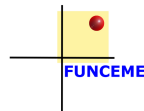


Relatório Técnico v.2

AQUICULTURA – CE

2023



ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME

MAPEAMENTO DAS ÁREAS OCUPADAS COM TANQUES DE AQUICULTURA NO ESTADO DO CEARÁ, 2023

Relatório Técnico Aquicultura v.2



Execução:

Gerência de Estudos e Pesquisas em Meio Ambiente - Gepem

Fortaleza-CE

Julho de 2024

ESTADO DO CEARÁ

Elmano de Freitas da Costa - Governador

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Ramon Flávio Gomes Rodrigues - Secretário

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME

Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins - Presidente

Francisco Hoilton Araripe Rios - Diretor Técnico

Luís César Pinho - Diretor Administrativo/Financeiro

Margareth S Benício de Souza Carvalho - Gerente de Estudos e Pesquisas em Meio Ambiente

Manuel Rodrigues de Freitas Filho - Gerente de Estudos e Pesquisas em Meio Ambiente

EQUIPE TÉCNICA EXECUTORA

Manuel Rodrigues de Freitas Filho, Geógrafo, Doutor em Geografia

Níveo Moreira da Rocha, Geógrafo, Mestre em Geografia

Thais de Oliveira Casela, Geógrafo, Mestre em Geografia

Denis Barbosa de Lima, Geógrafo, Mestre em Geografia

Sumário

01	Apresentação.....	04
02	Procedimentos Metodológicos.....	05
03	Resultados.....	10
04	Conclusões.....	16
05	Bibliografia Consultada.....	17

A Aquicultura no Estado Ceará vem se desenvolvendo nos últimos anos de forma crescente, sendo atualmente uma das principais atividades da economia cearense, principalmente no que se refere às exportações. Este estudo visa fornecer informações confiáveis sobre a distribuição espacial das áreas ocupadas com tanque de aquicultura em 2023 no estado do Ceará, a partir da análise de dados obtidos com uso de imagens de satélites e aplicação de técnicas de geoprocessamento, ferramentas importantes tanto para a realização de um mapeamento atualizado como para o monitoramento das áreas ocupadas com aquicultura.

As informações geradas neste estudo poderão ser utilizadas como subsídio para o planejamento do desenvolvimento da aquicultura no Ceará e uma melhor compreensão da distribuição espacial e dos impactos da referida atividade no meio ambiente.

A primeira etapa metodológica foi o levantamento de imagens de satélites disponíveis de forma gratuita e com a melhor resolução espacial disponível para a área a ser mapeada.

Neste sentido foram selecionadas as imagens geradas pelos satélites Sentinel 2, sensor óptico e resolução espacial de 10 metros, Sentinel 1, sensor radar e resolução espacial aproximada de 12 metros, além de imagens de alta resolução espacial disponíveis na base de dados da ESRI “World Imagery” e do Google Earth Pro.

Após a obtenção das imagens, foi realizada a estruturação de uma base de dados espaciais no software QGIS 3.30, tendo como base arquivos shapefiles referente ao limites municipais e das bacias hidrográficas do Ceará, assim como das áreas urbanas, rede de drenagem, espelhos d’água e rede viária.

Como parâmetro cartográfico, foi definido o sistema de coordenadas projetadas Universal Transversa de Mercator - UTM, zona 24S e Datum Sirgas 2000, conforme o decreto nº 4.740/03, que estabelece providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil.

Neste contexto, como base nas imagens “World Imagery”, foi realizada a fotointerpretação referente a delimitação dos tanques utilizados nas áreas ocupadas com aquicultura, através da criação e edição vetorial das informações espaciais.



Figura 01 – Exemplo de delimitação dos tanques ocupados com aquicultura no município de Acaraú-CE

Concluída a delimitação dos tanques ocupados com aquicultura, foi iniciada a etapa de análise do uso dos referidos tanques ao longo do ano, relacionando os períodos em que os mesmos permaneceram com água entre os meses de Janeiro e Dezembro/2023.

Para essa etapa, foi utilizada plataforma de análise geoespacial “Google Earth Engine”, ferramenta baseada em computação em nuvem para processamento de dados geoespaciais atualizados continuamente, permitindo a realização de múltiplas análises para uma mesma área em um tempo bastante reduzido.

A partir da referida plataforma, foi desenvolvido um código computacional (script) na linguagem de programação Java, que viabilizou a análise espacial das áreas com resposta espectral de tanques de forma automática, utilizando as imagens geradas pelo satélite Sentinel-1 ao longo do ano de 2023.

O sistema RADAR possui a capacidade de gerar imagens em qualquer horário e condições meteorológicas, viabilizando o mapeamento no período chuvoso do estado do Ceará, o qual ocorre no decorrer do primeiro semestre de cada ano

O script possibilitou a análise do comportamento dos tanques ao longo desse período, no entanto, foi necessário realizar um pós-tratamento dos dados gerados no GEE para aprimorar a análise pelos operadores, reduzir o tempo necessário e eliminar demandas desnecessárias ao longo do processo de análise.

Destaca-se que uma das principais vantagens do geoprocessamento é a criação de um banco de dados georreferenciado, contendo imagens de satélites e arquivos vetoriais devidamente atualizados.

Desta forma, o mapeamento das áreas ocupadas com aquicultura no estado do Ceará no decorrer do ano de 2023, oferece a facilidade de um monitoramento utilizando imagens de satélites do ano pretendido, permitindo a realização de análises temporais e informações que podem ser muito úteis para o planejamento de ações a curto, médio e longo prazo.

2.1 INSUMOS

SENTINEL 1

Os satélites SENTINEL-1 são aplicados ao monitoramento terrestre e oceânico e levam a bordo sensores de radar.

É equipado com o sensor de radar SAR, um sensor de abertura sintética que opera na banda C (entre 8 a 4 GHz ou 3,8 – 7,5 cm) lançado em 2014 e com resolução espacial aproximada de 12 metros.

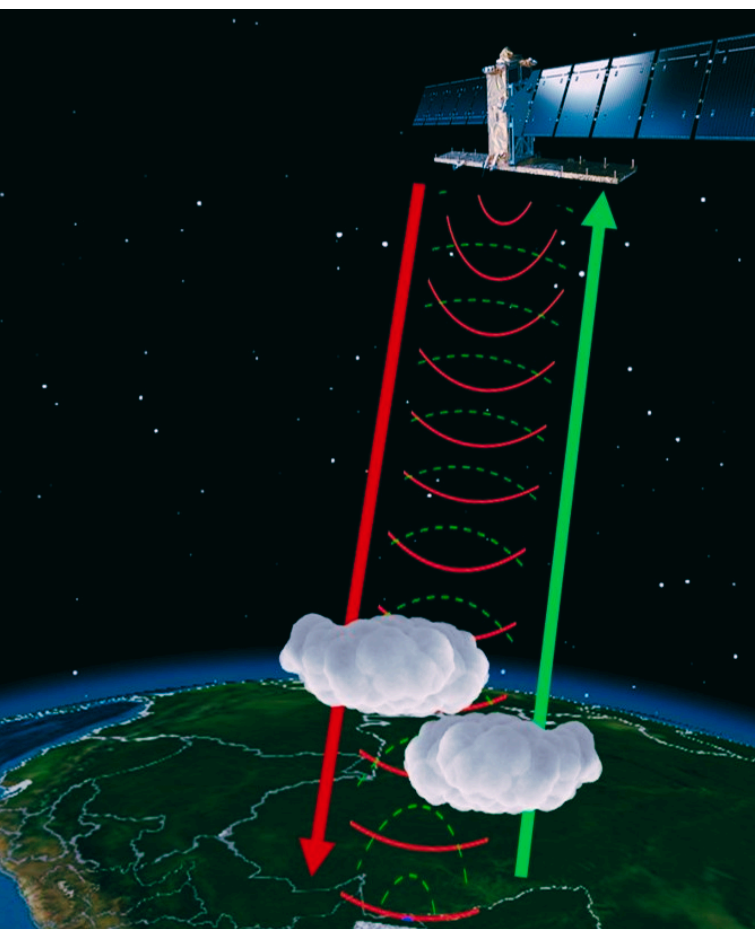


Figura 02 – O sistema RADAR possui a capacidade de gerar imagens em qualquer horário e condições meteorológicas
(Fonte: https://maaproject.org/2018/radar_eng/)



Figura 03 - Imagem do satélite Sentinel - 2 em uma área com alta concentração de tanques utilizados nas áreas ocupadas com aquicultura

2.2 PADRONIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DOS CAMPOS

Com o objetivo de garantir a consistência dos dados gerados pelo Gepem/Funceme, foram executadas padronizações para validar os registros e corrigir os dados, implementando melhorias nas informações georreferenciadas. Essas ações visaram identificar quaisquer inconsistências e/ou ausências nas entradas da tabela de atributos, que poderiam ser causadas por erros sistemáticos, grosseiros ou humanos.

SENTINEL 2

O Sentinel - 2 é uma missão de imagem multiespectral, de alta resolução e de ampla faixa, que apoia os estudos de monitorização terrestre do Copernicus, incluindo a monitorização da vegetação, do solo e da cobertura hídrica, bem como a observação de vias navegáveis interiores e zonas costeiras.

Os dados do Sentinel-2 contêm 13 bandas espectrais, resolução espacial de 10m e resolução temporal de 5 dias. Para este trabalho, foram utilizadas as bandas 11, 8 e 4.

Figura 04 - Imagem de alta resolução disponibilizadas pelo Google Earth Pro, em uma área com alta concentração de tanques utilizados nas áreas ocupadas com aquicultura



id - identificação da feição

valor padrão: @row_number

nm_bacia - código da bacia do qual o espelho pertence

valor padrão: geomintersects('tb_bacia_hidrografica_ce', 'nm_bacia')

nm_mun - código do município do qual o espelho pertence

valor padrão: geomintersects('tb_limite_municipal_ce_ibge', 'nm_mun')

area_ha - área em hectares dos espelhos d'água

valor padrão: round(\$area /10000, 5)

2.2 PADRONIZAÇÃO DA VETORIZAÇÃO

Foram estabelecidas algumas diretrizes para a análise da classificação manual, visando garantir que a qualidade do produto não dependa exclusivamente do operador. Isso visa minimizar a interpretação visual e aumentar a consistência dos dados.

Dentre as situações identificadas para padronização, destacam-se as seguintes:

ESCALA DE MAPEAMENTO E EXTRAÇÃO

Como principal ferramenta para o mapeamento, foram empregadas imagens do satélite Sentinel-2, com uma resolução espacial de 10 metros, adequada à escala 1:50.000. Consequentemente, foram definidas as seguintes escalas de trabalho para revisão das características:

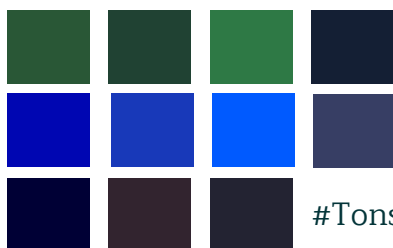
Escala do produto - 1:50.000

Escala de varredura - 1:15.000

Escala de extração - 1:2.000

INTERPRETAÇÃO VISUAL: COR

Considerando a composição colorida das imagens do satélite Sentinel-2, onde a banda 11 é representada em vermelho, a banda 8 em verde e a banda 4 em azul (RGB1184), foram identificadas diversas respostas espectrais para a água dos tanques de aquicultura. Essas respostas variam conforme o tipo de cultura e o estágio do tanque, apresentando tonalidades de azul, preto e verde, conforme a classificação a seguir:



#Tons de verde com azul

#Tons de azul escuro

#Tons de preto e marrom escuro

INTERPRETAÇÃO VISUAL: FORMA

O padrão de forma é um aspecto crucial na análise visual de imagens de satélite de tanques ou viveiros de aquicultura. Ele diz respeito à disposição geométrica dos tanques ou estruturas, tipicamente organizados em linhas retas ou grades retangulares, frequentemente agrupados em conjuntos.

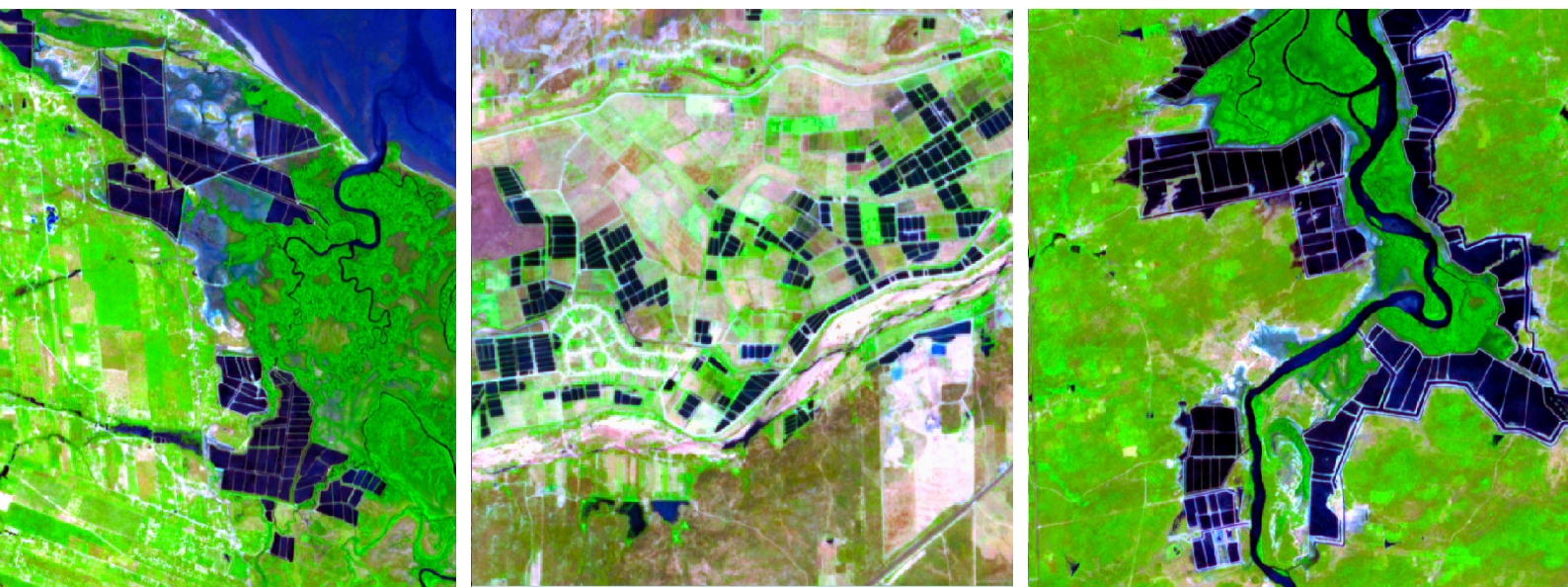


Figura 05– Imagens do satélite Sentinel – 2, composição RGB 1184, em uma área com alta concentração de áreas ocupadas com tanques de aquicultura, representadas pelas formas geométricas retas e pela variação de tons de preto e azul.

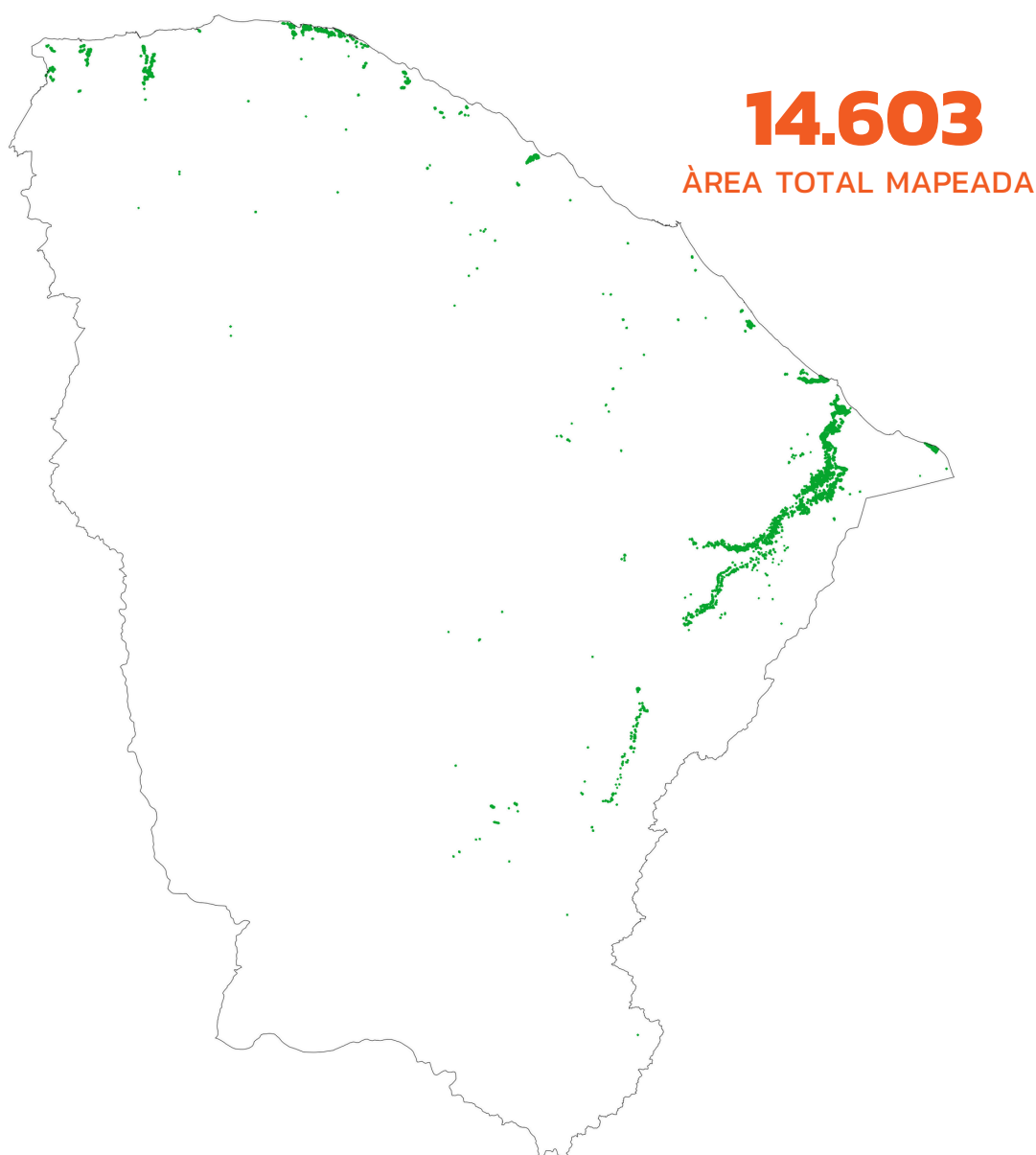
ANÁLISE TEMPORAL

Com o crescimento contínuo das áreas ocupadas com aquicultura, tornou-se crucial realizar análises temporais para melhor compreensão e identificação dos tanques utilizados, especialmente devido à substituição de áreas anteriormente dedicadas à irrigação por esses tanques.



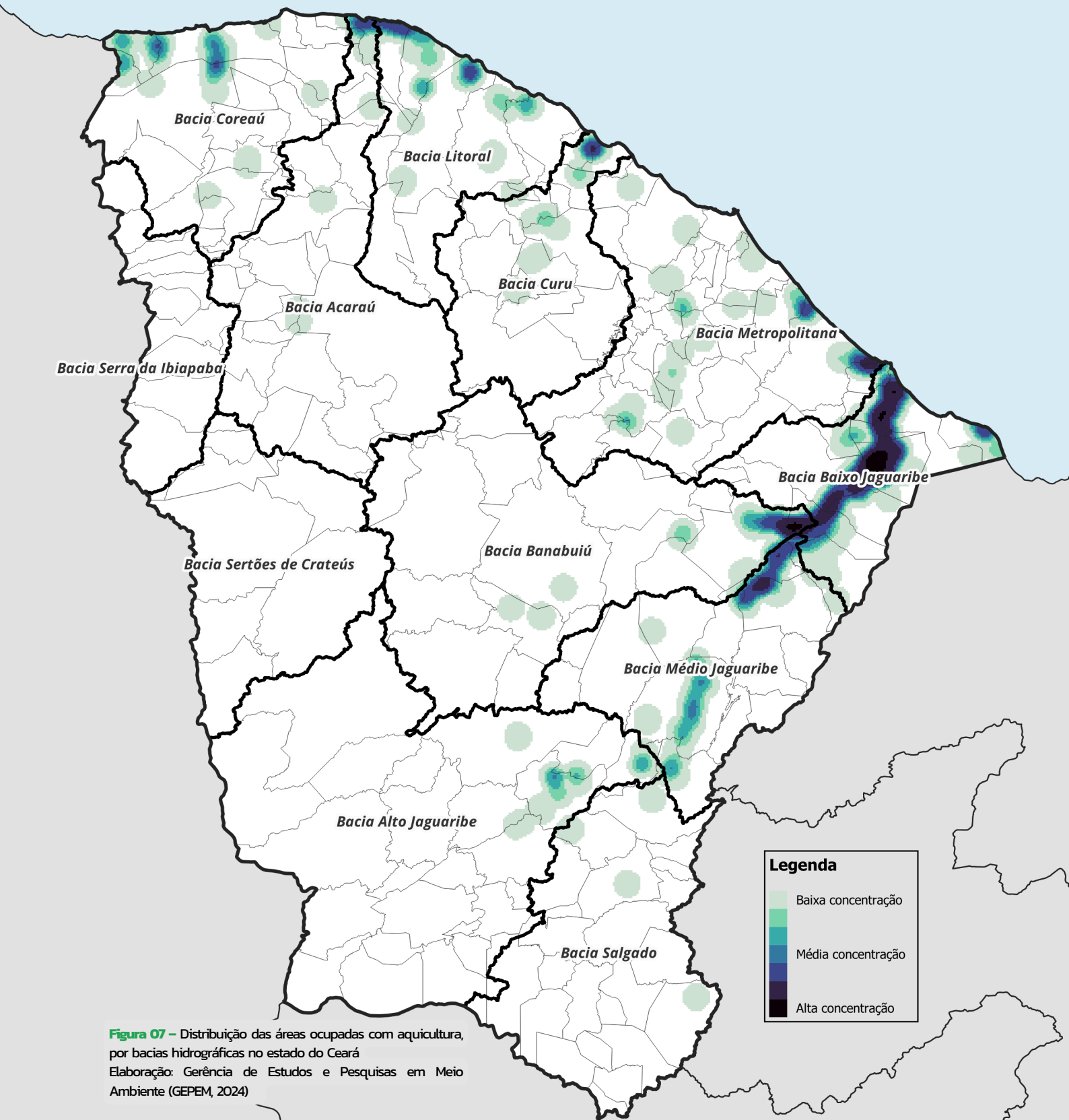
Figura 06 – Evolução temporal das áreas ocupadas com aquicultura, através de imagens de satélites com alta resolução, no município de Limoeiro de Norte

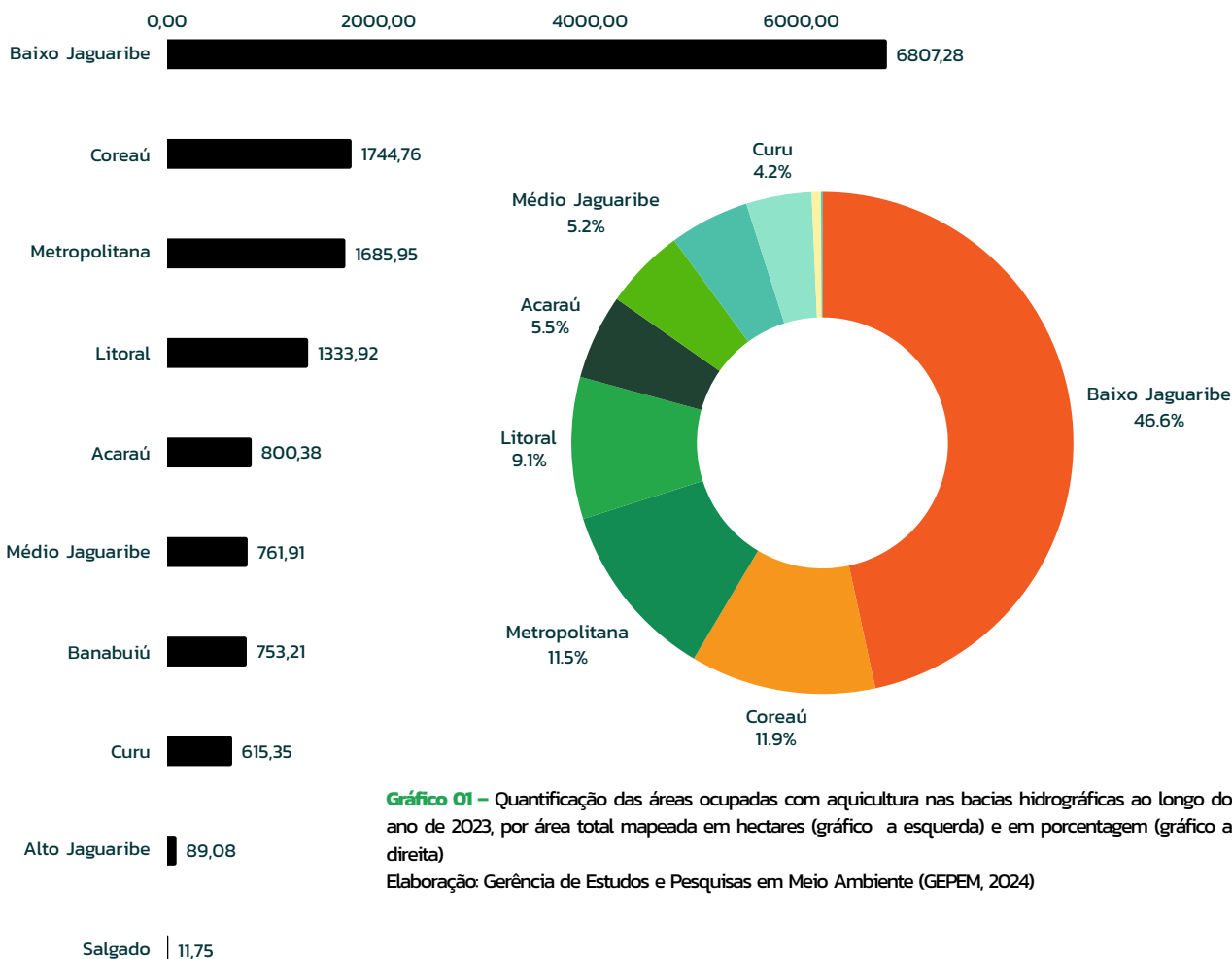
Com uso das funções de análise espacial disponíveis na plataforma Google Earth Engine, nos softwares QGIS e ArcGIS 10,8, licença disponível na FUNCEME, foi realizada a quantificação das áreas que foram utilizadas com aquicultura no Ceará em 2023. Os dados encontram-se organizados por município e por bacia hidrográfica, detalhados mais adiante.



As áreas ocupadas por aquicultura representam 0,1% da área total do Estado do Ceará

3.1 ÁREAS OCUPADAS COM AQUICULTURA, POR BACIAS HIDROGRÁFICAS



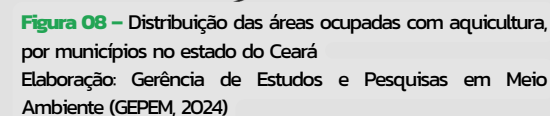


Em 2023, a bacia hidrográfica com a maior concentração de áreas ocupadas por aquicultura no Ceará foi a Bacia do Baixo Jaguaribe, totalizando 6.807 hectares utilizados para essa atividade econômica, o que equivale aproximadamente 47% das áreas identificadas.

Além disso, as Bacias do Coreaú e Metropolitana também apresentaram áreas significativas destinadas à aquicultura, cada uma com cerca de 1.700 hectares, correspondendo a aproximadamente 12% das áreas mapeadas.

“**Das 12 Bacias Hidrográficas delimitadas no estado do Ceará, apenas 2 não apresentaram áreas ocupadas por aquicultura: Bacia da Serra da Ibiapaba e Bacia do Sertões de Cratêus. Enquanto que a bacia com maior representatividade territorial foi a Bacia do Baixo Jaguaribe.**

3.2 ÁREAS OCUPADAS COM AQUICULTURA, POR MUNICÍPIOS



“

Dos 184 municípios cearenses estudados, foram identificados 69 municípios com áreas ocupadas por aquicultura, concentrados principalmente na região costeira e centro-leste.

Os municípios de maior concentração de áreas ocupadas por aquicultura no Ceará são Aracati e Jaguaruana, os quais, juntos, representam 32% de toda a área ocupada no estado, totalizando 2.531 hectares e 2.426 hectares, respectivamente. Seguidos de Acaraú e Beberibe, que possuem 1.479 hectares e 1.061 hectares destinados a essa atividade econômica.

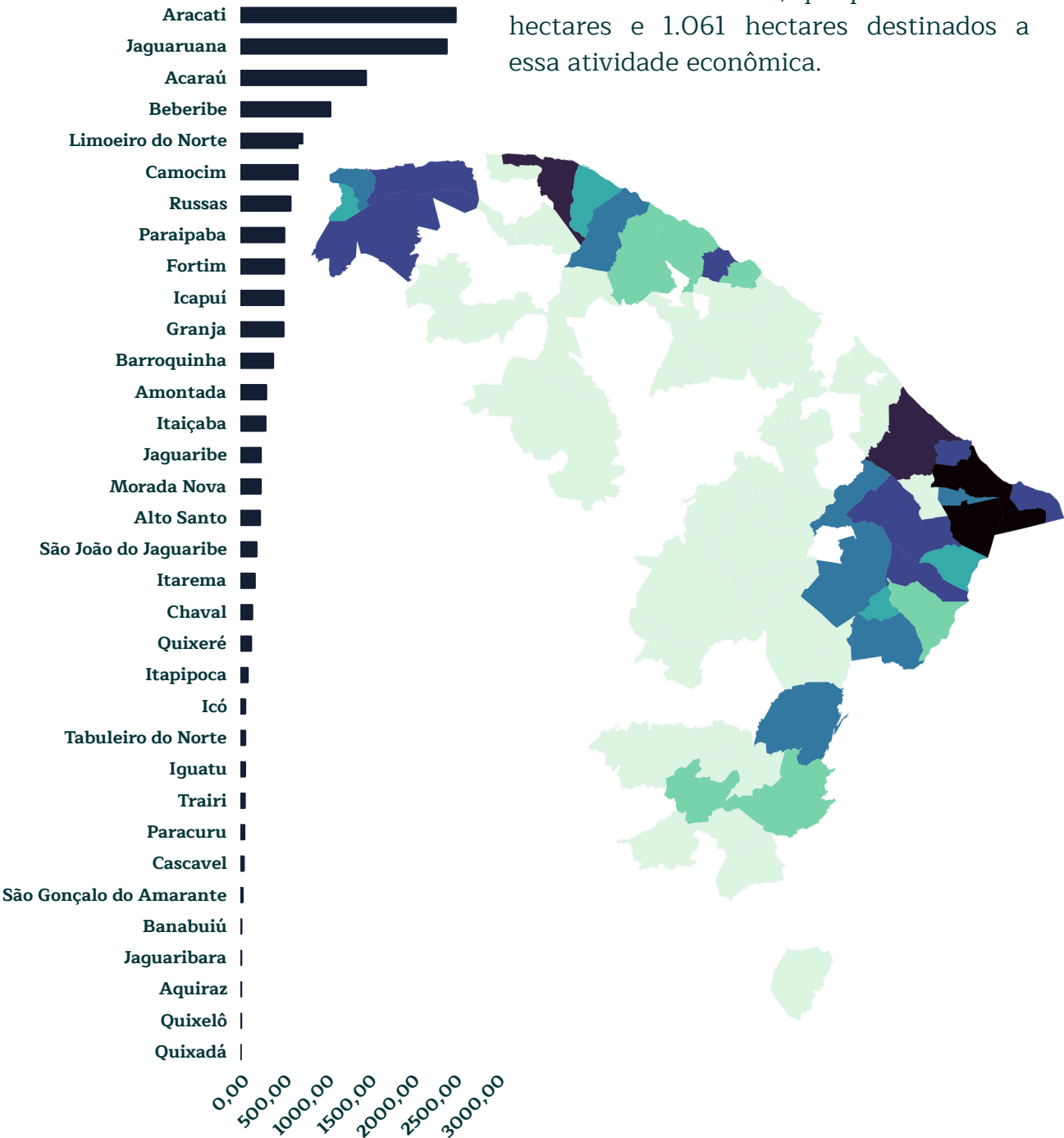


Gráfico 02 – Quantificação das áreas ocupadas com aquicultura nos municípios cearenses ao longo do ano de 2023, por área total mapeada em hectares.
Elaboração: Gerência de Estudos e Pesquisas em Meio Ambiente (GEPEM, 2024)

Ranking	Município	Área (ha)
1	Aracati	2531,147
2	Jaguaruana	2426,194
3	Acaraú	1478,937
4	Beberibe	1061,08
5	Limoeiro do Norte	732,352
6	Camocim	692,259
7	Russas	594,157
8	Paraipaba	521,066
9	Fortim	518,146
10	Icapuí	511,907
11	Granja	511,869
12	Barroquinha	389,79
13	Amontada	308,588
14	Itaiçaba	300,423
15	Jaguaribe	245,419
16	Morada Nova	244,602
17	Alto Santo	236,27
18	São João do Jaguaribe	194,715
19	Itarema	174,87
20	Chaval	144,587
21	Quixeré	131,558
22	Itapipoca	91,839
23	Icó	62,901
24	Tabuleiro do Norte	62,506
25	Iguatu	60,684
26	Trairi	57,354
27	Paracuru	52,426
28	Cascavel	45,307
29	São Gonçalo do Amarante	31,672
30	Banabuiú	17,762
31	Jaguaribara	16,043
32	Aquiraz	15,366
33	Quixelô	15,356
34	Quixadá	10,814
35	Aracoiaba	8,746

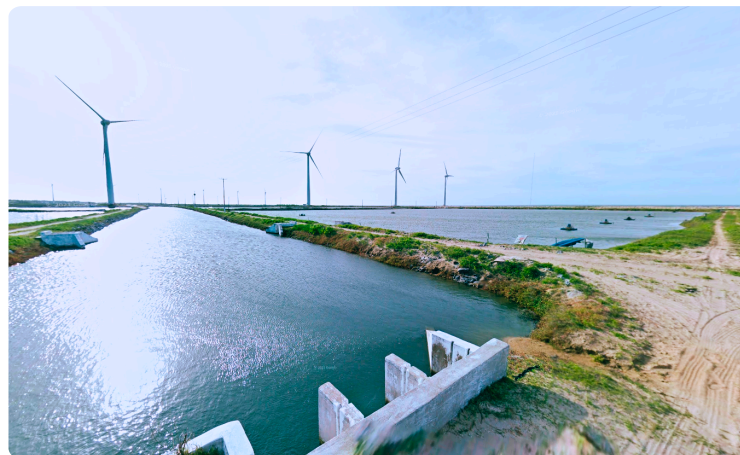
Ranking	Município	Área (ha)
36	Guaiúba	8,59
37	Cruz	7,81
38	Pentecoste	7,55
39	Sobral	6,95
40	Palhano	6,55
41	Orós	5,04
42	Senador Pompeu	4,51
43	Jaguaretama	4,13
44	Marco	4,08
45	Cariús	3,71
46	Caucaia	3,67
47	Apuiarés	3,47
48	Acopiara	3,43
49	Maranguape	3,23
50	Horizonte	2,95
51	Miraíma	2,92
52	Choró	2,58
53	Itapiúna	2,37
54	Varjota	2,22
55	Baturité	2,21
56	Quixeramobim	2,03
57	Umirim	1,91
58	Barreira	1,82
59	Moraújo	1,77
60	Ibaretama	1,61
61	Uruburetama	1,36
62	Redenção	1,23
63	Cedro	1,18
64	Mauriti	0,94
65	Morrinhos	0,77
66	Lavras da Mangabeira	0,72
67	Santa Quitéria	0,70
68	General Sampaio	0,51
69	Coreaú	0,41

Total: 14.603,60

Quadro 01 – Quantificação das áreas ocupadas com aquicultura nos municípios cearenses ao longo do ano de 2023, por área total mapeada em hectares.
Elaboração: Gerência de Estudos e Pesquisas em Meio Ambiente (GEPEM, 2024)

DESTAQUE 1

As imagens geradas pelo satélite Sentinel - 1 comprovaram ser uma ferramenta muito eficaz para o estudo da dinâmica ao longo do ano das áreas ocupadas com aquicultura, inclusive no decorrer do primeiro semestre no Ceará, período em que, devido à estação chuvosa, ocorre um alto índice de cobertura de nuvens.



DESTAQUE 2

O uso da plataforma Google Earth Engine ofereceu ao mapeamento mais agilidade, qualidade e precisão. Com a grande disponibilidade de imagens de satélite (históricas e atuais), de forma gratuita e pré-processada, torna-se possível a atualização e elaboração de novos mapeamentos.



DESTAQUE 3

A base de dados com informações espaciais e tabulares das áreas ocupadas com aquicultura, que encontra-se sendo elaborada anualmente pela FUNCEME, deverá subsidiar e otimizar ações relacionadas a tomada de decisão na área de gestão dos recursos hídricos e do desenvolvimento econômico.



JENSEN, J. R.; Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Estados Unidos da America: Prentice hall, 2005 – 526 p. SBN: 0131453610.

FEYISA, G. L.; MEILBY, H.; FENSHOLT, R.; PROUD, S. R. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. Remote Sensing of Environment, 2014, 140, p. 23–35. <https://doi:10.1016/j.rse.2013.08.029>;

WOODHOUSE, Iain , Introduction to Microwave Remote Sensing, 2015., Editora Speckled Press, 398p. (eBook);

MEADEN, Geoffery; AGUILAT-MANJARREZ, José, Advances in Geographic Information Systems and Remote Sensing for Fisheries and Acquaculture, 2013. FAO, 98p.

VOLCKER Claudio Michael; SCOTT, Philip, SIG e sensoriamento remoto para a determinação do potencial da aquicultura no baixo São João – RJ, Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, 2008, p. 196–215

