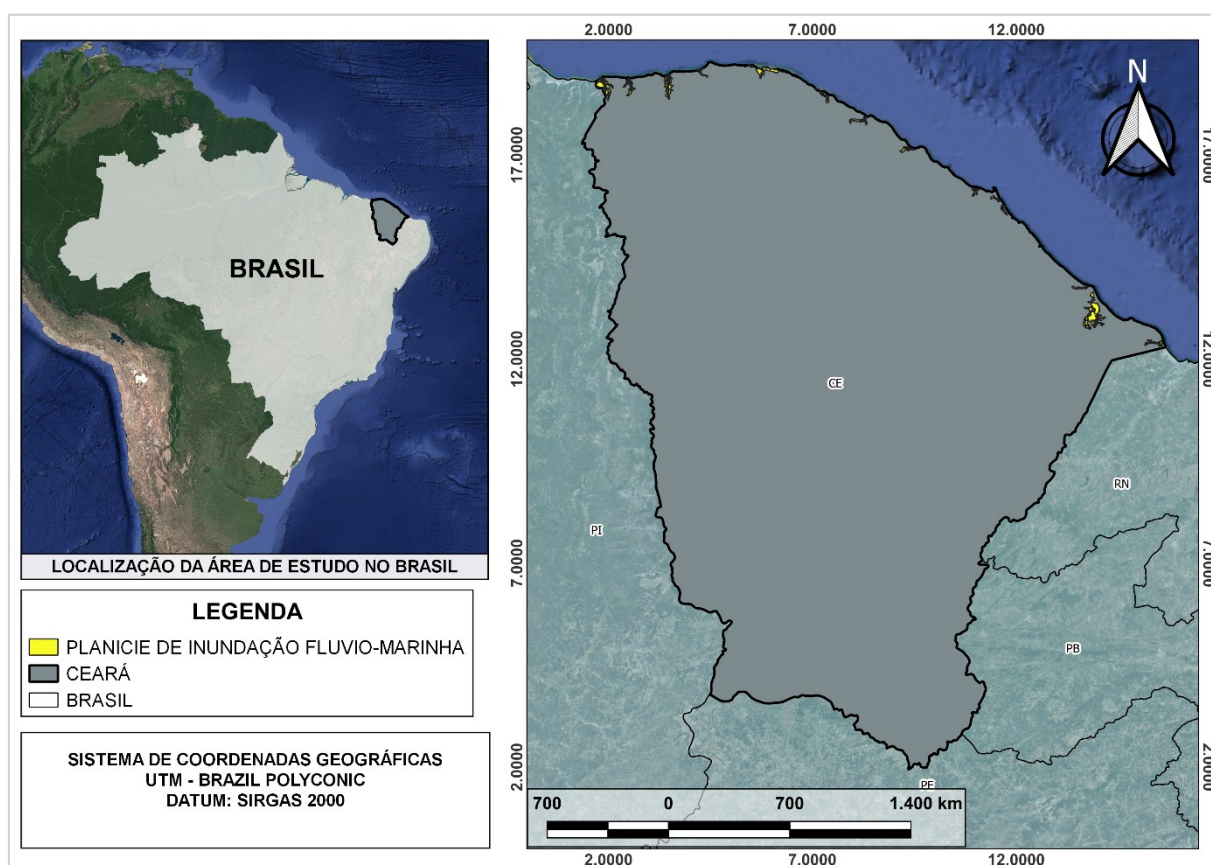
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado no Estado do Ceará (CE), localizado no Nordeste do Brasil, como apresentado no Mapa 1. A região costeira do Ceará desempenha um papel significativo tanto em termos geográficos quanto ambientais. Ela se estende por cerca de 573 km ao longo da costa do Oceano Atlântico (MARINHA DO BRASIL, 2023), apresentando uma diversidade de paisagens que incluem praias, dunas, falésias e estuários.

Observou-se que a planície de inundação do Estado do Ceará (CE) possui uma área total de 49.657,05 hectares (ha), sendo a região do Litoral Oeste com 22.170,96 ha, representando um percentual de 44,65%, a Região metropolitana de Fortaleza com 7.363,08 ha, sendo referente a 14,83%, e o Litoral Leste-Jaguaribe com 20.123,01 ha, com um percentual de 40,52%.

Mapa 1 - Mapa de localização da área de estudo no Estado do Ceará, Brasil.



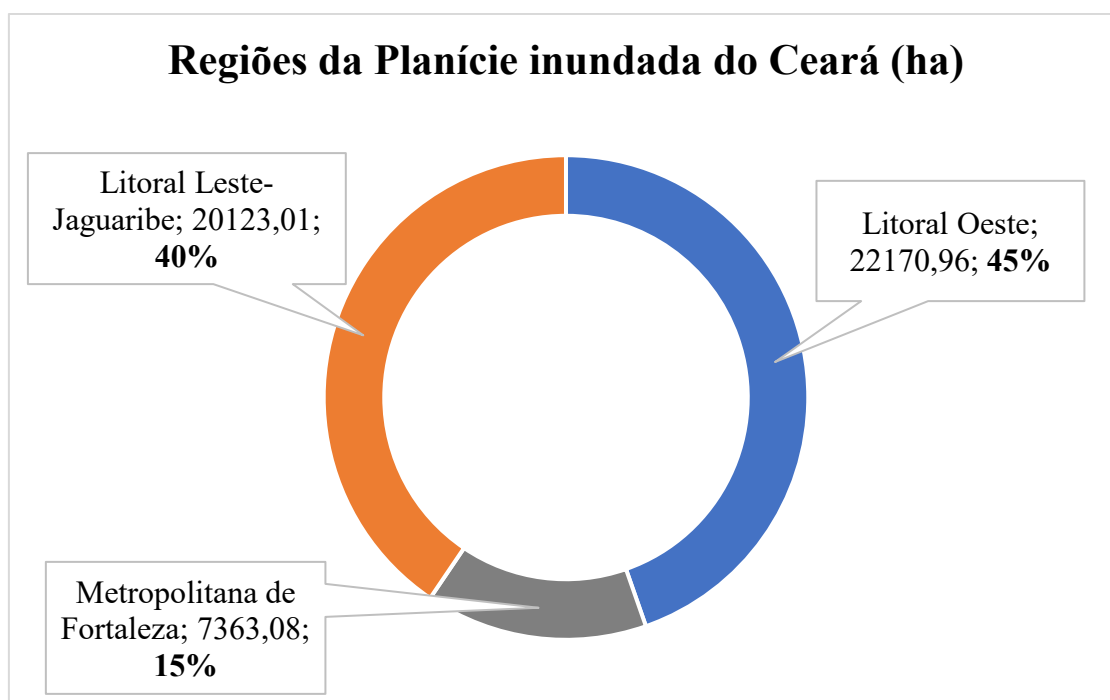
Fonte: Autoria própria (2023).

Quanto ao clima, prevalece o tropical, especificamente o tropical semiárido, caracterizado por temperaturas elevadas ao longo da maior parte do ano e uma estação chuvosa concentrada nos meses de fevereiro a maio (LIMA et al., 2015).

A vegetação predominante na região costeira é a Caatinga, típica do semiárido brasileiro, embora também se possam encontrar áreas de manguezais, especialmente nos estuários (SILVA et al., 2010).

Na economia da região costeira cearense, a pesca tem um papel fundamental, com ênfase na captura de camarões, lagostas e diversas espécies de peixes. Além disso, o turismo desempenha uma relevante atividade econômica, com praias famosas, como Canoa Quebrada e Jericoacoara, atraindo visitantes de todo o mundo (SETUR-CE, 2023). Outro fator importante para a economia local é a aquicultura, principalmente o cultivo de camarão, na qual o Ceará ocupa o primeiro lugar entre os estados produtores no Brasil, chegando a produção de 33,71 mil toneladas de camarão em 2021 (IBGE, 2022). A área de estudo foi dividida em três subáreas, como mostra o Gráfico 1, e em seguida são caracterizadas.

Gráfico 1 - Divisão da área de estudo das planícies inundadas do Ceará, Brasil.



Fonte: Autoria própria (2023).

4.1.1 Litoral Oeste

Litoral Oeste do Estado do Ceará (CE) apresenta uma área de 22.170,96 ha, representando um percentual de 44,65% das áreas de planície inundadas fluviomarinhas do Estado. Os rios que compõem essa região são: Timonha, Remédios, Coreaú, Guriú e Acaraú. Foi representada pela Área 1, mostrada no Mapa 2, pela cena 218-62.

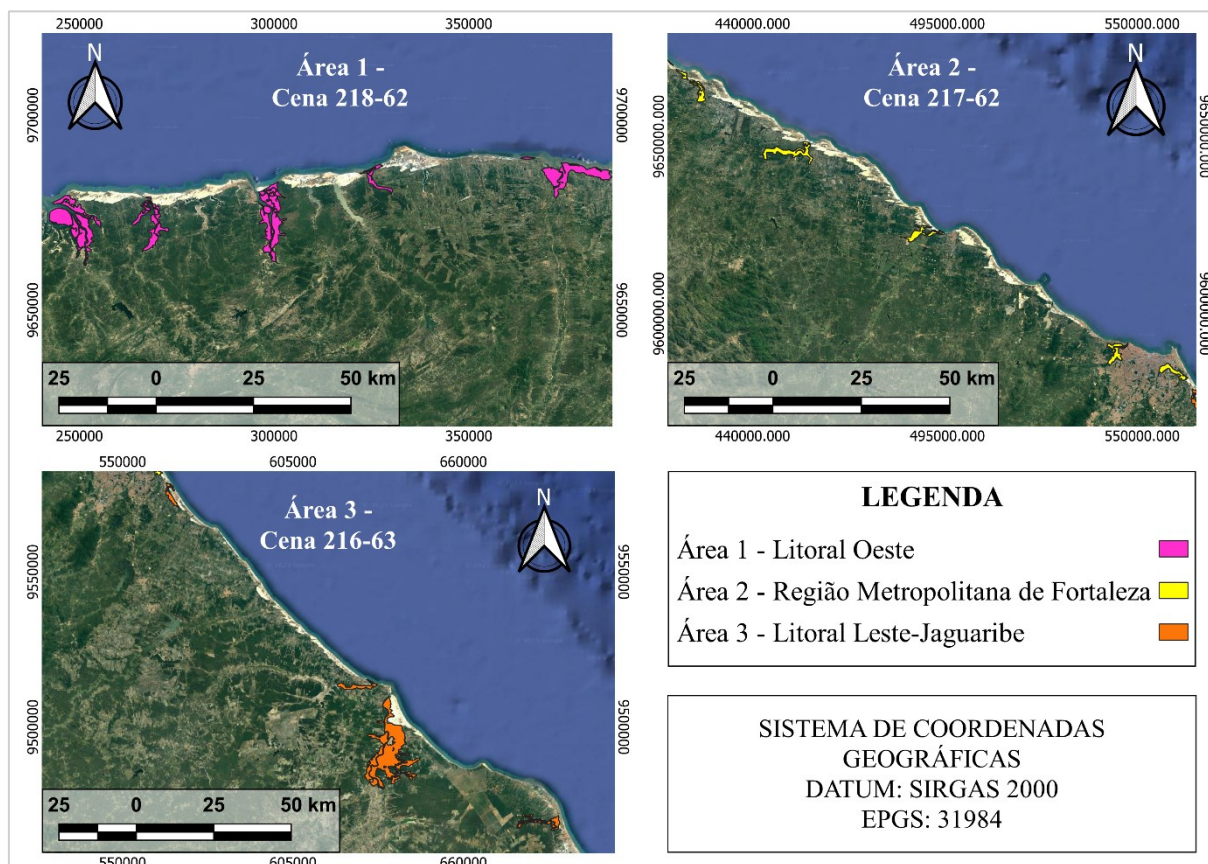
4.1.2 Região Metropolitana de Fortaleza

A Região Metropolitana de Fortaleza, apresenta uma área de 7.363,08 ha, representando um percentual de 14,83% das áreas de planície inundadas fluviomarinhas do estado. Os rios que compõem essa região são: Aracatiaçu, Mundaú, Curu, Ceará e Cocó. Foi representada pela Área 2, mostrada no Mapa 2, pela cena 217-62.

4.1.3 Litoral Leste-Jaguaribe

O Litoral Leste-Jaguaribe, apresenta uma área de 20.123,01 ha, representando um percentual de 40,52 % das áreas de planície inundadas fluviomarinhas do Estado. Os rios que compõem essa região são: Pacoti, Jaguaribe, Piranji e Manibú. Foi representada pela Área 3, mostrada no Mapa 2, pela cena 216-63.

Mapa 2 - Identificação das Subáreas, Ceará, Brasil.



Fonte: Autoria própria (2023).

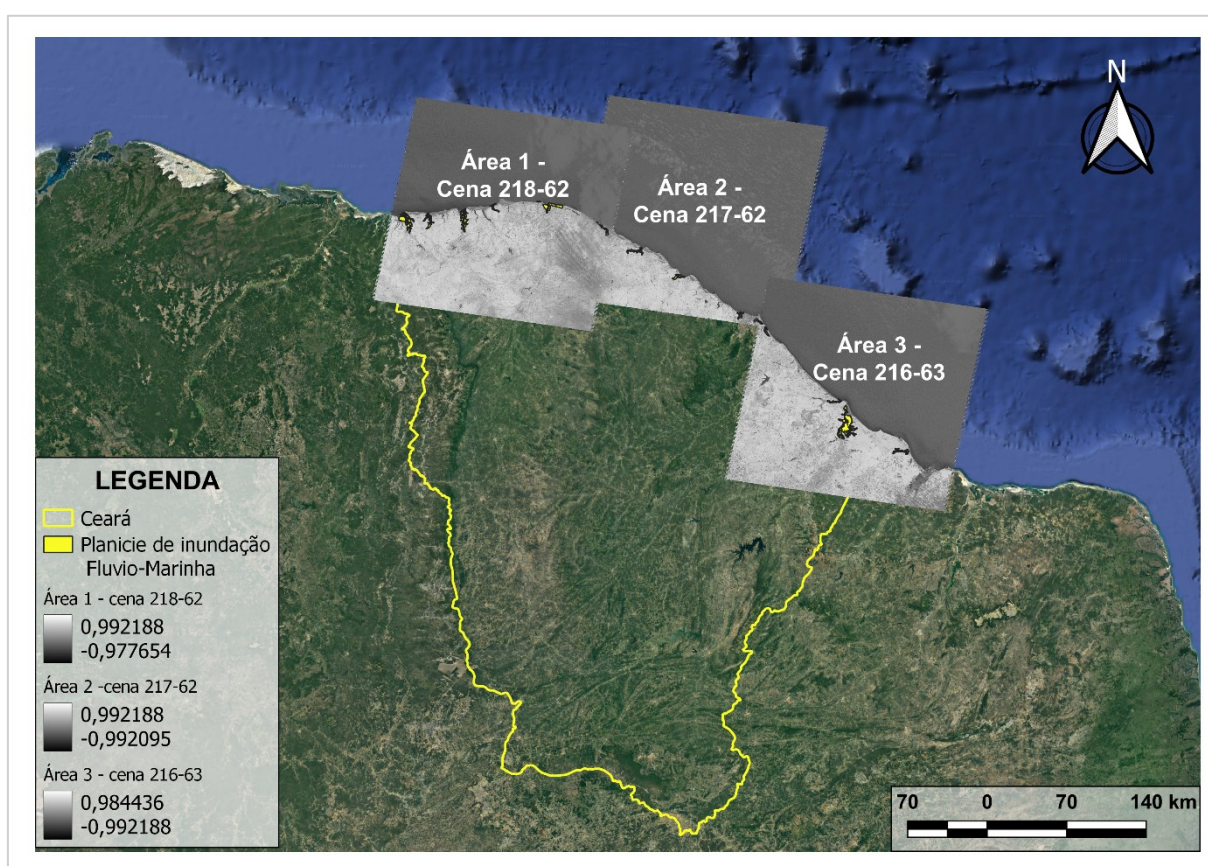
4.2 Base de dados

As características de fitofisionomia das áreas a serem avaliadas, foram obtidas através do arquivo de pedologia do Banco de Dados de Informações Ambientais - BDIA, para demarcar as planícies de inundação fluviomarinha. Além disso, foram adquiridas imagens de satélite de natureza multiespectral, abrangendo as áreas correspondentes às planícies de inundação do Estado do Ceará, retiradas do site Earth Explorer (USGS, 2023), do satélite LANDSAT-5 para a análise do uso e ocupação do solo antes de 22 de julho do ano de 2008 e as imagens do LANDSAT-8 para os anos de 2022 e 2023. As características relevantes analisadas foram com relação a composição da área de estudo, com relação a proporção de mangue arbóreo, solo exposto (apicum), vegetação associada (restinga e caatinga) e corpos de água, relacionados a fontes naturais como rios e artificiais como os viveiros.

De acordo com o parágrafo 6º do artigo 11-A da Lei Nº 12.651/2012, que prevê a regularização das fazendas que tiveram a ocupação e implantação antes de 22 julho de 2008, as imagens de satélites foram escolhidas priorizando datas próximas a esta, para conseguir

verificar justamente os empreendimentos que vieram antes desta data (áreas consolidadas) e os que foram posteriores a ela, sendo escolhido os meses de junho de 2007 para a área 1 e 2, junho de 2008 para a área 3, levantando em consideração as imagens que apresentassem menor concentração de nuvens, para uma melhor avaliação da área. Para caracterização do cenário atual de uso e ocupação do solo, os meses escolhidos foram agosto de 2022 para a área 1, e junho e julho de 2023 para as áreas 2 e 3, respectivamente, Mapa 3, sob a justificativa anterior, de baixa concentração de nuvens.

Mapa 3 – Identificação das imagens de satélite usadas.



Fonte: Autoria própria (2023).

4.3 Processamento dos dados

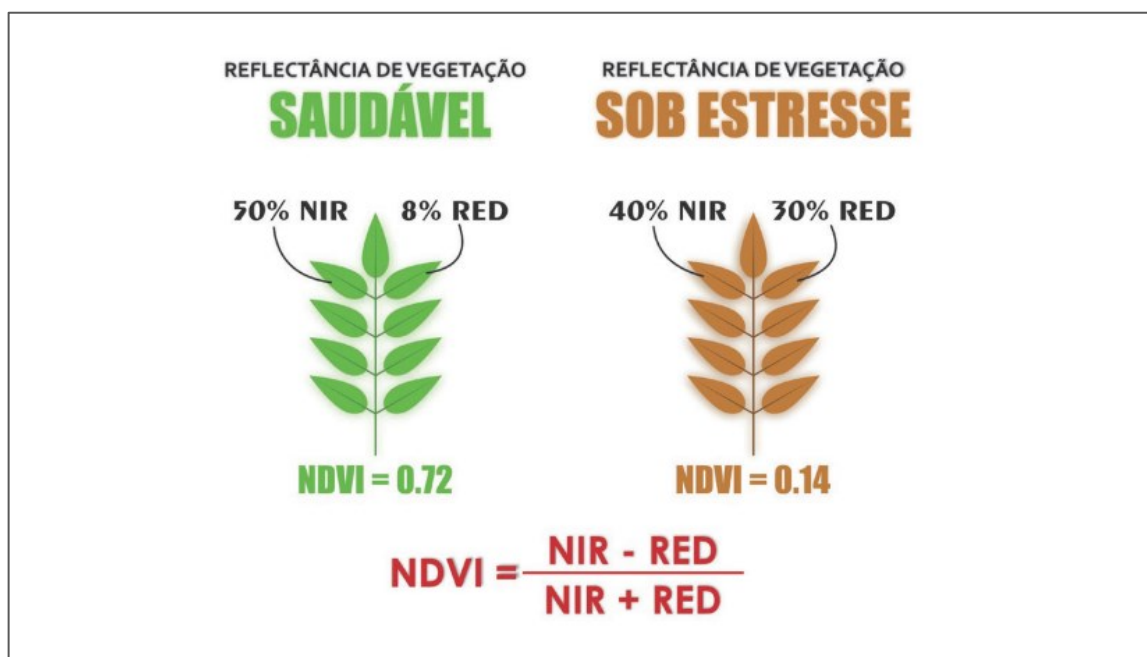
Ao baixar as imagens, elas vêm sob o código EPSG (European Petroleum Survey Group): 32624, ou seja, com Datum horizontal WGS 84, sistema de coordenadas planas com projeção cartográfica UTM (Universal Transversa de Mercator), e zona 24Norte, e para o processamento delas, primeiramente, as imagens passaram por um processo de reprojeção, para se ajustarem ao sistema de coordenadas planas UTM, zona 24Sul, Brazil Polyconic, e Datum horizontal

SIRGAS 2000, que é o Datum oficial do Brasil, com referência ao código EPSG: 31984, para isso empregou-se o software livre e gratuito QGIS, na versão 3.22.16 (QGIS, 2021).

O próximo passo foi utilizar o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), ele se baseia na diferença entre as refletâncias das bandas de infravermelho próximo, sendo a B4 no LANDSAT 5, e B5 no LANDSAT 8; e do vermelho, B3 no LANDSAT 5, e B4 no LANDSAT 8, dividido pela soma das refletâncias dessas duas bandas (FERNANDES et al., 2021).

Com esse procedimento foi possível gerar uma imagem em vários níveis de cinza, com a escala de variação de -1 a 1, onde a coloração quanto mais escura (valores negativos ou próximos de zero) representa as áreas de água e solo exposto, como áreas úmidas (apicuns) e quanto mais clara (valores positivos e mais próximos de um), representam a presença de vegetação, assim como seu vigor. A partir dessa imagem foi possível iniciar a classificação supervisionada.

Figura 1 - Cálculo do NDVI



Fonte: Geoprocessamento e Estudos Urbanos Auxiliados por QGIS.

4.4 Classificação supervisionada

A classificação supervisionada do uso do solo foi feita utilizando a ferramenta Dzetsaka, um plugin de classificação digital de imagens. Foram coletadas de 10 amostras de cada classe

desejada, Tabela 3, para servir de base para o algoritmo de distância Gaussiana. O uso da imagem completa, antes de recortar a área de interesse, para a classificação permitiu um número maior de amostras e conseqüentemente uma melhor identificação das áreas.

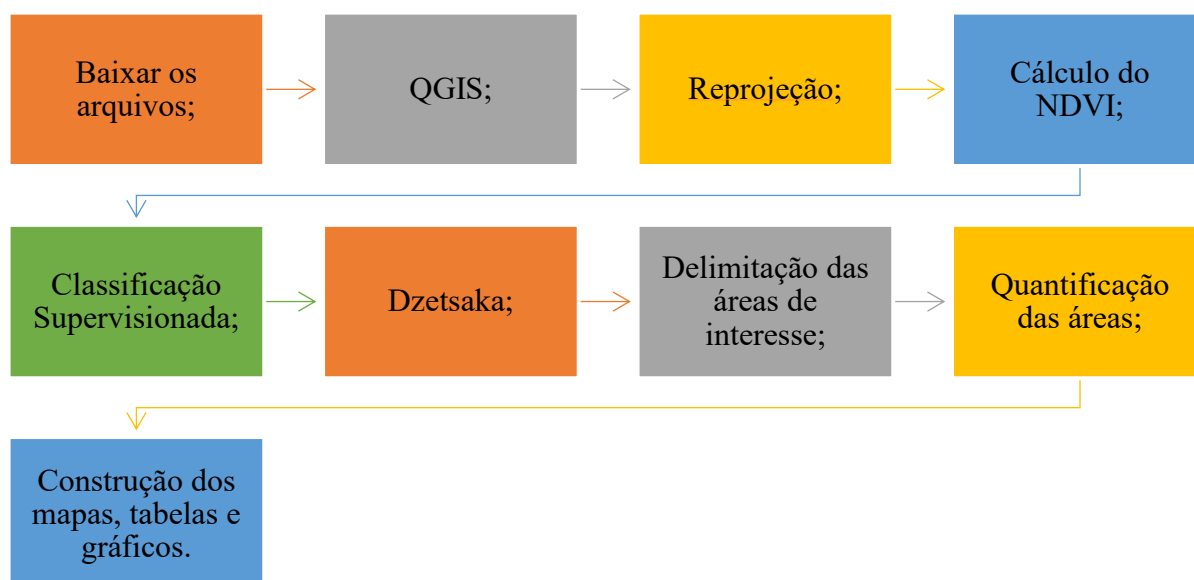
Após essa etapa, procedeu-se à delimitação das áreas de interesse, nas quais as imagens foram recortadas com base nos arquivos do tipo *shapefile* (.shp) que representam as planícies de inundação, adquirido do arquivo de pedologia do site BDIA. Posteriormente, essas áreas foram unidas formando um mosaico e quantificadas as áreas de apicuns, carcinicultura, manguezal arbóreo e vegetação de restinga/caatinga, e elaborados os mapas com os resultados obtidos.

Tabela 3 - Classificação com base no cálculo do NDVI.

Valor	Classes	Uso do solo
-1.00 até 0.00	1	Corpos de água
0.00 até 0.25	2	Solo Exposto (Apicum)
0.25 até 0.50	3	Vegetação de Restinga/Caatinga
0.50 até 1.00	4	Manguezal Arbóreo

Fonte: Adaptado pela autora, 2023.

Figura 2 - Fluxograma das etapas do trabalho.



Fonte: Autoria própria, 2023.

5 RESULTADOS

Através do mapeamento, foi possível identificar 4.170,15 ha de áreas de carcinicultura consolidadas no Estado, ou seja, que a ocupação ocorreu antes de 22 de julho de 2008, sendo passíveis de regularização pela Lei 12.651/2012, e 3.138,93 ha de novos empreendimentos, que ocorreram posteriormente a esta data.

O cenário atual, referente aos anos de 2022 e 2023, evidencia que ocorreu uma expansão de mais de 75% na carcinicultura no Ceará, com base no valor anterior, em áreas de planícies inundadas fluviomarinhas.

Com relação a distribuição destas áreas, Tabela 4, até 22 de julho de 2008, o estado contava com 23.531,31 ha de manguezais (47,39%), 11.928,42 ha de apicuns (24,02%), e 7.215,48 ha de restinga (14,53%), onde dessa área de acordo com a Lei N° 12.651/2012, 35% da área de apicuns, que correspondem a 4.174,95 ha, estavam disponíveis para a ampliação do setor da carcinicultura nesse período.

Tabela 4 - Quantificação do uso do solo das áreas de planícies inundadas fluviomarinhas – Até 22/07/2008 no Estado do Ceará (CE), Brasil.

Fitofisionomia	Área (ha)	Área (%)
Corpos de água	2.200,41	4,43
Apicum	11.928,42	24,02
Carcinicultura/ Salina	4.170,15	8,40
Áreas abandonadas	611,28	1,23
Manguezal arbóreo	23.531,31	47,39
Veg. Restinga/Caatinga	7.215,48	14,53
Área Total =	49.657,05	100,00

Fonte: Autoria própria (2023).

Já no cenário atual, levando em consideração o mapeamento das áreas de manguezal e apicuns, referente aos anos de 2022 e 2023, tem-se a seguinte distribuição para o uso e ocupação do solo, Tabela 5, 16.620,75 ha de mangue arbóreo, o que mostra uma redução de 29,37% da vegetação no estado; já as áreas de apicuns ficaram em torno de 7.501,14 ha, o que representa uma redução de 37,12%, mostrando que o percentual estabelecido por lei para utilização dessas áreas já foi comprometido em 2,12%, sendo um fator de grande relevância a ser observado, já que o crescimento da carcinicultura representa um ocupação de apenas 3.138,93 ha (75,18%)

da área disponível inicialmente, podendo ocupar ainda 1.036,02 ha restantes (24,82%). Já as áreas de restinga, aumentou cerca de 54,86%, equivalente a 8.770,86 ha a mais que em 2008, razão importante a ser considerada para o ordenamento da área.

Tabela 5 - Quantificação do uso do solo das áreas de Planícies inundadas fluviomarinhas – Depois de 22/07/2008 no estado do Ceará.

Fitofisionomia	Área (ha)	Área (%)
Corpos de água	1.628,46	3,28
Apicum	7.501,14	15,11
Carcinicultura/ Salina	7.309,08	14,72
Áreas abandonadas	611,28	1,23
Manguezal arbóreo	16.620,75	33,47
Veg. Restinga/Caatinga	15.986,34	32,19
Área Total =	49.657,05	100,00

Fonte: Autoria própria (2023).

Além das áreas consolidadas e dos novos empreendimentos, que ocorreram após 22 de julho de 2008, foram encontradas durante o mapeamento áreas inativas, ou seja, áreas cuja estrutura física está presente, porém sem funcionamento. Essas fazendas representam uma extensão de 611,28 ha, passíveis de estudos para avaliar suas condições.

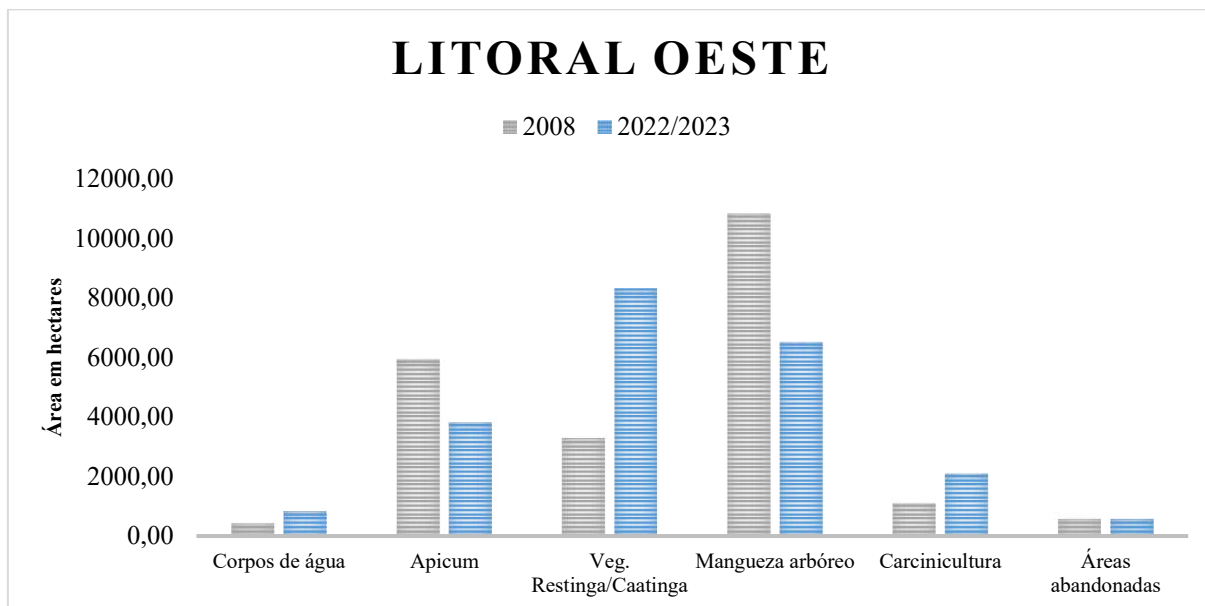
5.1 Litoral Oeste

Litoral Oeste do Estado do Ceará (CE), até julho 2008, seguia distribuídas em 5.936,40 ha de áreas de apicum, 420,12 ha de corpos de água, 3.292,38 ha de vegetação Restinga/Caatinga, 10.851,30 ha de manguezais arbóreos e 1.101,06 ha de áreas consolidadas, sendo essas as carciniculturas que se instalaram antes de 22 de julho de 2008, representadas nos Mapas 4 e 7.

Já no cenário atual, essa área conta com 3.824,19 ha de áreas de apicum, 830,16 ha de corpos de água, 8.326,89 ha de vegetação Restinga/Caatinga, 6.522,3 ha de manguezais arbóreos e 2.097,72 ha de novos empreendimentos, sendo estes os que se instalaram após a data de 22 de julho de 2008, como identificadas nos Mapas 5 e 8. Essa região apresentou a mais impactada em redução de manguezal arbóreo dentre as três áreas, com regressão de 4.329 ha.

No Gráfico 2, temos as mudanças ocorridas no intervalo de 2008 a 2023, mostrando as áreas sofreram modificações no seu uso e ocupação.

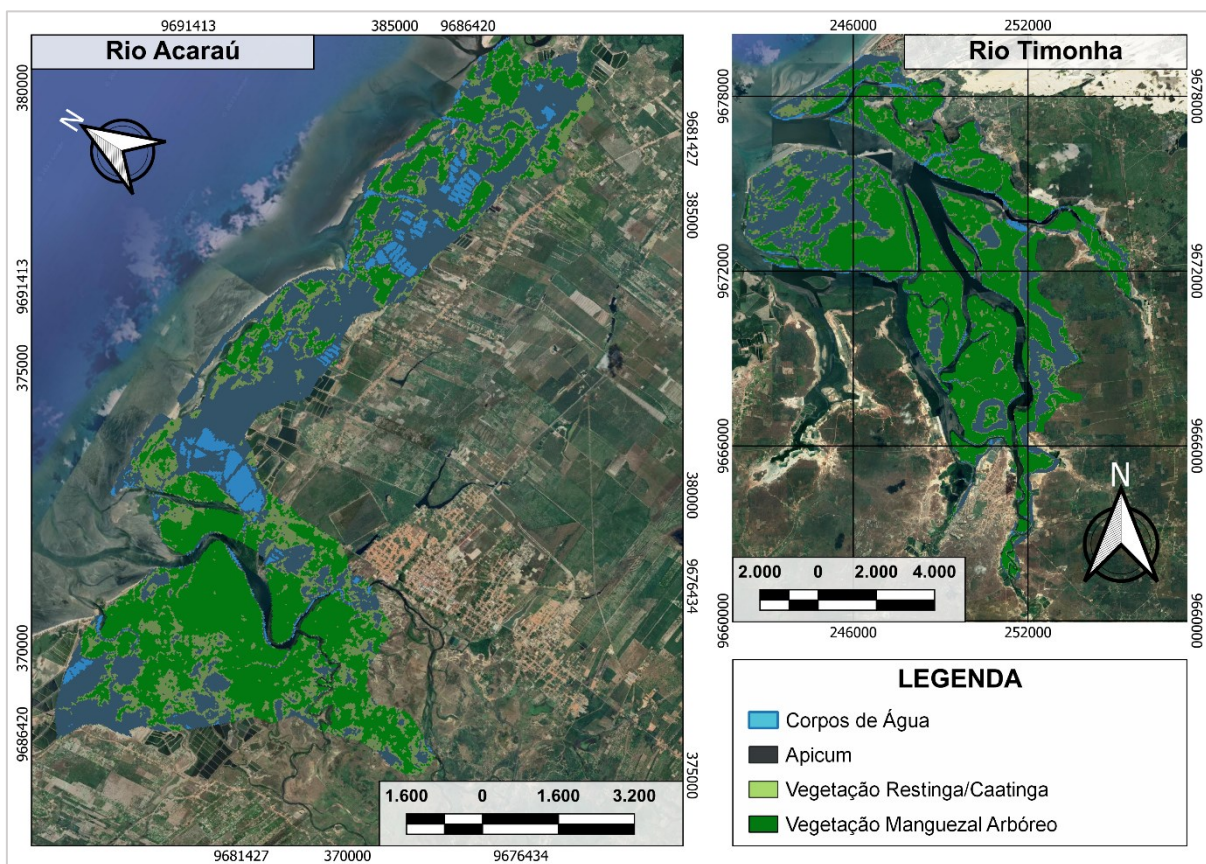
Gráfico 2 - Evolução das áreas de 2008 para 2023, no Litoral Oeste do Ceará, Brasil.



Fonte: Autoria própria (2023).

O Mapa 4, ilustra a composição das áreas de planície inundada referentes aos rios Acaraú e Timonha até o período de 22 de julho de 2008.

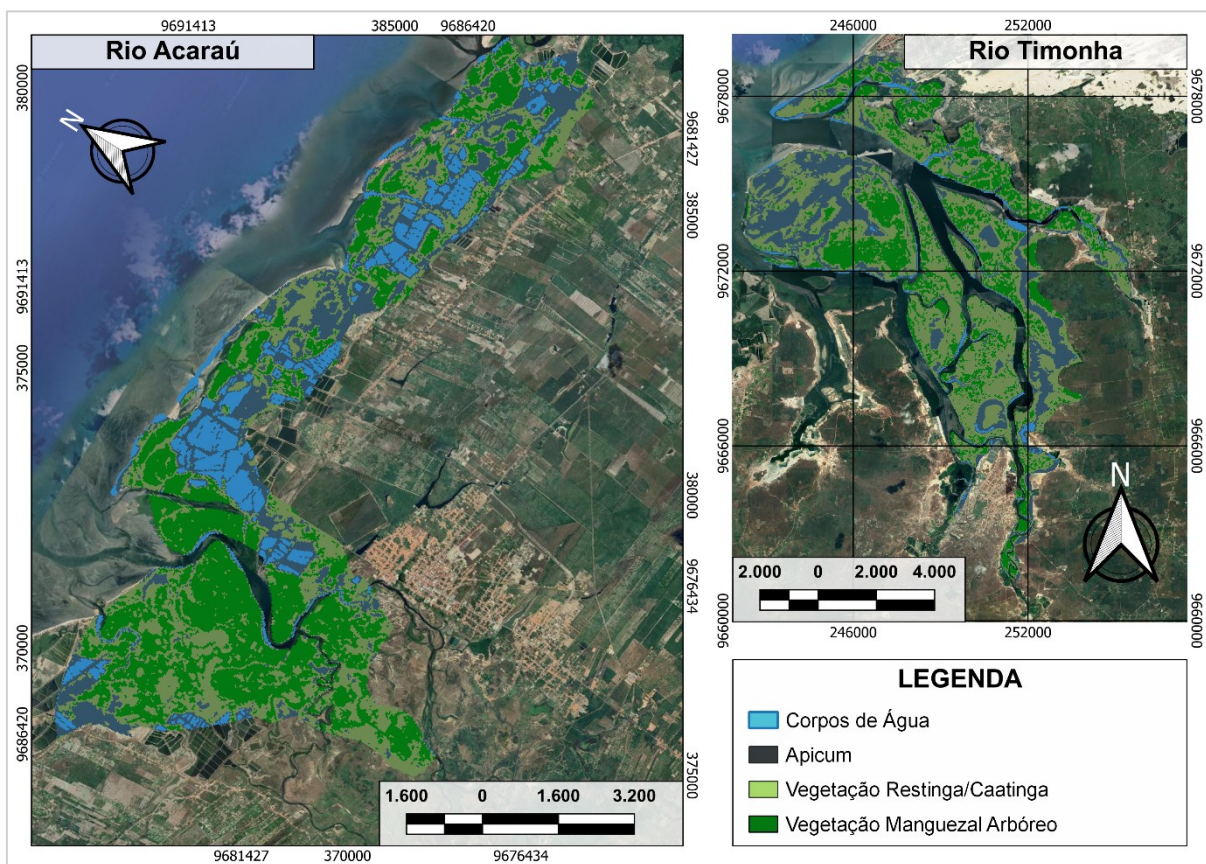
Mapa 4 – Uso e ocupação do solo até 22 de julho de 2008, Rios: Acaraú e Timonha.



Fonte: Autoria própria (2023).

O Mapa 5, já mostra a composição das áreas de planície inundada referentes aos rios Acaraú e Timonha no período mais atual, referente aos anos de 2022/2023, o que possibilita visualizar quais as mudanças ocorreram nesses ambientes.

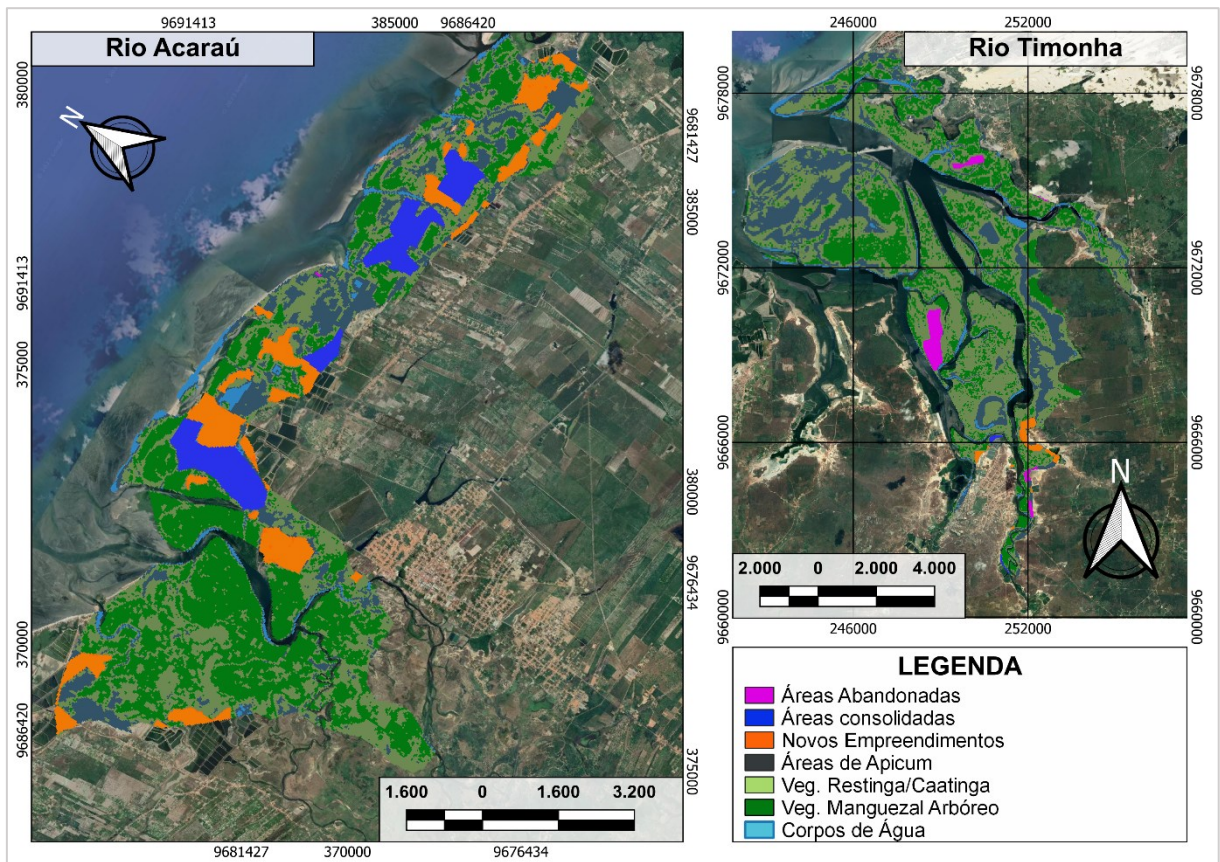
Mapa 5 – O uso e ocupação do solo atualmente 2022/2023, Rios: Acaraú e Timonha.



Fonte: Autoria própria (2023).

O crescimento da atividade de carcinicultura é mostrado no Mapa 6, onde as áreas consolidadas, implantadas antes de 22 de julho de 2008, aparecem na cor azul escuro e os novos empreendimentos, que ocorreram após 22 de julho de 2008, em laranja, em rosa temos as áreas abandonadas.

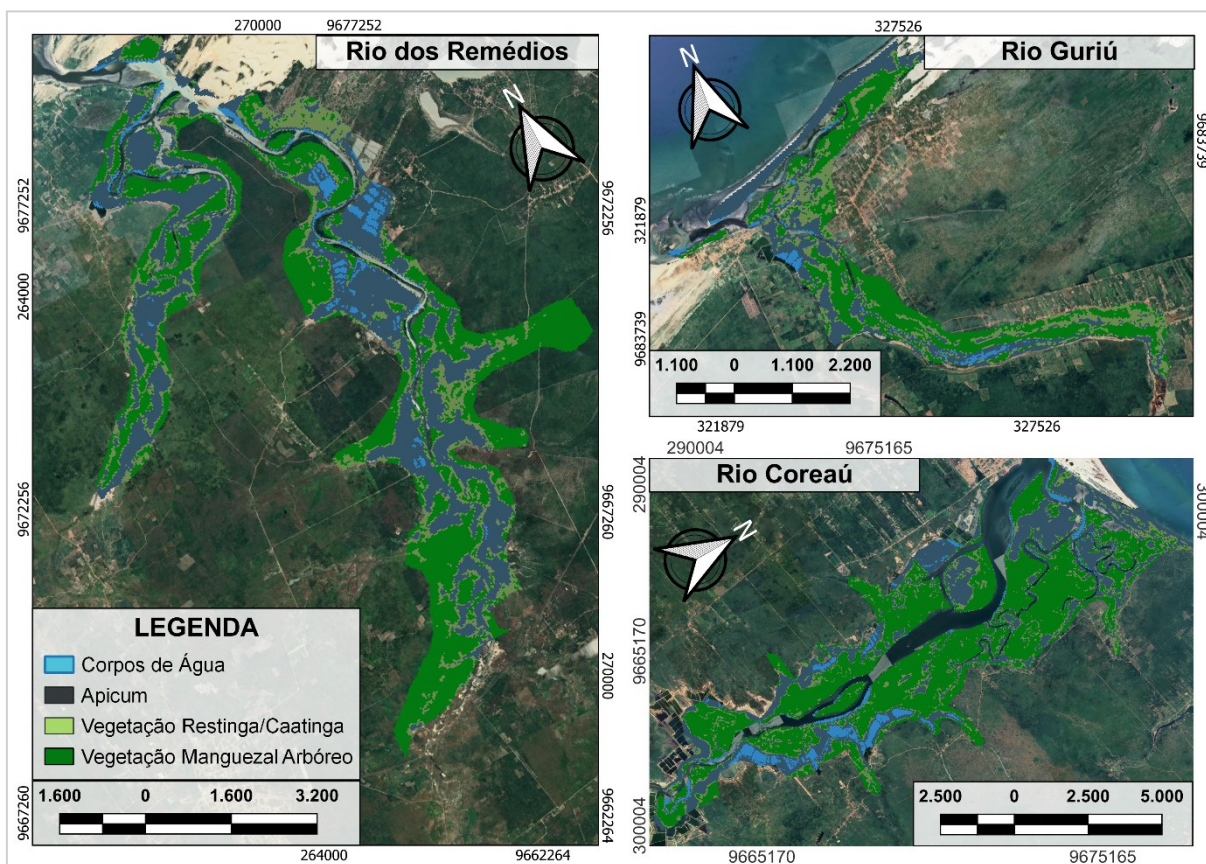
Mapa 6 – Áreas consolidadas, abandonadas e novos empreendimentos no cenário atual 2022/2023, Rios: Acaraú e Timonha.



Fonte: Autoria própria (2023).

O Mapa 7, ilustra a composição das áreas de planície inundada referentes aos rios Remédios, Guriú e Coreaú até o período de 22 de julho de 2008.

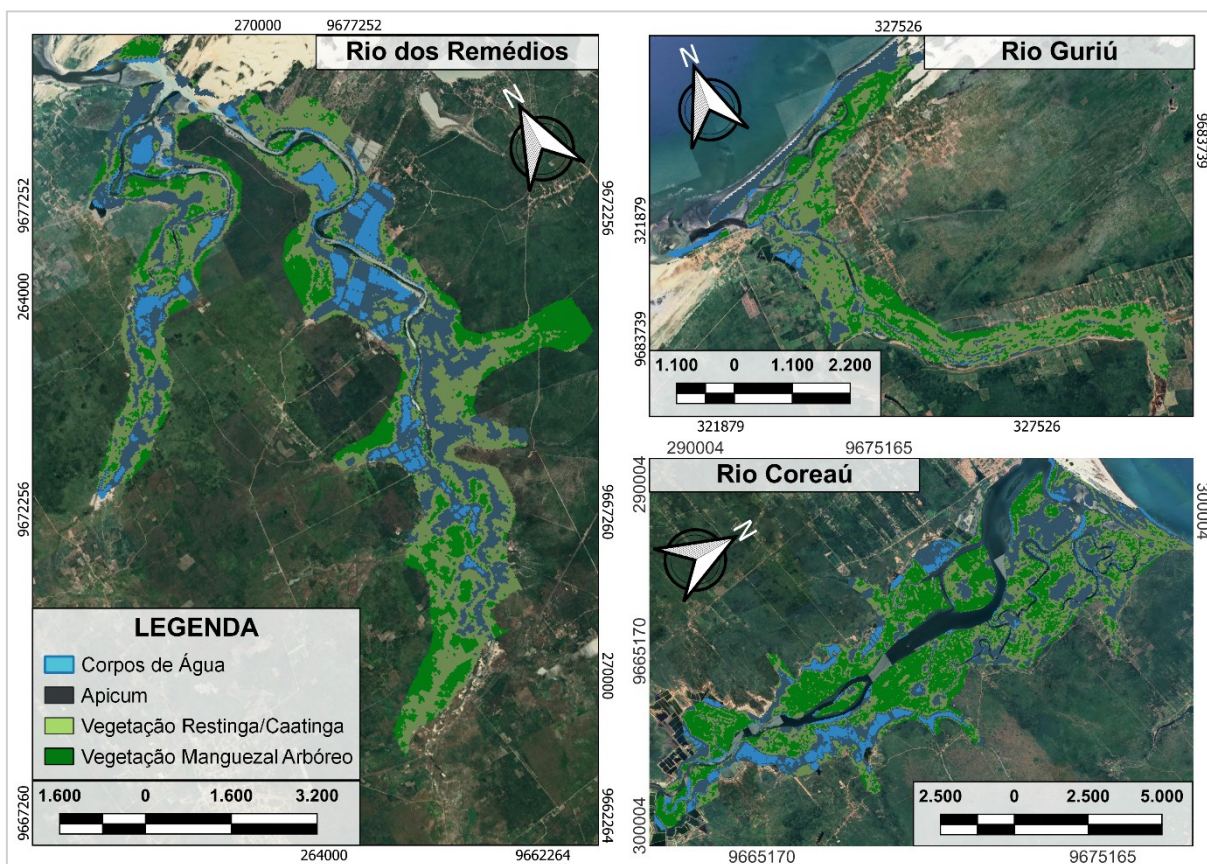
Mapa 7 – Uso e ocupação do solo até 22 de julho de 2008, Rios: Remédios, Guriú e Coreau.



Fonte: Autoria própria (2023).

O Mapa 8, mostra a composição das áreas de planície inundada referentes aos rios Remédios, Guriú e Coreau no período mais atual, referente aos anos de 2022/2023, o que possibilita visualizar quais as mudanças ocorreram nesses ambientes.

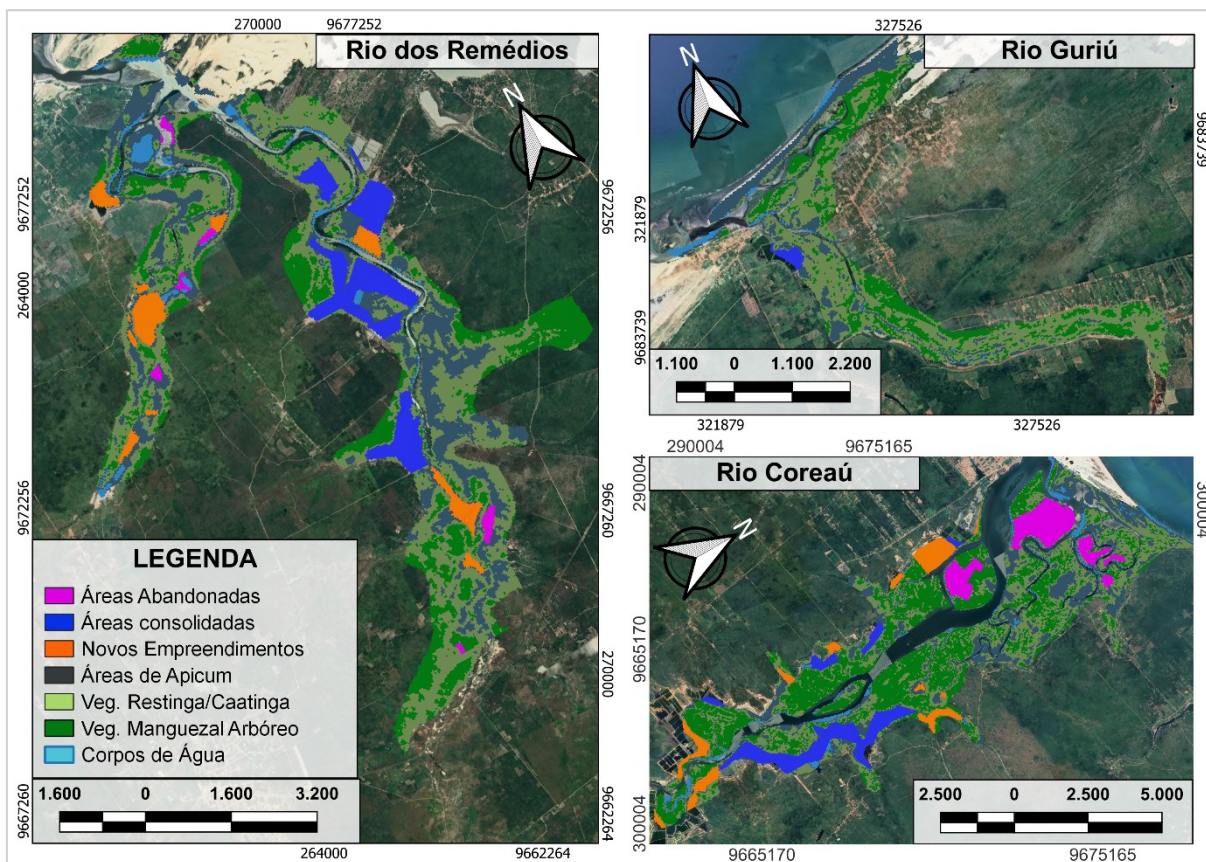
Mapa 8 – O uso e ocupação do solo atualmente 2022/2023, Rios: Remédios, Guriú e Coreaú.



Fonte: Autoria própria (2023).

O desenvolvimento da atividade de carcinicultura é mostrado no Mapa 9, onde as áreas consolidadas, implantadas antes de 22 de julho de 2008, aparecem na cor azul escuro e os novos empreendimentos, que ocorreram após 22 de julho de 2008, em laranja, em rosa temos as áreas abandonadas.

Mapa 9 – Áreas consolidadas, abandonadas e novos empreendimentos no cenário atual 2022/2023, Rios: Remédios, Guriú e Coreau.



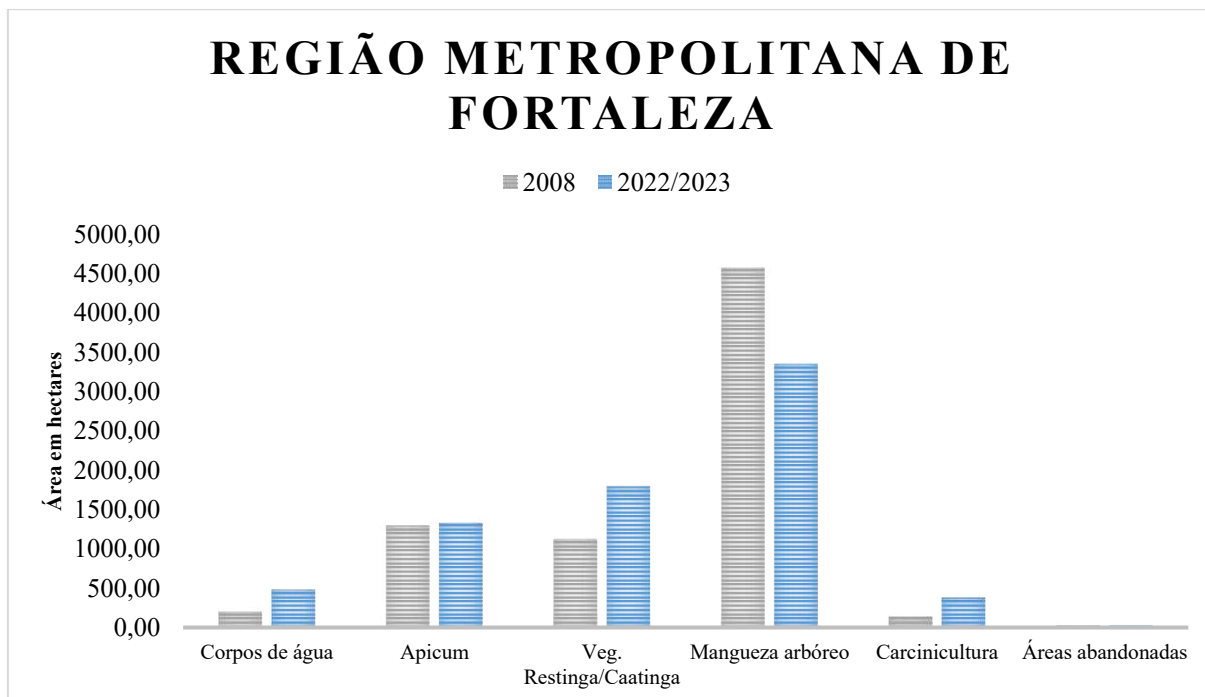
Fonte: Autoria própria (2023).

5.2 Região Metropolitana de Fortaleza

A Região Metropolitana de Fortaleza, até julho 2008, seguia distribuídas em 1298,16 ha de áreas de apicum, 202,14 ha de corpos de água, 1.126,44 ha de vegetação Restinga/Caatinga e 4.570,83 ha de manguezais arbóreos e 139,23 ha de áreas consolidadas, sendo as carciniculturas que se instalaram antes de 22 de julho de 2008, como identificadas nos Mapas 10 e 13.

No cenário atual, essa área passou a ser composta por 1.331,01 ha de áreas de apicum, 483,48 ha de corpos de água, 1.794,87 ha de vegetação Restinga/Caatinga, 3.348,27 ha de manguezais arbóreos e 379,17 ha de novos empreendimentos, sendo aqueles que se instalaram após a data de 22 de julho de 2008, como identificadas nos Mapas 11 e 14. No Gráfico 3, temos as mudanças ocorridas no intervalo de 2008 a 2023, mostrando as áreas sofreram modificações no seu uso e ocupação.

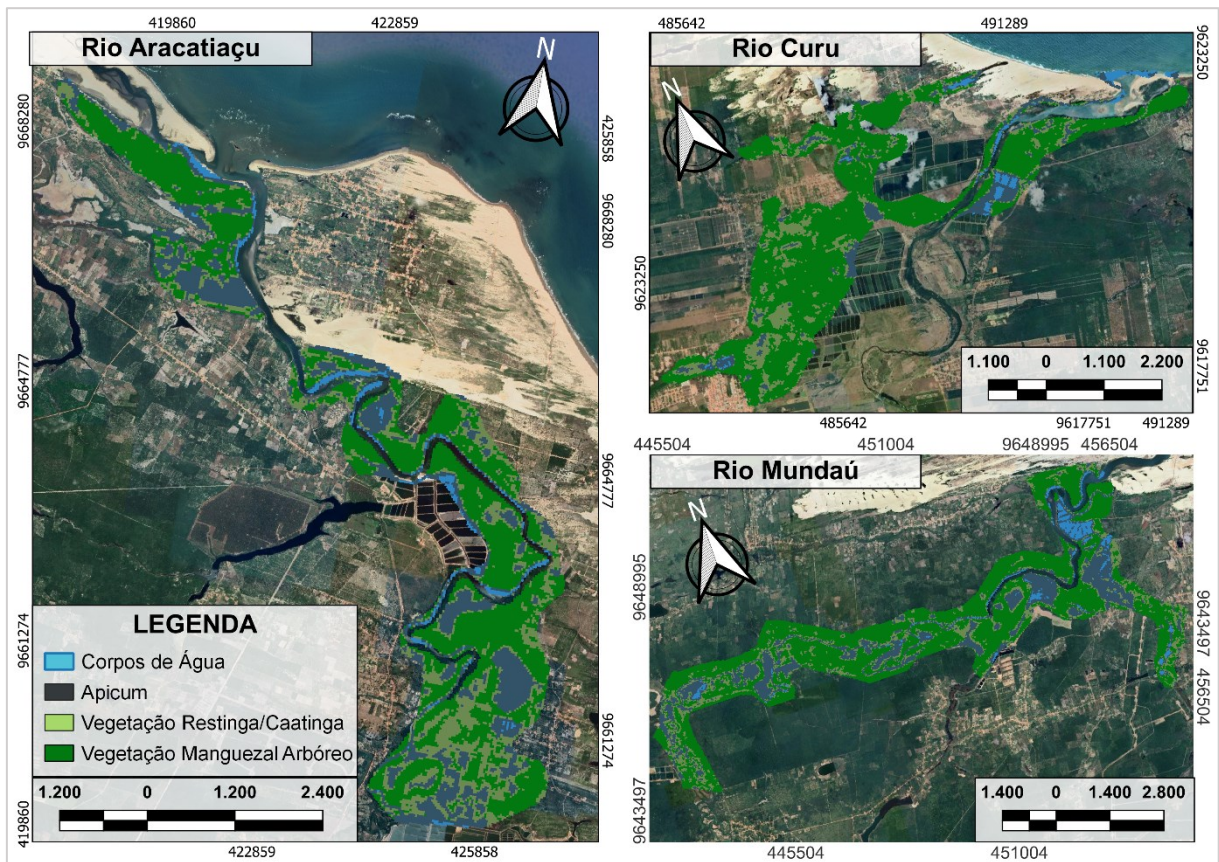
Gráfico 3 – Evolução das áreas de 2008 para 2023, Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará (CE), Brasil.



Fonte: Autoria própria (2023).

No Mapa 10, temos a ilustração da composição das áreas de planície inundada referentes aos rios Aracatiaçu, Mundaú e Curu, até o período de 22 de julho de 2008.

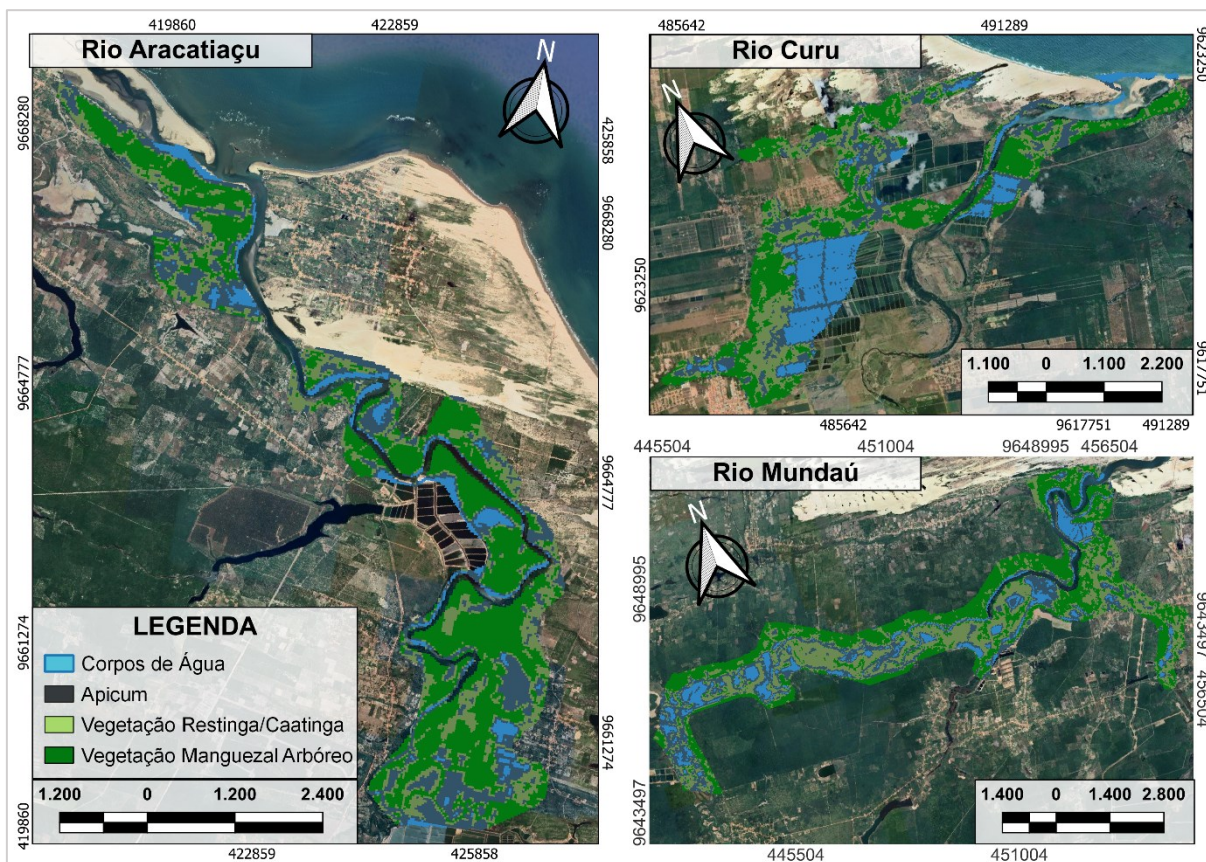
Mapa 10 – Uso e ocupação do solo até 22 de julho de 2008, Rios: Aracatiaçu, Curu e Mundaú.



Fonte: Autoria própria (2023).

O Mapa 11, mostra a composição das áreas de planície inundada referentes aos rios Aracatiaçu, Mundaú e Curu no período mais atual, referente aos anos de 2022/2023, o que possibilita visualizar quais as mudanças ocorreram nesses ambientes.

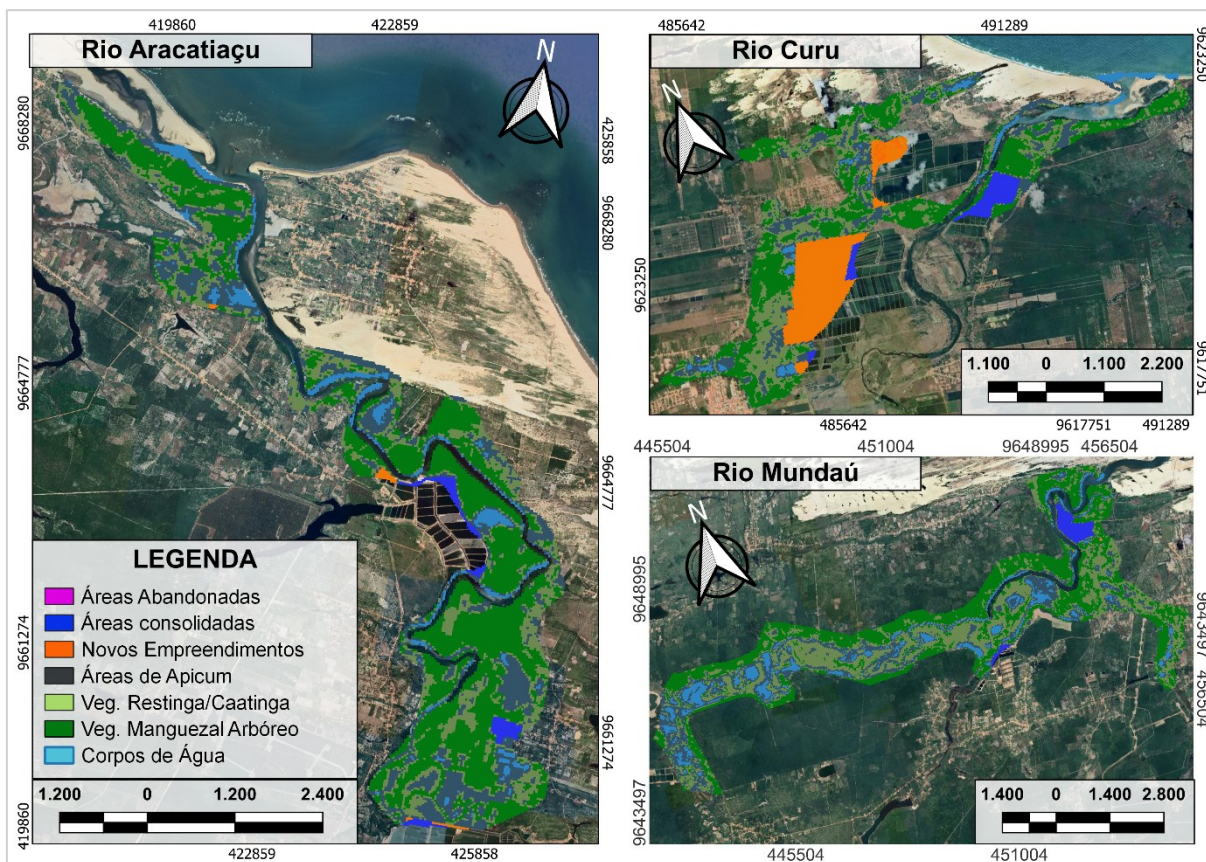
Mapa 11 – O uso e ocupação do solo atualmente 2022/2023, Rios: Aracatiaçu, Curu e Mundaú.



Fonte: Autoria própria (2023).

O crescimento da atividade de cultivo de camarão é mostrado no Mapa12, onde as áreas consolidadas, implantadas antes de 22 de julho de 2008, aparecem na cor azul escuro e os novos empreendimentos, que ocorreram após 22 de julho de 2008, em laranja, em rosa temos as áreas abandonadas, para os rios Aracatiaçu, Curu e Mundaú.

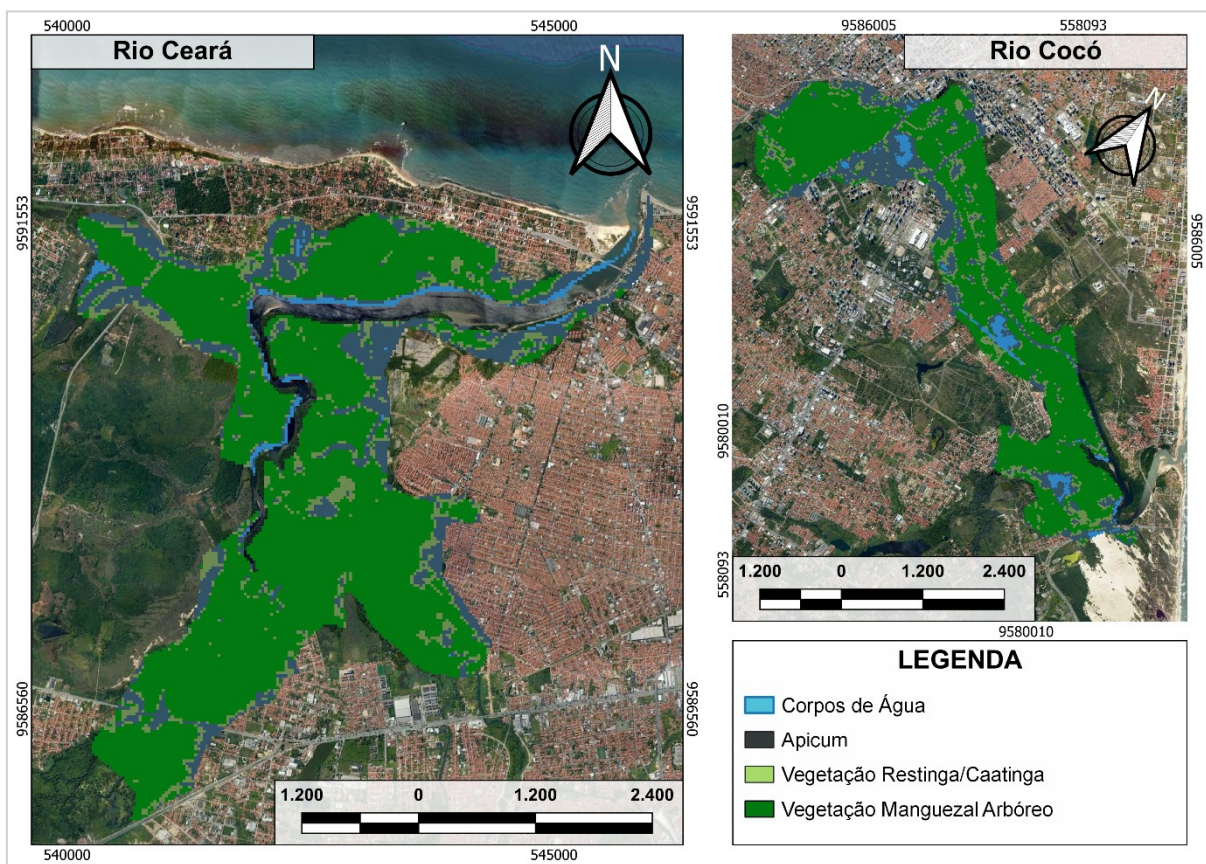
Mapa 12 – Áreas consolidadas, abandonadas e novos empreendimentos no cenário atual 2022/2023, Rios: Aracatiaçu, Curu e Mundaú.



Fonte: Autoria própria (2023).

No Mapa 13, temos a ilustração da composição das áreas de planície inundada referentes aos rios Ceará e Cocó até o período de 22 de julho de 2008.

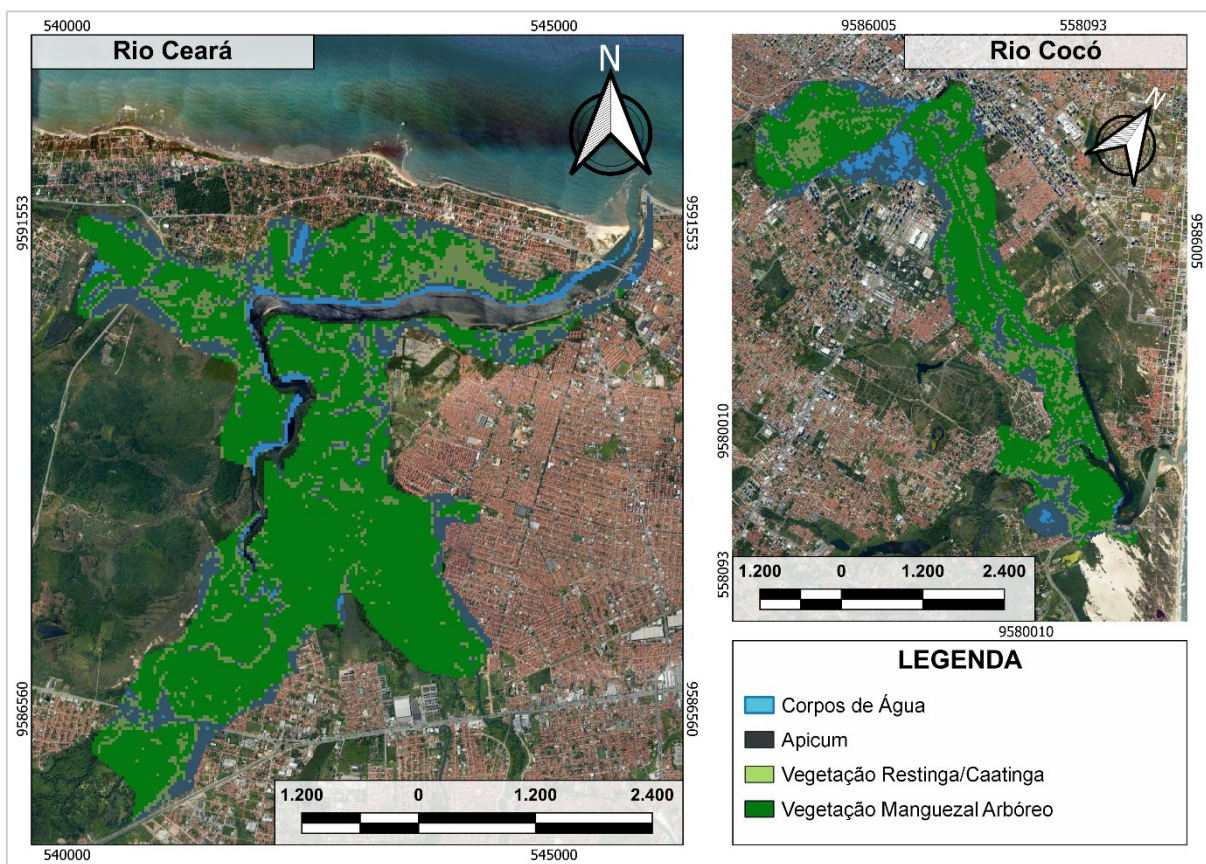
Mapa 13 – Uso e ocupação do solo até 22 de julho de 2008, Rios: Ceará e Cocó.



Fonte: Autoria própria (2023).

O Mapa 14, mostra a composição das áreas de planície inundada referentes aos rios Ceará e Cocó no período mais atual, referente aos anos de 2022/2023, o que possibilita visualizar quais as mudanças ocorreram nesses ambientes.

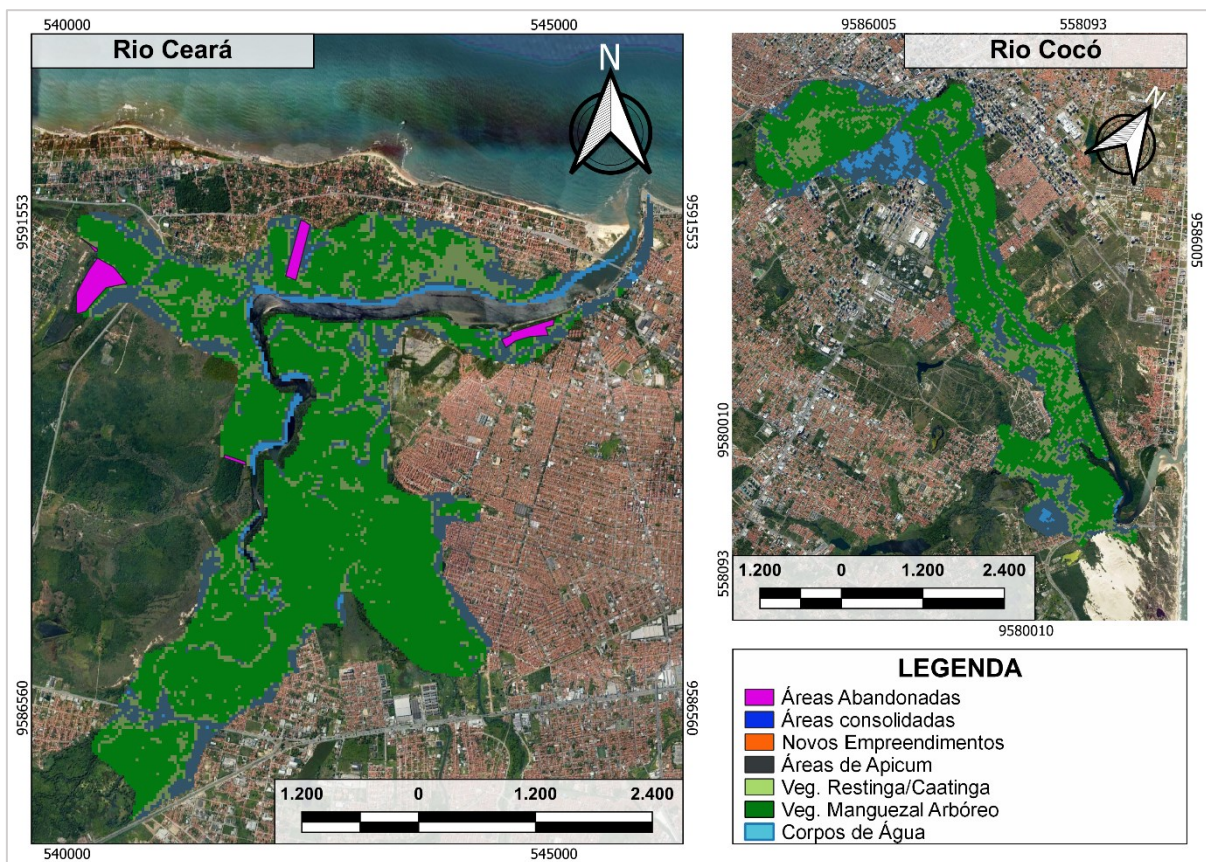
Mapa 14 – O uso e ocupação do solo atualmente 2022/2023, Rios: Ceará e Cocó.



Fonte: Autoria própria (2023).

O crescimento da atividade de cultivo de camarão é mostrado no Mapa 15, onde as áreas consolidadas, implantadas antes de 22 de julho de 2008, aparecem na cor azul escuro e os novos empreendimentos, que ocorreram após 22 de julho de 2008, em laranja, em rosa temos as áreas abandonadas, para os rios Ceará e Cocó.

Mapa 15 – Áreas consolidadas, abandonadas e novos empreendimentos no cenário atual 2022/2023, Rios: Ceará e Cocó.



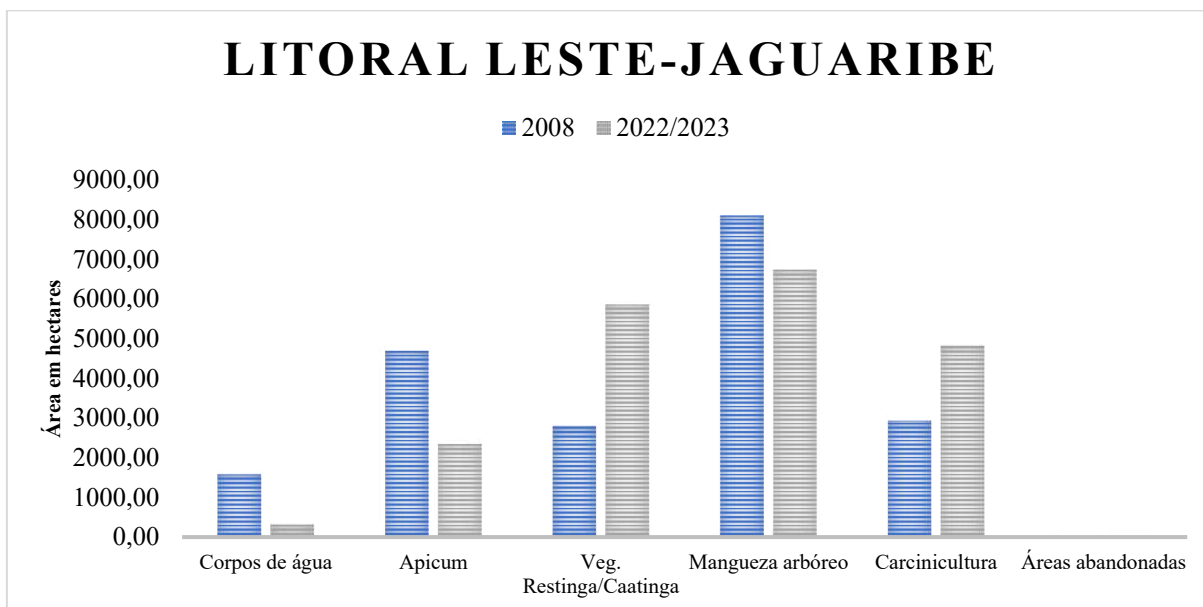
Fonte: Autoria própria (2023).

5.3 Litoral Leste-Jaguaribe

O Litoral Leste-Jaguaribe, até julho 2008, seguiam distribuídas em 4.693,86 ha de áreas de apicum, 1.578,15 ha de corpos de água, 2.796,66 ha de vegetação Restinga/Caatinga e 8.109,18 ha de manguezais arbóreos e 2.929,86 ha de áreas consolidadas, sendo elas as que se instalaram antes de 22 de julho de 2008.

No cenário atual, essa área passou a ser composta por 2.345,94 ha de áreas de apicum, 314,82 ha de corpos de água, 5.864,58 ha de vegetação Restinga/Caatinga, 6.750,18 ha de manguezais arbóreos e 4.832,19 ha de novos empreendimentos, sendo as carciniculturas que se instalaram depois de 22 de julho de 2008. Um dado relevante para essa região é ocorreu o maior crescimento no cultivo de camarões, entre as três áreas analisadas, cerca de 1.902 ha de expansão. No Gráfico 4, temos as mudanças ocorridas no intervalo de 2008 a 2023, mostrando as áreas sofreram modificações no seu uso e ocupação.

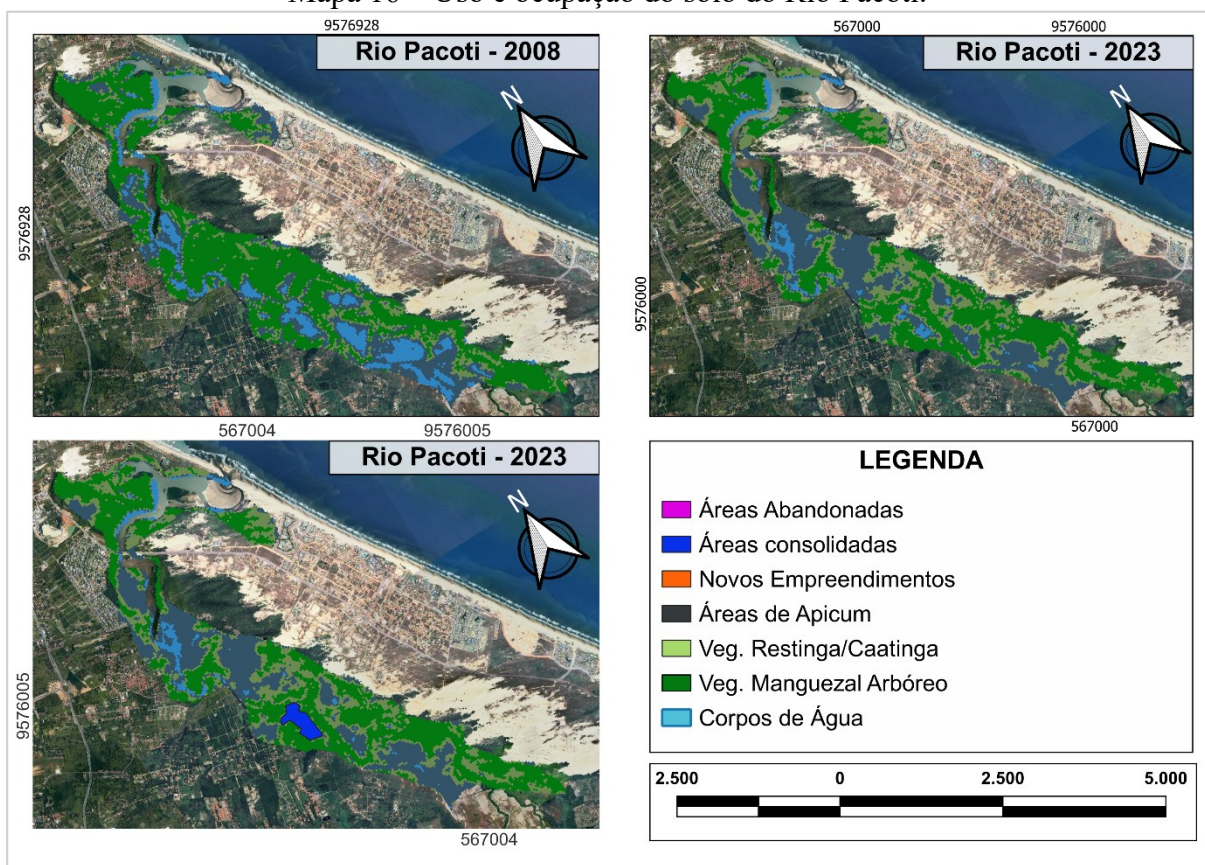
Gráfico 4 - Evolução das áreas de 2008 para 2023, Litoral Leste-Jaguaribe, Ceará, Brasil.



Fonte: Autoria própria (2023).

No Mapa 16, temos a ilustração da composição das áreas de planície inundada referente ao rio Pacoti, até o período de 22 de julho de 2008, mostra também a composição das áreas de planície inundada referente ao período mais atual de 2022/2023, o que possibilita visualizar quais as mudanças ocorreram nesses ambientes e o crescimento da carcinicultura, onde as áreas consolidadas, implantadas antes de 22 de julho de 2008, aparecem na cor azul escuro e os novos empreendimentos, que ocorreram após 22 de julho de 2008, em laranja, em rosa temos as áreas abandonadas.

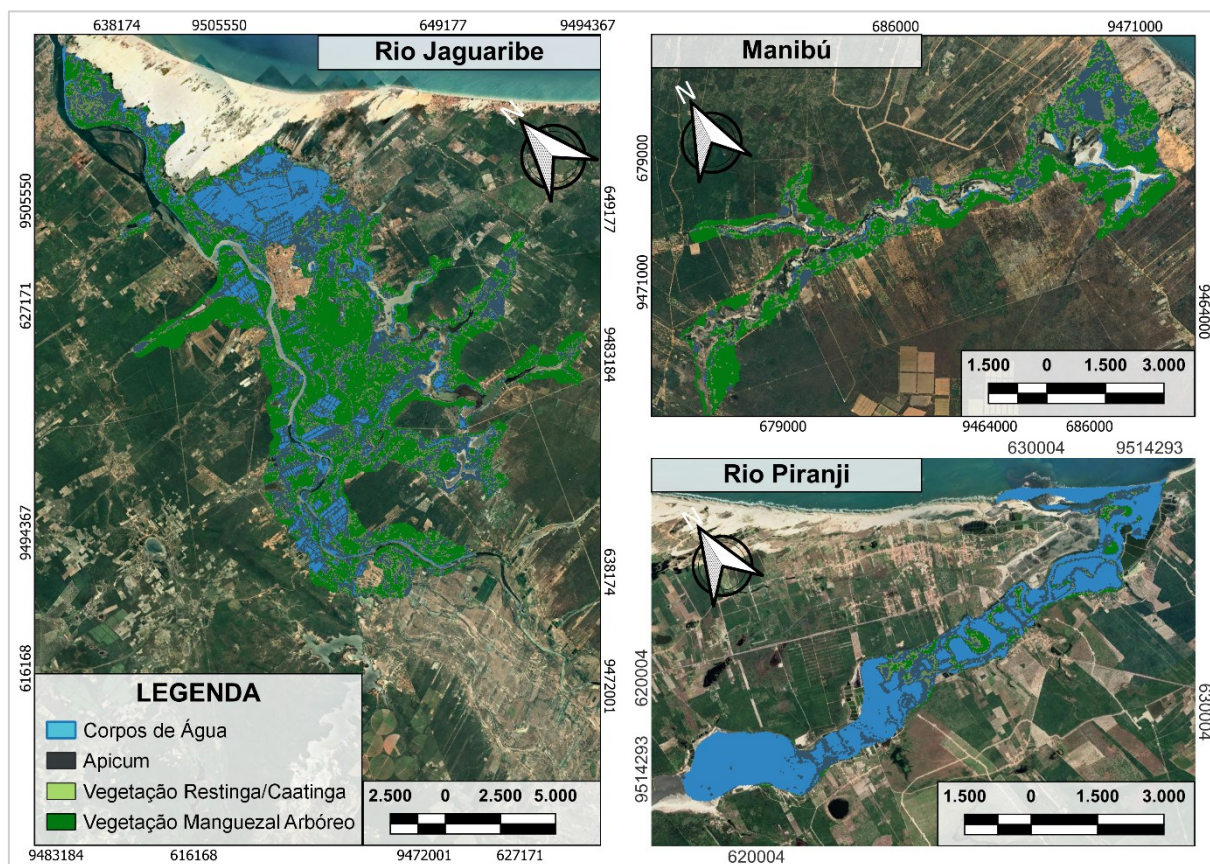
Mapa 16 – Uso e ocupação do solo do Rio Pacoti.



Fonte: Autoria própria (2023).

No Mapa 17, temos a ilustração da composição das áreas de planície inundada referentes aos rios Jaguaribe, Manibú e Piranji, até o período de 22 de julho de 2008.

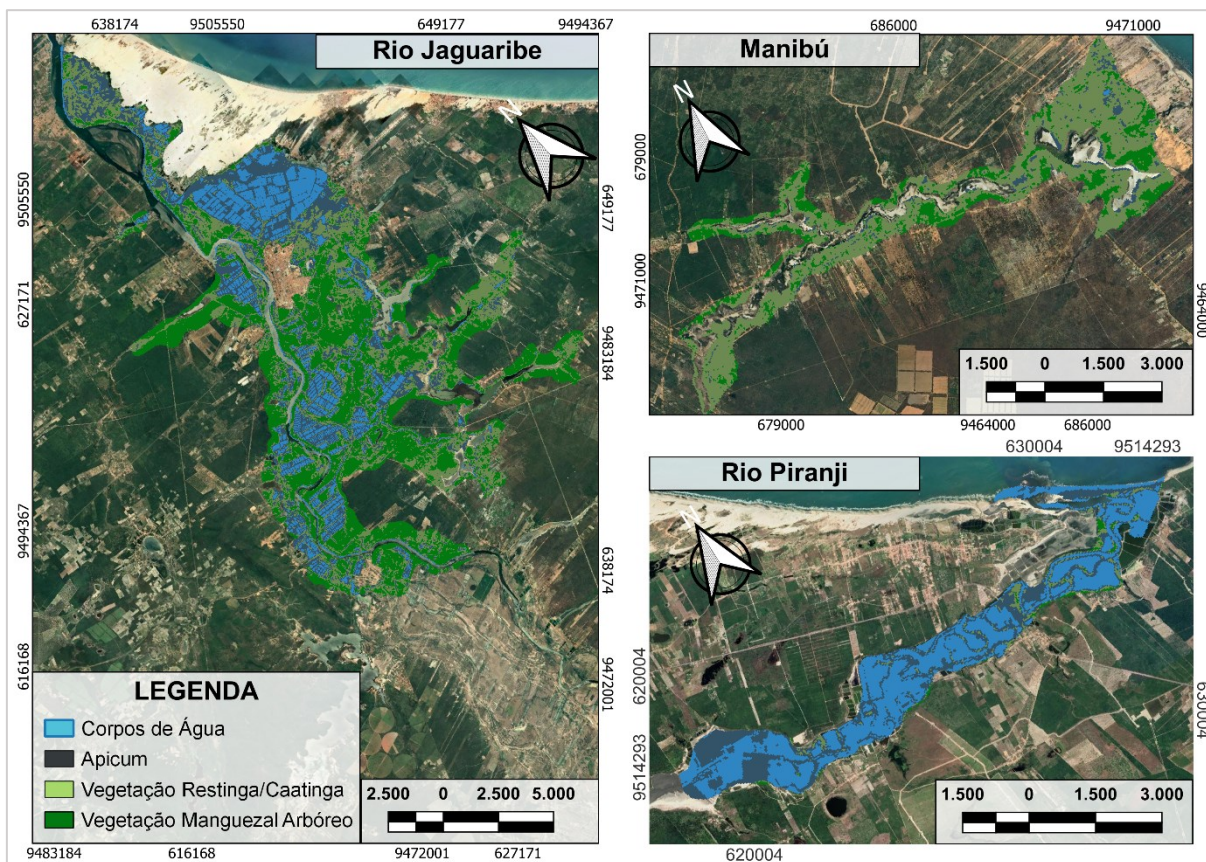
Mapa 17 – Uso e ocupação do solo até 22 de julho de 2008, Rios: Jaguaribe, Manibú e Piranji.



Fonte: Autoria própria (2023).

O Mapa 18, mostra a composição das áreas de planície inundada referentes aos rios Jaguaribe, Manibú e Piranji no período mais atual, referente aos anos de 2022/2023, o que possibilita visualizar quais as mudanças ocorreram nesses ambientes.

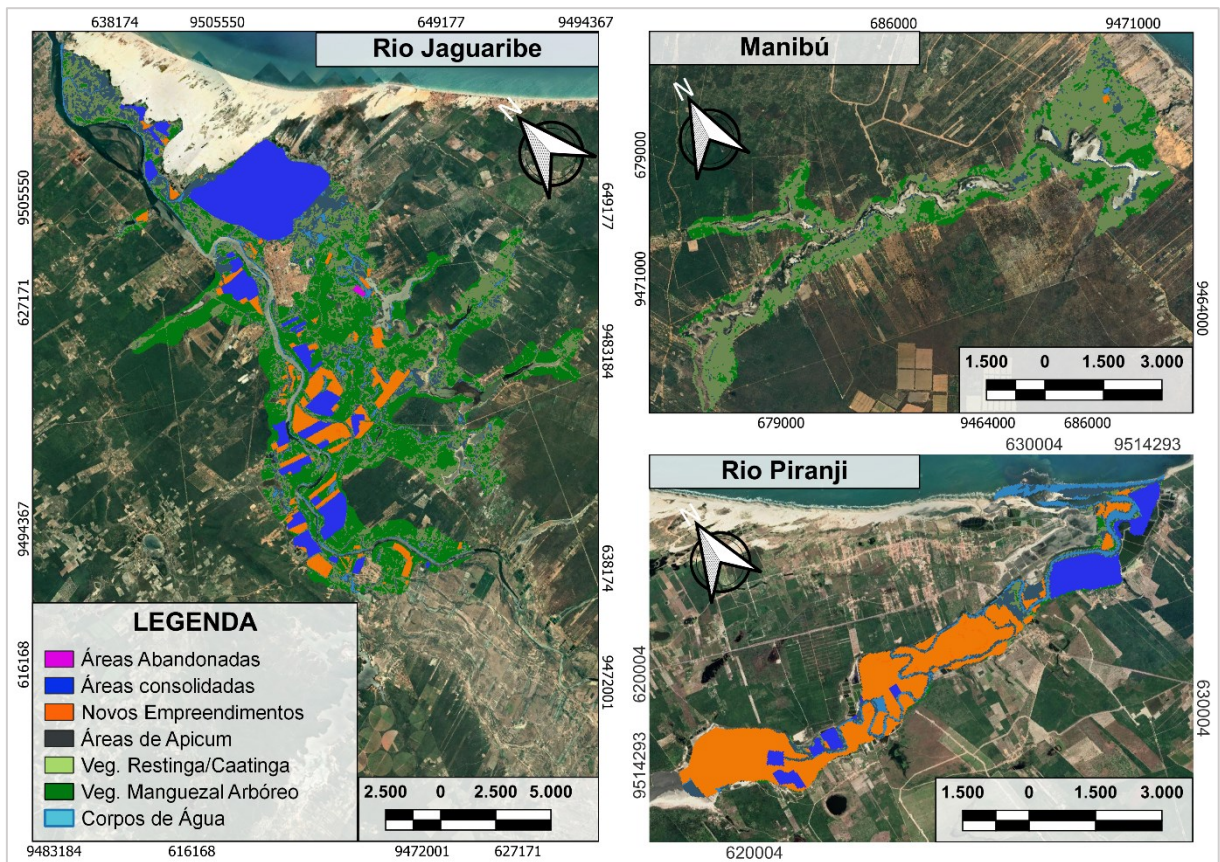
Mapa 18 – O uso e ocupação do solo atualmente 2022/2023, Rios: Jaguaribe, Manibú e Piranji.



Fonte: Autoria própria (2023).

O crescimento da atividade de cultivo de camarão é mostrado no Mapa 19, onde as áreas consolidadas, implantadas antes de 22 de julho de 2008, aparecem na cor azul escuro e os novos empreendimentos, que ocorreram após 22 de julho de 2008, em laranja, em rosa temos as áreas abandonadas, para os rios Jaguaribe, Manibú e Piranji.

Mapa 19 – Áreas consolidadas, abandonadas e novos empreendimentos no cenário atual 2022/2023, Rios: Jaguaribe, Manibú e Piranji.



Fonte: Autoria própria (2023).

6 DISCUSSÕES

Até julho 2008, o Estado do Ceará (CE) possuía 11.928,42 ha de área de apicum, 35% dessa área, 4.174,95 ha, podendo ser utilizados para carcinicultura segundo a Lei 12.651/2012. Com a expansão de 3.138,93 ha da atividade registrada pelo mapeamento dos anos 2022/2023, restam apenas 1.036,02 ha de área disponível atualmente para o desenvolvimento da produção de camarões.

Vale ressaltar que as novas áreas produtivas, que representaram um aumento de 75% da atividade, estão sob insegurança jurídica, caso não tenham procurado os meios legais para implantação das fazendas, ressaltando a importância da fiscalização da área, e relevância dos produtores procurarem a regularização, já que no Ceará cerca de 80% dos empreendimentos não possuem licenciamento ambiental, segundo a Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará (QUINTELA, 2022).

Por outro lado, foi observado uma redução de 37,12% em relação as áreas de apicuns, mostrando que outros fatores também estão influenciando na dinâmica dessas áreas, como o aumento substancial de vegetação de restinga/caatinga, que representou cerca de 54,86% em comparação ao ano de 2008, e deve ser estudado para avaliar causas e implicações futuras, já que representa uma mudança significativa nas características naturais do ambiente em espaço relativamente curto de tempo, que podem ser devidos as condições de seca que ocorreu no Estado entre os ano de 2011 e 2016 (RODRIGUES, 2020).

O manguezal arbóreo também sofreu uma redução de 29,37%, fator extremamente relevante, uma vez que comprovada a importância dos serviços ecossistêmicos prestados por esse tipo de biocenose e o impacto que eles representam nos processos climáticos, como por exemplo, na captura de carbono, onde estudos indicam que a degradação dos manguezais resulta em emissões anuais de carbono estimadas entre 0,02 a 0,12 Pg (picogramas), correspondendo a aproximadamente 10% das emissões totais causadas pelo desmatamento em escala global. Isso é notável, considerando que os manguezais ocupam apenas 0,7% da área total das florestas tropicais. (DONATO et al., 2011).

Outro ponto relevante encontrado durante o mapeamento, foram os empreendimentos abandonados, onde as áreas somadas desses empreendimentos gerem um total de 611,28 ha, cuja sua produção se encontra inativa. Estas áreas estão apenas com a estrutura física visível, com formatos característicos de viveiros, já sem água, indicando parada da atividade, muitos já cobertos parcialmente pela vegetação de mangue ou vegetação associadas, mostrando que já se encontram há muito tempo nessa condição.

Grande parte desses empreendimentos estão em áreas de manguezais arbóreos densos, e que provavelmente foram suprimidos durante a implantação, o que pode ser um fator determinante para o abandono da área; em outras áreas, é possível perceber grande proximidade da margem do rio, ocorrendo possivelmente invasão de áreas de proteção permanente, e ainda tem as áreas que não se enquadram nas descrições anteriores e que poderiam ser reativadas mediante o estudo prévio mais preciso da área em questão, pois estão distantes de áreas que possivelmente gerariam impedimento legal, pela legislação vigente de proteção a vegetação nativa.

Levando em consideração as três subáreas estudadas, o Litoral Leste-Jaguaribe foi a região que apresentou maior crescimento na carcinicultura, com um aumento de 1.902 ha, já a região do Litoral Oeste foi a mais impactada na redução de mangue arbório, tendo uma redução de 4.329 ha de mangue. Em potencial para área de expansão a região do Litoral Oeste se mostra com maior quantitativo de áreas de apicuns disponíveis, podendo oferecer oportunidade de crescimento dentro do aparato legal.

7 CONCLUSÃO

As áreas de apicuns do Estado brasileiro de Ceará possuem atualmente 1.036,02 ha de área disponível para a expansão da carcinicultura, segundo a Lei de Proteção a Vegetação Nativa (12.651/12, art.11-A). Embora o mapeamento tenha mostrado que houve uma redução de 37,12% dessa fitofisionomia, ela não ocorreu integralmente pela ação da criação de camarões.

Quanto a segurança jurídica dos empreendimentos, cerca de 4.170,15 ha de área consolidada, estão asseguradas legalmente pela Lei 12.651/2012, podendo regularizar sua situação; já os 3.138,93 ha dos novos empreendimentos, ficam sob insegurança jurídica.

As áreas abandonadas correspondem a 611,28 ha, um dado importante para avaliar a atual situação desses locais e verificar as melhores medidas a serem tomadas.

As vegetações de restinga/caatinga, mostraram um grande aumento de 54,86%, que pode ser devido ao fluxo baixo de chuvas que ocorreram no período de seca, por serem vegetações adaptadas ao clima semiárido, contrapondo as vegetações de mangue, que dependem das condições pluviométricas e a da dinâmica das marés.

Com base nesse levantamento realizado com técnicas de geoprocessamento, foi possível identificar e compreender mais profundamente as áreas já ocupadas pela carcinicultura, aquelas ainda disponíveis para ocupação, bem como suas interconexões, sobre os empreendimentos que estão passíveis ou não de legalização.

Esse levantamento preliminar se torna uma ferramenta essencial para facilitar a implementação da Lei Federal N° 12.651/2012, que trata da proteção da vegetação nativa, mostrando como é necessário um mapeamento aprofundado para gerar dados concisos que sirvam de base para guiar medidas de ordenamento dessas áreas.

REFERÊNCIAS

ABCCAM - Associação Brasileira de Criadores de Camarão. Atlas dos manguezais do nordeste do Brasil: Avaliação das áreas de manguezais dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Fortaleza/Ceará, 2006. Disponível em: <http://www.abccam.com.br/Atlas-dos-manguezais-do-nordeste-do-Brasil.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2023.

ALONGI, D. M. (2008). Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1), 1-13.

ALONGI, D. M. (2008). Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1), 1-13.

ATLAS DO CAMARÃO. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1BEbR49UdTLWIhk1ll4KHi-wP9fD_iJgV/view. Acesso em: 02 de outubro de 2023.

AZEVEDO, C. C. P. et al. Shrimp farming and small-scale fishermen in northeastern Brazil: Lessons for fishing livelihood and management. *Marine Policy*, v. 97, p. 214-221, 2018.

BANNARI, A., MORIN, D., BONN, F., & HUETE, A. R. (1995). A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, 13(1-2), 95-120.

BARBIER, E. B., et al. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), 169-193.

BOYD, C. E., & TUCKER, C. S. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Springer.

BOYD, C. E.; DAVIS, D. A. *Aquacultura: Princípios e Práticas*. 3ª ed. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2017.

BRASIL. (2006). Lei Federal nº 11.428/2006 - Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acessando 04 de outubro de 2023.

BRASIL. (2009). Lei Federal nº 11.959, de 29 de junho de 2009. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca.

BRASIL. (2012). Lei Nº 12.651/2012 - Código Florestal Brasileiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acessando 04 de outubro de 2023.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 15 out. 2023.

CEARÁ. (2023). Secretaria do Meio Ambiente. *Clima*. Disponível em: <<https://www.sema.ce.gov.br/clima/>>. Acesso 04 de outubro de 2023.

CPRM. (2021). Serviço Geológico do Brasil. Estudos da Subida do Nível do Mar no Litoral Brasileiro. Disponível em: <<https://www.cprm.gov.br/sicnr/index.php/ultimas-noticias/1444-novo-estudo-da-cprm-avalia-impactos-da-subida-do-nivel-do-mar-no-litoral-brasileiro>>. Acesso 04 de outubro de 2023.

DONATO, D. C., et al. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4(5), 293-297.

DONATO, D. C., KAUFFMAN, J. B., MURDIYARSO, D., KURNIANTO, S., STIDHAM, M., & KANNINEN, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the topics. *Nature Geoscience*, 4 (5), 293-297. doi:10.1038/ngeo1123

DUKE, N. C. A world without mangroves? *Science*, Pensilvânia, v.317, n.5834, p.41-42, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em <<https://www.embrapa.br/>>. Acessado em 02 de outubro de 2023.

FAO. (2015). The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Retrieved from <<http://www.fao.org/3/a-i3720e/index.html>>. Acesso em: 02 de outubro de 2023.

FERNANDES, R. T. V.; et al. (2021). Geoprocessamento e Estudos Urbanos Auxiliados por QGIS. LF Editora.

FURTADO, P. S., & HENRY-SILVA, G. G. (2017). Sustainable shrimp farming in Brazil: The roles of research and management. *Reviews in Aquaculture*, 9(2), 95-112.

GILMAN, E., et al. (2008). Climate change and sea-level rise impacts on mangrove ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 17(3), 347-364.

GLOBAL AQUACULTURE ALLIANCE (GAA). (2021). Best Aquaculture Practices (BAP). [Online]. Disponível em: <https://bapcertification.org/>.

GOWARD, S. N., MARKHAM, B., & DYE, D. (1985). Normalized difference vegetation index in the advanced very high resolution radiometer. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 66(41), 676-676.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acessado em 01 de outubro de 2023.

IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE, 2023). Quantidade produzida da aquicultura, segundos os produtos (Quilogramas). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2021>>. Acesso em: 03 outubro de 2023.

IBGE - SIDRA. (2022). Produção da Pecuária Municipal. Retrieved from <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2022>>. Acesso em: 02 de outubro de 2023.

ICMBIO. (2018). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br>>. Acesso 04 de outubro de 2023.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Atlas dos Manguezais do Brasil. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. 176 p.: il. ISBN 978-85-61842-75-8. Disponível em <<https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/17L00001.pdf>> Acessado em 02 de outubro de 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). Ceará em Commais: Cadeia Produtiva do Camarão no Ceará. Fortaleza, 2020.

JENSEN, J. R. (2016). Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Pearson.

LEE, S. Y., HAMILTON, S., & BARBIER, E. B. (2015). The economic value of estuaries: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 152, 215-229.

LIMA, F. J. S.; LIMA, J. L. S. Clima. In: LIMA, F. J. de S.; SÁ, A. C. A. de; ARAÚJO, R. R. (Eds.). **Diagnóstico Ambiental do Estado do Ceará**. 2ª ed. Fortaleza: SEMACE, 2015.

LINDÉN, O. (2000). Aquaculture and the environment in the European Union. *Environmental Management*, 25(4), 409-425.

LONGLEY, P. A., GOODCHILD, M. F., MAGUIRE, D. J., & RHIND, D. W. (2015). *Geographic Information Science and Systems*. John Wiley & Sons.

LUTHER, D. A., GREENBURG, R. (2009). Mangroves: A Global Perspective on the Evolution and Conservation of Their Terrestrial Vertebrates. *Bioscience*, 59 (8), 602–612. doi:10.1525/bio.2009.59.8.7

MARINHA DO BRASIL. (2023). Cartas Náuticas. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/dhn/chm/cartas-nauticas>>. Acesso 04 de outubro de 2023.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/>>. Acessado em 02 de outubro de 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action. Roma, 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action. Roma, 2021.

PETTORELLI, N., VIK, J. O., MYSTERUD, A., GAILLARD, J. M., TUCKER, C. J., & STENSETH, N. C. (2005). Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges. *Journal of Applied Ecology*, 42(5), 841-851.

PINTO, A. R. M.; COELHO, D. C. L. Uso de Geotecnologias para o Mapeamento de Áreas de Apicum em uma Região Ocupada pela Atividade Salineira. E-book do Curso de Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento, 2021.

PONTES, R. M., et al. (2013). Erosão Costeira: Causas, Consequências e Medidas de Controle. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/dossie_erosao_costeira_final.pdf>. Acesso 04 de outubro de 2023.

PRIMAVERA, J. H. (2006). Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. *Ocean & Coastal Management*, 49(11-12), 531-545.

QUINTELA, SAMUEL. "Baixo nível de regularização ambiental trava produção de camarão no Ceará". Diário do Nordeste, disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/opiniao/colunistas/samuel-quintela/baixo-nivel-de-regularizacao-ambiental-trava-producao-de-camarao-no-ceara-1.3250177>>, publicado em 03 de julho de 2022. Acesso em 05 de outubro de 2023.

RODRIGUES, RUBENS. "Ceará tem quadra chuvosa acima da média histórica pela primeira vez na década". O Povo, disponível em: <<https://www.opovo.com.br/noticias/fortaleza/2020/06/01/ceara-tem-quadra-chuvosa-acima-da-media-historica-pela-primeira-vez-na-decada.html>>, publicado em 01 de junho de 2020. Acesso em 15 de outubro de 2023.

ROUSE, J. W., HAAS, R. H., SCHELL, J. A., & DEERING, D. W. (1974). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. In Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium (Vol. 1, pp. 309-317).

ROY, D. P., WULDER, M. A., LOVELAND, T. R., WOODCOCK, C. E., ALLEN, R. G., ANDERSON, M. C., ... & SCAMBOS, T. A. (2014). Landsat-8: science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154-172.

SETUR-CE. (2023). Secretaria do Turismo do Estado do Ceará. Disponível em: <<http://www.setur.ce.gov.br/>>. Acesso 04 de outubro de 2023.

SILVA, J. S.; SOUZA, S. N. ARAÚJO, M. J. C. Zoneamento Agroecológico do Estado do Ceará. Embrapa Agroindústria Tropical, 2010.

TOMLINSON, P. B. (1986). *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press.

TUCKER, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127-150.

USGS. (2023). Landsat Missions. Disponível em <<https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-missions>> acessado em 15 de outubro de 2023.

XIMENES, L. F; VIDAL, M. F.; Caderno Setorial ETERN. Banco do Nordeste do Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1736/4/2023_CDS_274.pdf>. Acesso 04 de outubro de 2023.