



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

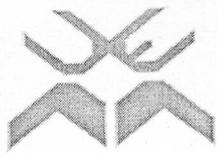
Trabalho de Licenciatura

**Avaliação do estado do Mangal antes e depois do Ciclone Idai no
Estuário do Púnguè no ano 2019**

Autor:

Leandro Zinguire A. Here

Quelimane, Junho de 2024



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para a obtenção do grau de Licenciatura em Oceanografia

Avaliação do estado do Mangal antes e depois do Ciclone Idai no
Estuário do Púngoè no ano 2019

Autor:

Leandro Zinguire A. Here

Leandro Here

Supervisor:

MSc. Noca Bernardo Furaca da Silva

Noca Bernardo Furaca da Silva

Avaliador:

Nelio das Neves

Nelio das Neves

Presidente:

Banito Magestade

Banito Magestade

Quelimane, Junho de 2024

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro que esta monografia nunca foi apresentada para obtenção de qualquer grau e que ela constitui o resultado do meu labor individual. Esta monografia é apresentada em cumprimento total dos requisitos de obtenção do grau de licenciatura em Oceanografia, da Universidade Eduardo Mondlane.

Autor

Leandro Zinguire A. Here

(Leandro Zinguire A. Here)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus em primeiro lugar pela vida e saúde que tem me proporcionado no meu cotidiano e por ter estado comigo por toda minha trajetória de vida nos momentos felizes e tristes, nos fracassos e vitórias e na realização dos meus sonhos.

Aos meus encarregados por cuidar de mim, de nós durante o percurso da nossa vida e estudantil, pelo amor e carinho.

Agradeço ao meu orientador por aceitar supervisionar este trabalho, pelas suas contribuições, pela paciência que tiveram, pelas grandes ideias que fizeram questão de me apresentar ao longo do trabalho, pois sem esse “ser” eu não conseguiria desenvolver esta pesquisa, meu muito obrigado.

Aos amigos distantes, que sempre estiveram presentes, agradeço pelo apoio e motivação. Ao e sua família por me acolherem e ter me tratado como membro da família nos meus primeiros dias na cidade, meu obrigado. Agradeço aos meus amigos presentes, e em especial aos docentes que foram os verdadeiros companheiros, amigos e irmãos desde o meu primeiro ano até ao meu último ano, meu.

Aos meus colegas da ESCMC, em particular aos da turma de Oceanografia lecionada com maior qualidade de ensino na UEM, que sempre estiveram disponíveis para me ajudar nos trabalhos e pela ajuda com a sua experiência em matéria Acadêmica, meu muito obrigado.

Obrigado a todos docentes da ESCMC que se dedicaram bastante para que eu tivesse conhecimento e me tornar um cientista na área das ciências marinhas e costeiras.

Agradeço profundamente a todos aqui citados e aos que não pude citar os respectivos nomes, que de alguma forma contribuíram para o meu sucesso e aqueles que direta ou indiretamente influenciaram de forma positiva na minha trajetória acadêmica, meu **CORAÇÃO É GRATO POR VOCÊS.**

Resumo

Os mangais têm uma grande importância económica e ecológica para a população costeira e servem como áreas de viveiros para várias espécies marinhas de valor comercial. Devido aos acontecimentos das ações Humanas e Naturais, têm-se notado uma redução significativa nas áreas de cobertura do mangal. No presente trabalho faz-se a dinâmica do Mangal antes e depois do Ciclone Idai no estuário de Púngoè no ano 2019. Os índices espectrais foram calculados a partir da banda espectral OLI/TIRS Landsat8. As imagens foram pré-processadas com recurso à equação de reversão de número digitais em refletância e combinadas em 3 (três) bandas (RGB). E para a distinção do mangal foi utilizada a variação do GRDI que por sua vez as imagens foram da área de estudo. Resultados encontrados indicam a perda de mangal em 1.44 %, correspondente a 18.12 ha. As áreas que sofreram as perdas são as que contêm maior exposição face ao estuário do Púngoè. Estes resultados demonstram a implicação do ciclone Idai face à região do Púngoè, contribuindo desta maneira para a diminuição da cobertura do mangal na região. Face a esta diminuição, recomenda-se aos órgãos competentes na promoção de atividades de reflorestamento das áreas perdidas de modo a garantir a estabilidade florestal da região.

Palavra Chave: Ciclone Idai, Degradação, Mangal, Púngoè.

Abstract

Mangroves play a significant economic and ecological role for coastal populations, serving as nurseries for various commercially valuable marine species. However, due to both human and natural factors, there has been a noticeable reduction in mangrove coverage. In this study, we examine the dynamics of mangroves before and after Cyclone Idai in the Púngoè estuary in 2019. Spectral indices were calculated using Landsat 8 OLI/TIRS data. The images were pre-processed by converting digital numbers to reflectance and combined into three bands (RGB). To distinguish mangroves, we utilized the variation of the Green-Red Difference Index (GRDI) within the study area. Our findings indicate a mangrove loss of 1.44%, equivalent to 18.12 hectares. The affected areas are those that contain greater exposure compared to the Púngoè estuary. These results highlight the impact of Cyclone Idai on the Púngoè region, contributing to the decline in mangrove coverage. We recommend that relevant authorities promote reforestation activities in the lost areas to ensure regional forest stability.

Keywords: Cyclone Idai, Degradation, Mangroves, Púngoè.

Índice de figura

Figura 1: Localização geográfica do estuário da Pungwe, onde representado no mapa geral da África e de Moçambique, com o retângulo. A localização geográfica do estuário de Pungwe na província de Sofala, Moçambique, fonte: (Nzualo et al., 2018).....	9
Figura 2. Mapa ilustrando a variação espaço-temporal do mangal para 6 de novembro de 2018.	13
Figura 3. Mapa ilustrando a variação espaço-temporal do mangal para 2 de Junho de 2019.....	14
Figura 4. Mapa ilustrando a variação espaço-temporal do mangal para 18 de outubro de 2019...	15
Figura 5. Mapa ilustrando áreas de perdas de mangal para o ano 2018 e 2019.....	16

Índice de tabelas

Tabela 1: Satélite da Série Landsat. Font: (Ferrão, 2015).....	5
Tabela 2: Bandas do Satélite Landsat 8. Font (USGS, 2016)	6
Tabela 3. Características do sensor de imagens de Landsat 8.....	10
Gráfico 1. Variação do mangal antes e depois do ciclone.....	17

Lista de Abreviação

NASA – National Aeronautics and space Administraion

OLI – Operational Land Imager

SWIR – Shortware Infrared

TIRS – Thermal Mapper

ITCZ – Zona da Convergência Intertropical

TSM – Temperatura Superficial do Mar

SPCZ – Zona de Convergência do Pacifico Sul

Índice

DECLARAÇÃO DE HONRA	I
AGRADECIMENTOS	II
Resumo	III
Índice de figura	V
Índice de tabelas	V
Lista de Abreviação	VI
Capítulo I	1
1. Introdução	1
1.1. Problematização	2
1.2. Justificativa	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Geral	2
1.3.2. Específicos:	2
Capítulo II	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.2. Mangal	3
2.2.1. Importância do Mangal	3
2.2.2. Distribuição do Mangal	3
2.2.3. Degradação do Mangal	4
2.3. Sensoriamento Remoto	4
2.3.1. Sensoriamento Remoto para Mangal	5
2.3.2. Satélite Landset	5
2.4. Inundação por meio da Precipitação	7
2.5. Relação entre Ecossistemas do Mangal e Ciclones	7
2.6. Ciclone Idai	8
Capítulo III	9
3 Metodologia	9
3.1. Descrição da área de estudo	9
3.2. Método usado	10
3.2.1. Obtenção das imagens	10
3.2.2. Processamento das imagens	11
3.2.3. Extração da região com mangal	11
3.2.3. Identificação das áreas de perda do mangal	12
3.2.4. Quantificam das áreas de perda do mangal	12
Capítulo IV	13

4. Resultados	13
4.1 Mapeamento do mangal no estuário do Pungue antes e pós Ciclone Idai	13
Capítulo V	18
5.1. Conclusão e Recomendações	19
5.2. Referências	20
Anexos	21

Capítulo I

1. Introdução

Os mangas são definidos como sendo formações características de plantas litorais que ocorrem ao longo das costas tropicais e subtropicais que habitam em uma área sujeita ao regime de marés em litorais planos que marcam uma lenta transição entre a plataforma continental e o mar (Luís, 2011)

O ecossistema do mangal desempenha um papel importante no desenvolvimento económico, na proteção dos ambientes e da biodiversidade natural nas regiões costeiras. No entanto, a floresta do mangal nos últimos anos tem diminuído significativamente em Moçambique em particular a cidade da Beira, com evidências mostram que a problemática da erosão e redução da captura dos mariscos como consequência da destruição dos mangais na faixa costeira da cidade da Beira (LUIS, 2011).

Estudos sobre avaliação do estado de mangal já vem sendo desenvolvido pela (MARMO, 2022), em Moçambique, trabalhos de género já foram desenvolvidos nos estuários de Macuse (Chamo, 2017), Bons Sinais (Furaca, 2021), Limpopo (Muiambo, 2023), Machanga (António, 2023)

Uma das técnicas mais usadas para este tipo de estudo tem sido a detenção quantitativa e qualitativa da vegetação verde que é uma das mais importantes contribuições do sensoriamento remoto para os estudos ambientais, (RUFO, 2019), mas devido a limitação da disponibilidade de imagens desejadas e de qualidade tem contribuindo para limitação de alguns estudos.

O presente estudo usa imagens captadas pelo satélite Landsat 8/9 antes e depois da ocorrência do Ciclone Idai. Os resultados deste trabalho contribuem para porposicionar melhor experiência no campo de obtenção de dados, monitoramento da vegetação.

1.1. Problematização

Os ambientes dos mangais possuem diversas funções importantes para o equilíbrio ambiental, funcionando como berçário para diversas espécies aquáticas. Devido a sua elevada importância surgem as necessidades de se compreender melhor as mudanças que ocorrem nesses ambientes (RUFO, 2019).

A redução da capacidade de produção das terras leva o homem a procurar outras áreas para manutenção da população. Em consequência, a vegetação nativa torna se cada vez mais fragmentada e com perda de habitantes naturais, além de ocorrer modificações acentuadas na paisagem que acabam influenciando a dinâmica de vida da população humana local.

Entretanto, na maioria dos casos, a dependência dessa população em relação às florestas, quando estas são usadas de maneira não sustentada, traz consigo impactos negativos consideráveis sobre a conservação da biodiversidade, a manutenção dos processos ecológicos, assim como disponibilidade de recurso (Muzime, 2015).

1.2 Justificativa

Estudos sobre ciclones e seus impactos tem sido bastante desenvolvidos em todo o mundo com maior intensidade em países costeiros, por estes estarem associados a ventos fortes, grande quantidade de precipitação e agitação da superfície do mar devido a acentuada variação da pressão atmosférica da região, podendo comprometer a navegação marítima com a sua passagem visto que possuem uma grande trajectória sobre o oceano (Mathias, 2012).

Devido a natureza dos impactos e transformações que advém desses sistemas, a comunidade científica tem imprimido grandes esforços para estudá-los. A observação directa das alterações causadas por estes fenómenos seja em parâmetros físicos do oceano, parâmetros de produtividade biológica entre outros é extremamente difícil (Chauque, 2019).

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Analisar o estado do mangal antes e depois do Ciclone Idai no estuário da Púngoè no ano 2019.

1.3.2 Específicos:

- ✓ Mapear a cobertura do mangal;
- ✓ Identificar as áreas de perda do mangal;
- ✓ Quantificar as áreas de perda do mangal.

Capítulo II

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.2 Mangal

(AL-tahir & Baban., et al 2005) citado por Chambo 2017, Mangal é o ecossistema costeiro dominante nas regiões tropicas e subtropicais a nível mundial. Mangal também pode ser entendido como sendo um termo geral usado para definir um grupo de taxonomicamente de arvores variadas tolerantes ao sal e outras espécies que prosperam em zonas inter-maréticas de abrigo nas costas tropicais.

Langa et al., 2007 & (Beentrja & Bandeira, 2007). Classificam o mangal em 10 espécies registadas no litoral moçambicano, das quais as 6 mais citadas são: *Avecennia Marina* (mangal branco), *Brugueira gymnorrhiza* (mangal vermelho), *Ceriops Tagal* (mangal branco), *Rizophora mucronata* (mangal vermelho), *Sonneratia alba* (mangal vermelho) e *Xilocarpus granatul* (mangal bola-de-canhão). Estas são definidas como um ecossistema altamente produtivo, devido á grande quantidade de matéria orgânica gerada.

Os mangais são florestas costeiras que habitam a interface terra-mar, ao longo de baías, estuários e enseadas nas zonas tropicais e subtropicais, tolerante as salinidades aonde cumprem com vários aspetos ecológicos, ambientais e socioeconômicos (Santos & Bitencourt, 2016).

2.2.1 Importância do Mangal

O mangal é considerado um ecossistema de extrema importância, tanto para a satisfação das necessidades humanas, como para a prevenção da zona costeira contra a erosão, ou conservação das espécies da fauna selvagem de forte valor patrimonial e cultural (Luís, 2011)

O mangal fornece impactos importantes para o ambiente, tais como:

- Serve de berçário para organismos como caranguejo;
- Agente regulador da atmosfera e clima, erosão, controle de doenças humanas, processamento de água, controle de inundações;
- Servidor de serviços culturais de valor estéticos, (turismo, áreas sagradas e medicamentos tradicionais); dentre outros:

2.2.2 Distribuição do Mangal

A nível mundial, os mangais ocorrem em 112 países incluindo Moçambique e, em geral, situam-se entre as coordenadas 30° Norte e Sul do Equador. Dentro destes limites, os mangais estão distribuídos em diversos pontos, mas, as florestas mais extensas, ricas e diversificadas localiza-se na costa oriental da África e América. Exceção notáveis fora da faixa acima referida, encontram-se em Japão, Nova Zelândia e costa ocidental da África do Sul (MICOA, 2012).

O mangal em Moçambique é aglomerado ao longo de toda a linha costeira, sendo mais abundantes nas regiões centro e norte, e ocupa a segunda maior área de mangal no continente Africano, e a maior na região oriental de Africa, com uma cobertura estimada em pouco mais de 300 000 há (Fatoyinbo & Simard, 2013).

2.2.3 Degradação do Mangal

A degradação do mangal é causada pela força humana e ou ação natural. Os desastres naturais como tufões e ciclones são fatores que contribuem para o distúrbio e a consequência da redução da floresta do mangal. José (2009) citado por Chambo (2017) uma das principais causas de morte natural do mangal é a deposição excessiva de sedimentos que mata as arvores por soroamento das suas raízes aéreas.

Camara (2013) citado por Chambo (2019), destaca-se a pobreza e falta de educação da comunidade local, como facto que influenciam mais na destruição da floresta mangais.

Em Moçambique são mencionados como as principais causas da degradação dos mangais:

- Extração do combustível lenhoso e material de construção que acontece ao longo de toda a costa, mas com maior incidência nas cidades da Maputo e Beira devido à alta densidade populacional;
- Abertura de áreas para a prática de agricultura, mais frequentemente na zona centro e norte do País. E entre outros.

2.3 Sensoriamento Remoto

Devido a evolução natural e tecnológica, o ambiente e os recursos terrestre têm respondido com altas mudanças constantemente. (Moda, 2019), para entender a inter-relação dos fenómenos que causam essas mudanças é necessário fazer observação com serie de dados do espaço e escalas no tempo.

O sensoriamento Remoto pode ser entendido como um conjunto fração que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem necessidade de contacto direto com os mesmos (Moda, 2019).

2.3.1 Sensoriamento Remoto para Mangal

Thevand & Gond (2005) citado por Chambo (2017), A maioria das pesquisas relacionadas com o uso do sensoriamento remoto para mangais têm como objetivo de mapear a vegetação e identificar os mangais entre os outros meios nas imagens, depois faz-se um monitoramento da evolução da cobertura no tempo. (RUFO, 2019) neste contexto de difícil acesso com a necessidade de atualizar regularmente os dados sobre as mudanças que ocorrem leva a obrigação de usar uma ferramenta que permita economizar recursos humanos, materiais e o tempo. O sensoriamento Remoto deveria ser uma solução para este problema.

O assentamento humano, a exploração da aquicultura comercial bem como o impacto das marés e tempestades, constitui uma das ameaças para a expansão do mangal. Visto que o mangal tem sido um dos mais importantes ecossistemas costeiros. Com tudo, há cada vez mais um aumento da procura de mapas detalhados dos mangais com finalidade de medir a sua extensão e avaliar o seu declínio (RUFO, 2019)

O sensoriamento remoto é uma alternativa aos métodos tradicionais baseado em campos para o mapeamento dos mangais, uma vez que permite recolher informações mesmo em lugares inacessíveis.

2.3.2 Satélite Landsat

Segundo Ferrão et al., 2005, citado por (Moda, 2019), a NASA lançou nos Estados Unidos no dia 23 de julho de 1972, o primeiro satélite denominado ERTS 1 no quadro do programa Espacial EART RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE. Os satélites da série Landsat fazem parte de um programa de estudo dos recursos terrestres. Foram lançados 8 satélites do programa Landsat, desde do primeiro lançamento. Como demonstra a tabela abaixo.

Tabela 1: *Satélite da Série Landsat. Font: (Ferrão, 2015)*

Satélites	Datas do Lançamento e Enceramento
Landsat 1	Lançado em 23/07/72 – Desativado em 06/01/78
Landsat 2	Lançado em 22/01/75 – desativado em 22/01/81
Landsat 3	Lançado em 05/03//78 – desativado em 31/03/83

Landsat 4	Lançado em 16/07/82 – desativado em 1993
Landsat 5	Lançado em 01/03/84 – Ativo até o momento
Landsat 6	Lançado em 05/10/93 – Perdido após o lançamento
Landsat 7	Lançado em 15/04/99 – Ativo até o momento
Landsat 8	Lançado em 11/02/2013 – Ativo até o momento

Landset 8

O landset 8 foi lançado em 11 de fevereiro de 2013, possui dois sensores, o OLI (Operacional Land Imager), que consiste de nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 e 9), já a banda 8 do instrumento *OLI* é a pancromática, com resoluções espaciais de 15 metros. As faixas térmicas de 10 e 11 pertencem ao sensor TIRS, sendo úteis no fornecimento de temperaturas de superfície mais precisas e os dados são coletados com uma resolução espacial de 100 metros. O tamanho aproximado da cena Landset 8 é de 170 km. Ambos Landset possuem uma resolução temporal de 16 dias (NASA, 2014) citado por (Moda, 2019).

(Moda, 2019), afirma que o Landset 8 envia imagens com mais detalhes, pormenores mais definidos e cores mais reais. Comparativamente com o Landset 7, o 8 gera duas mais imagens diárias. O tamanho aproximado do cenário Landset 8 é de 170 km ao norte-sul, por 183 km a Este-oeste (Moda, 2019)

Tabela 2: *Bandas do Satélite Landsat 8. Font (USGS, 2016)*

OLI (Operational Land Imager)		
Banda	Intervalo Espacial (...)	Resolução Espacial (m)
Banda 1 – Ultra Azul (litoral/aessol)	0.43-0.45	30
Banda 2 – Azul	0.45 – 0.51	30
Banda 3 – Verde	0.53 – 0.59	30
Banda 4 – Vermelho	0.64 – 0.67	30
Banda 5 – Infravermelho próximo (NIR)	0.85 – 0.88	30
Banda 6 – Infravermelho de ondas curtas (SWIR) 1	1.57 – 1.67	30
Banda 7 – Infravermelho de Ondas curtas (SWIR) 2	2.11 – 2.29	30
Banda 8 – Pancromático	0.50 – 0.68	15
Banda 9 – Cirrus	1.36 – 1.39	30

Banda 10 – Infravermelho térmica TIRS 1	10.60 – 11.19	100 30*
Banda 10 – Infravermelho térmica TIRS 2	11.59 – 12.51	100 30*

2.4 Inundação por meio da Precipitação

Uma consequência fundamental dos ciclones tropicais e dos sistemas de depressão é a precipitação pesada. A inundação é definida como o evento em que a precipitação cai mais rapidamente do que a água pode ser absorvida pelo solo ou elevada por rios. O fluxo do rio, a precipitação, a maré e a topografia definem o tipo de inundação que ocorreu (Cabral, et al., 2017). Embora seja importante notar que algumas inundações, particularmente inundações de pequena e baixa magnitude, podem ser benéficas por meio de sua capacidade de recarregar águas subterrâneas, zonas úmidas, melhorar a fertilidade do solo e construir planícies de inundação, a maioria dos ciclones tropicais tende a ter impactos ecológicos negativos devido à sua alta magnitude (Arnell & Gosling, 2014).

A precipitação desempenha um papel vital tanto na natureza, atuando como facto chave na produtividade anual de vegetação com impacto na segurança alimentar, e atua ainda como um fator climático controlador do clima de um determinado lugar (Mazuze, 2021). O excesso de precipitação causa perdas significativas, de tal forma que para um local específico o nível de inundações depende da quantidade relevante da precipitação, do clima e da topografia. Beavacqua (2019) citado por (Mazuze, 2021)

2.5 Relação entre Ecossistemas do Mangal e Ciclones

Nas últimas décadas, a perda anual global de mangal é estimada em 1 a 2%, excedendo as taxas em muitas florestas tropicais do interior (Gotkowitz, Attig, & McDermott, 2014). O mangal é definido como ecossistema rico em carbono altamente produtivo que recebem nutrientes do mar e da terra. Os mangais não apenas sustentam os ecossistemas ecológicos locais, mas também apoiam as populações locais que dependem deles para lenha, material de construção, medicamentos, madeira da pesca (Charrua, Bandeira, Catarino, Cabral, & Romeiras, 2020). As florestas de mangal exibem zanação pronunciada, o que tem sido atribuído às respostas da espécie a factores como descarga de rios, temperatura e precipitação, elevação da superfície terrestre e salinidade desses ecossistemas (Charrua, Bandeira, Catarino, Cabral, & Romeiras, 2020). Em um contexto de elevação do nível do mar, os ecossistemas do mangal também desempenham um papel importante nos ganhos de elevação vertical, devido aos seus sistemas de enraizamento aéreo e processos biológicos ligados, como deposição de lixo vegetal e distritos lenhosos, acúmulo de raízes, aprisionamento de sedimentos e desenvolvimento de esteiras de algas na superfície.

Em Moçambique, particularmente, os mangais ocorrem quase ao longo de toda a costa e atuam como uma primeira barreira crucial para as populações locais contra as tempestades tropicais prejudiciais e aumento do nível do mar (Blankespoor, Dasgupta, & Lange, 2016). Tem uma das maiores áreas de mangal de África (com 3054 km²), perdendo apenas para Nigéria (8573 km²) (Krauss, et al., 2013). Os mangais são geralmente ameaçados por desmatamento por lenha ou construção e, ocasionalmente, por derramamentos de petróleo (Blankespoor, Dasgupta, & Lange, 2016). As florestas de mangal em Moçambique diminuíram em área entre 1972 e 2004, de 408.000 ha em 1972 para 357.000 ha em 2004 (Krauss, et al., 2013). Acredita-se que essa tendência seja acompanhada por tendência semelhante de degradação em todo o país. Madagascar por outro lado, exibiu áreas florestais de mangal de 2.800 km², a quarta maior quantidade de África e 2% da distribuição global. No entanto, sofre de uma taxa média de desmatamento de 1 a 2% (Barbosa, Cuambe, & Bandeira, 2001). Como esses dois países do canal de Moçambique representam alguns dos maiores ecossistemas de mangal comprometidos e são cada vez mais ameaçados do nível do mar e ciclones tropicais, investigar os impactos destes últimos nesses ecossistemas é vital (Schoenmakers, 2023).

2.6 Ciclone Idai

(Keim) Discute a necessidade de compreender os processos físicos que geram os ciclones tropicais. Estes ciclones geralmente ocorrem nos meses de verão, em regiões oceânicas tropicais e subtropicais onde a temperatura da superfície do mar (TSM) excede 26°C e, geralmente na Zona de Convergência Intertropical (ITCZ), ou ainda a sua manifestação regional, como na Zona de Convergência do Pacífico Sul (SPCZ).

A problemática das mudanças climáticas e seus impactos sobre população e biodiversidade na zona costeira de Moçambique tem ganho maior relevância entre governantes e pesquisadores, em consequência da observação do aumento da frequência e intensidade dos ciclones e tempestades tropicais (Silvestre, 2019).

Capítulo III

3 Metodologia

3.1 Descrição da área de estudo

O estuário do Pungue (Fig. 1), localizado na província de Sofala, está situado na região central de Moçambique. O estuário de Púngoè faz parte de uma extensa massa de água chamada de Banco de Sofala, localizada na costa leste da África e no Canal de Moçambique no Oceano Índico.

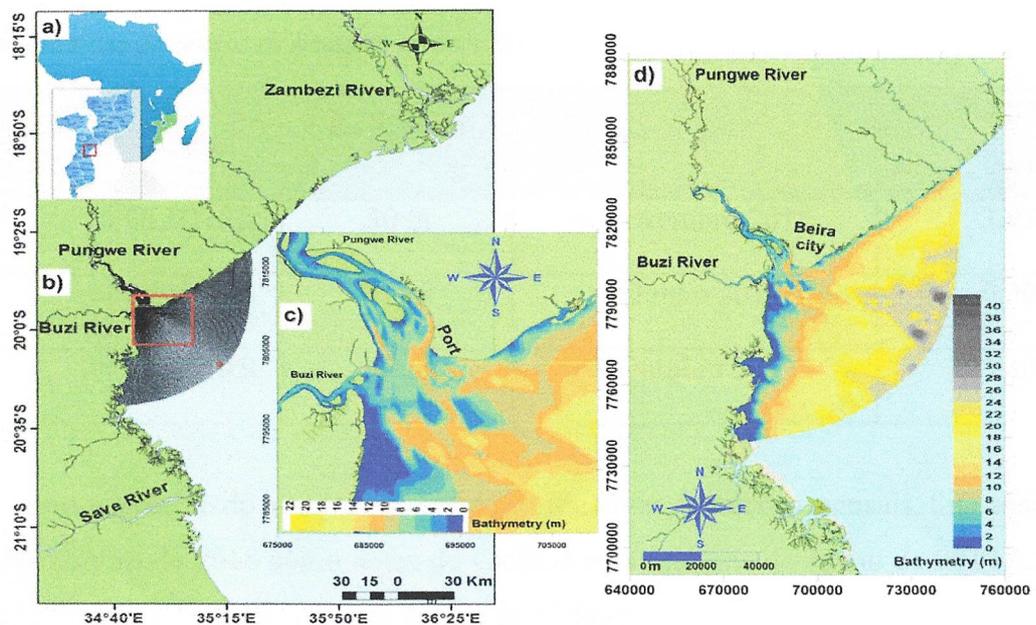


Figura 1: Localização geográfica do estuário da Pungué, onde representado no mapa geral da África e de Moçambique, com o retângulo. A localização geográfica do estuário de Pungué na província de Sofala, Moçambique, fonte: (Nzualo et al., 2018)

A região de Beira é caracterizada por um clima tropical húmido com duas estações bem distintas: a estação chuvosa, de outubro a março, e a estação seca, de abril a setembro. Os principais rios da região são os rios Pungue e Buzi, com bacias de drenagem de 31.151 km² e 31.000 km², respetivamente. As vazões médias do rio Pungue durante as estações chuvosa e seca são de 600 e 80 m³/s, enquanto as do rio Búzi são de 300 e 50 m³/s. As taxas de fluxo diárias para os dois rios foram fornecidas pela Direção Nacional de Águas de Moçambique (Direção Nacional de Águas de Moçambique - DNA) para os anos de 2007 a 2009.

3.2.Método usado

3.2.1. Obtenção das imagens

Para o efeito do mapeamento do mangal foram usadas imagens de Landsat 8 de antes do ciclone e depois de ciclone. Na tabela 3 estão apresentados a descrições das imagens usadas, datadas de 06 de novembro de 2018 e 02 de junho de 2019, dados que podem ser adquiridos no site oficial do USGS Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), e abaixo a tabela indica as características do sensor.

Tabela 3. Características do sensor de imagens de Landsat 8.

Satélite	Sensor	Resolução espacial	Data	Cobertura de Nuvens
Landsat 8/9	OLI/TIRS	30 m	6 Novembro 2018	3.95%
Landsat 8/9	OLI/TIRS	30 m	2 Junho 2019	0.30%
Landsat 8/9	OLI/TIRS	30 m	8 Outubro 2019	3.40%

Considerando que a vegetação do mangal não sofre significativas alterações mensais, foi considerada a imagem de Novembro de 2018 como antes do Ciclone e as imagens de Junho de 2019 (2 meses apos o ciclone) e Outubro de 2019 (7 meses depois do ciclone).

A consideração de imagem de 4 meses antes do ciclone Idai (Novembro de 2018) deveu-se por ser a imagem que apresenta menor cobertura de nuvens antes do Ciclone, mas também considerando que a cobertura do mangal não sofre alterações significativas em 4 meses.

Para imagem de Junho de 2019 (2 meses e meio depois do Ciclone), o objetivos foi de ver se houve perda das arvores devido a quebra dos troncos, ramos ou galhos.

A escolha da imagem de Outubro de 2019 (7 meses depois), teve como finalidade a identificação das áreas de mangal perdidas devido a sedimentação e inundação da água doce.

3.2.2. Processamento das imagens

Nesta fase as imagens foram primeiro pré-processadas com recurso a equação de conversão de números digitais em refletância, posteriormente foi recortada a área de estudo de interesse. Abaixo a fórmula de conversão de números digitais em refletância:

$$\rho\lambda' = M\rho Qcal + A\rho \quad (1)$$

Equação 1. Equação de conversão dos DN para refletância

$\rho\lambda'$ - Representa a Refletância planetária TOA (refletância do topo da atmosfera), sem correção para o ângulo.

$M\rho$ - representa o fator de redimensionamento multiplicativo da banda dos metadados (Reflectance_Mult_Band_x, onde x é o número da banda).

$A\rho$ - representa o fator de redimensionamento aditivo específico da banda dos metadados (Reflectance_add_band_x, onde x é o número da banda);

$Qcal$ - representa o Quantizado e calibrado valor de pixel de produto padrão (DN).

3.2.3. Extração da região com mangal

Para extrair o mangal foi necessário calcular o GRDI, que é o Green-Red Difference Index para o destaque da vegetação do mangal, o índice usa a diferença entre o Green e o Red, este índice mostra valores altos para a vegetação do mangal em contraste a outros alvos, assim possibilitando maior acurácia no mapeamento do mangal, em seguida a fórmula do cálculo do índice:

$$GRDI = \frac{(GREEN - Red)}{(GREEN + Red)} \quad (2)$$

Equação 2. Equação de cálculo do GRDI.

No passo a seguir usou-se a classificação SVM (Support Vector Machine) que é um algoritmo de aprendizado de máquina usado para tarefas de classificação. Ele é eficaz na separação de conjuntos de dados complexos, buscando criar um hiperplano ótimo que divide os dados em diferentes classes.

Contudo essas imagens foram classificadas em três classes, que consistem no mangal, água e outras classes (solo exposto, áreas construídas e vegetação diversas)

Como termino calculou-se a área de mangal antes e depois do ciclone, foi estimado a perda e ganho tanto em área (Km²) quanto a sua equivalência em percentagem (%)

Recursos usados: ArcMap- ArcGis 10.7, Microsoft Excel.

3.2.3. Identificação das áreas de perda do mangal

Para a identificação das áreas de mangal perdidas, foram consideradas as perdas de vegetação das árvores. Estas perdas foram obtidas considerando valores diferentes de 57.84, perdas que na imagem de Novembro de 2018 correspondia a vegetação do mangal.

3.2.4. Quantificação das áreas de perda do mangal

A quantificação das perdas, foi obtida através de proporções correspondentes a cada classe apresentada no mapa, considerando toda área do estudo à 100%.

Capítulo IV

4. Resultados

4.1 Mapeamento do mangal no estuário do Pungue antes e pós Ciclone Idai

As figuras (2,3 e 4), mostram a variação espaço temporal do mangal no estuário de Pungoè antes e depois do ciclone idade, onde a classe do mangal esta representada pela cor verde, o solo exposto, áreas construídas e vegetação diversa pela cor castanha e por fim a água pela cor azul como ilustram as imagens.

Para a imagem de Novembro de 2018, é possível notar que em quase toda a berma do estuário estava infestada pelo ecossistema do mangal oque não se pode verificar de uma forma igual para os nos mapas de Junho e Outubro de 2019, assim sendo, representando um período antes do ciclone idai,

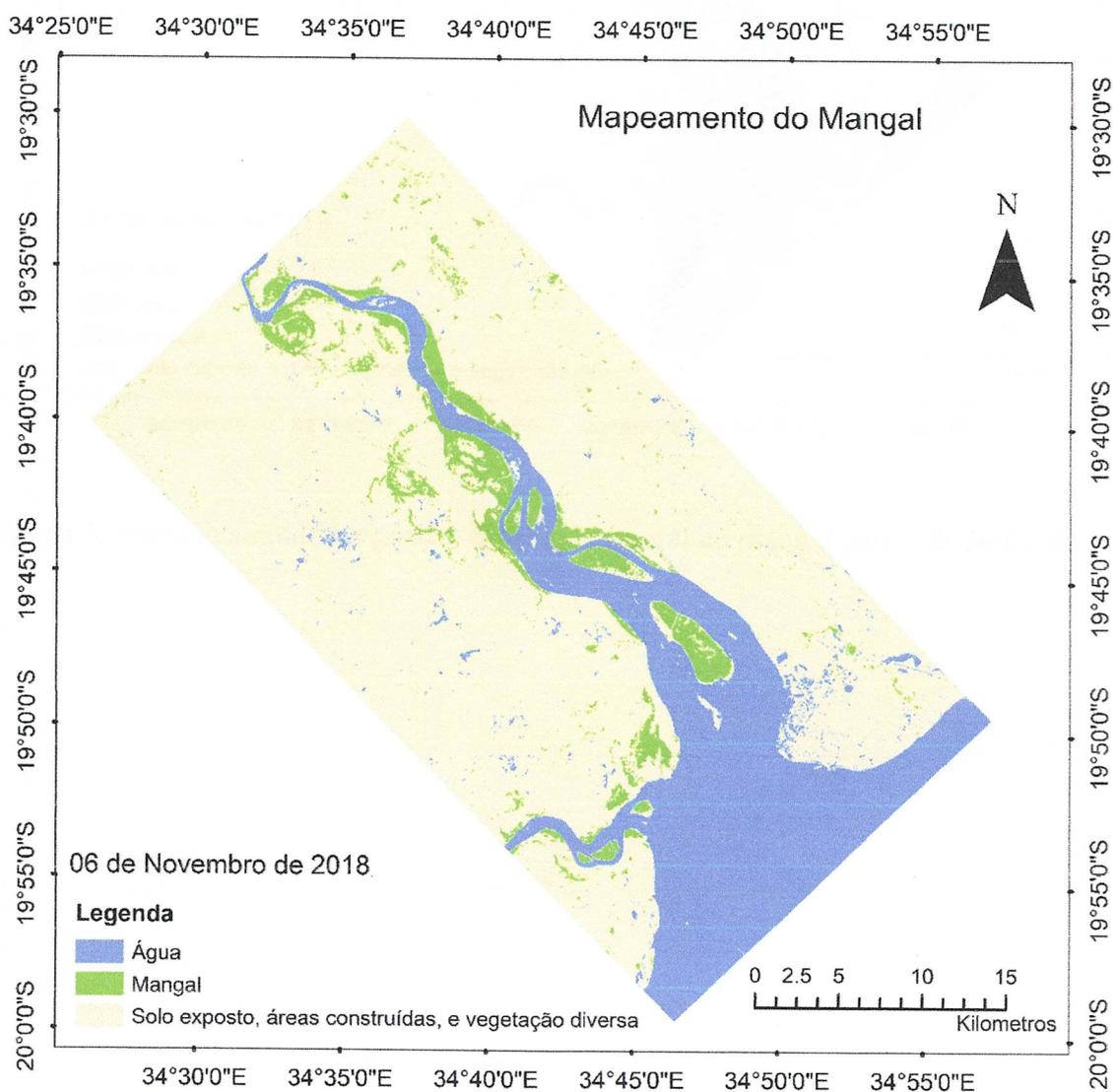


Figura 2. Mapa ilustrando a variação espaço-temporal do mangal para 6 de novembro de 2018

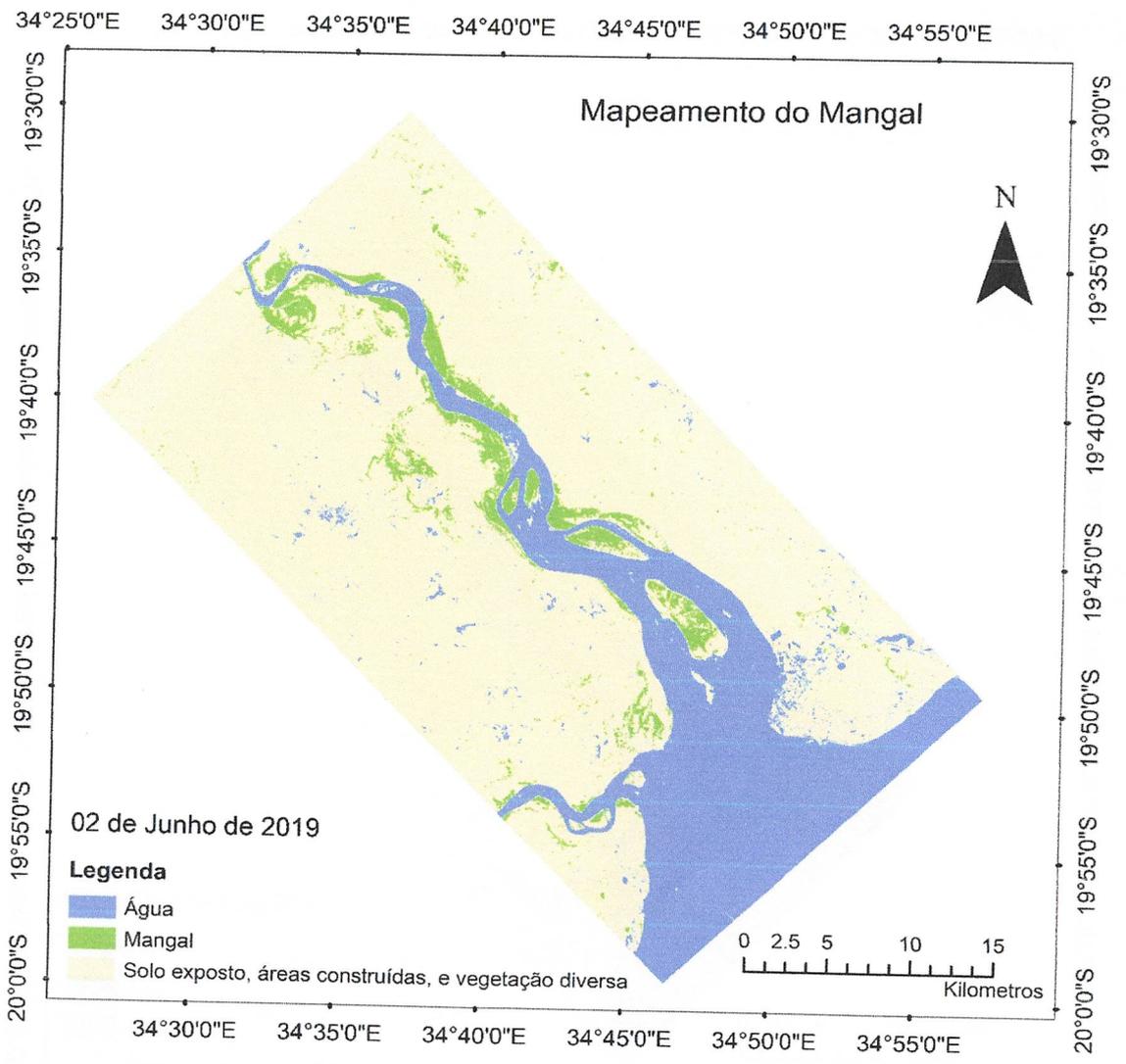


Figura 3. Mapa ilustrando a variação espácio-temporal do mangal para 2 de Junho de 2019

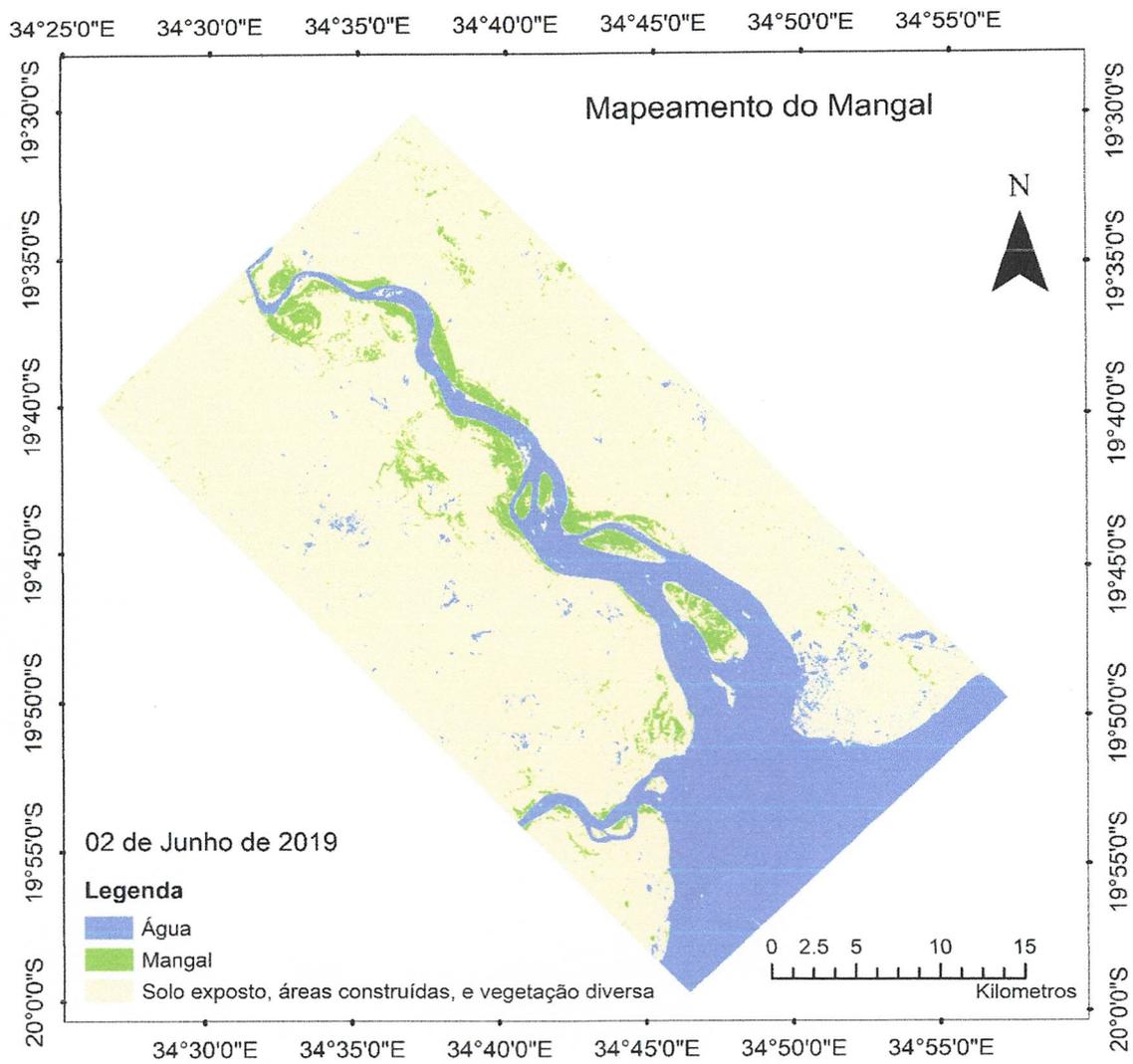


Figura 3. Mapa ilustrando a variação espaço-temporal do mangal para 2 de Junho de 2019

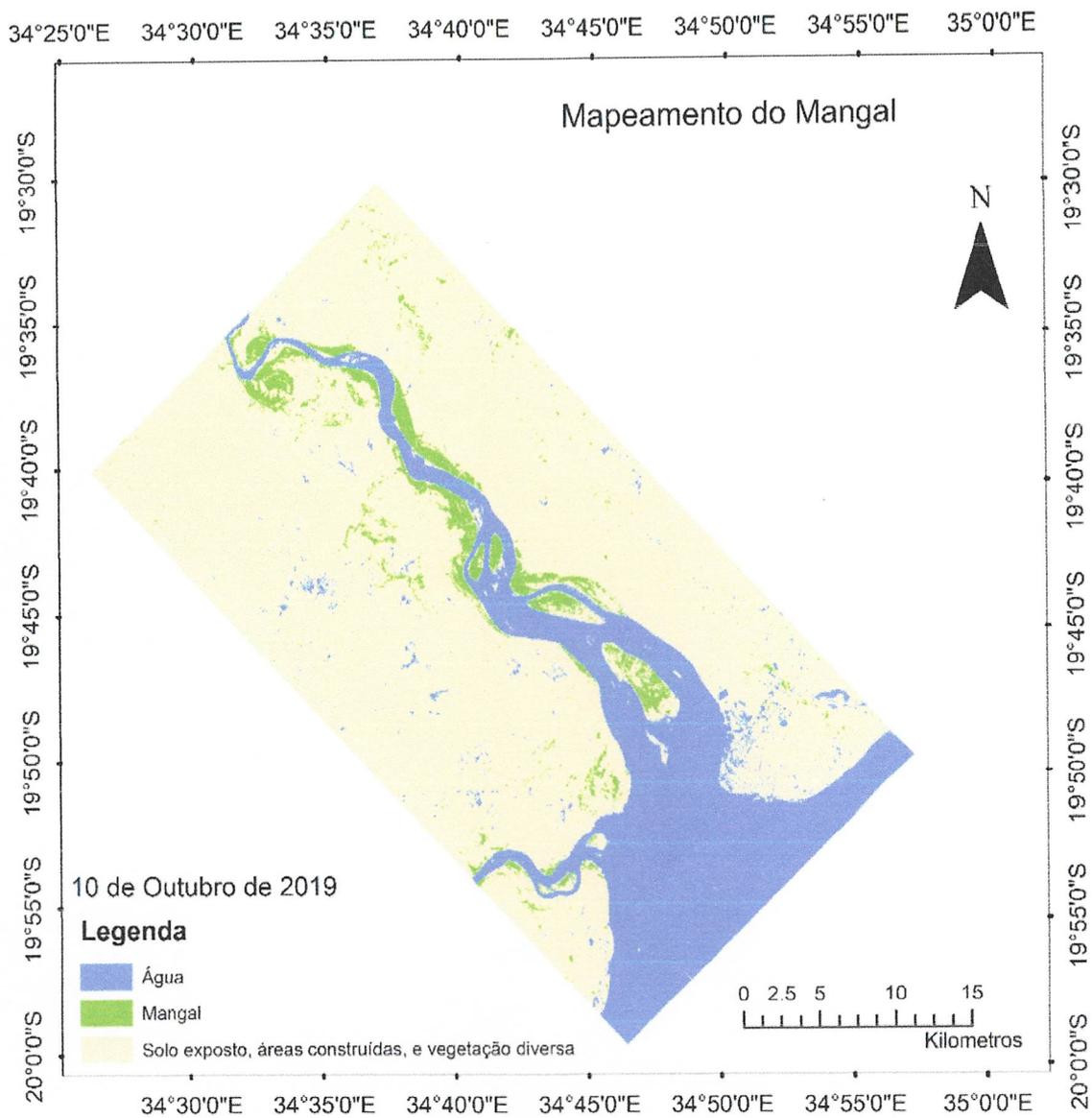


Figura 4. Mapa ilustrando a variação espácio-temporal do mangal para 18 de outubro de 2019

4.2. Ilustração das Áreas de mangal perdido

O mapa abaixo mostra regiões de perda de mangal (regiões com um tom avermelhadas) no período de Novembro de 2018 a Outubro de 2019, perdas essas ocasionadas pelo ciclone idai. Onde as áreas marcadas a vermelho são as áreas de perda do mangal depois da passagem do ciclone (do dia 08 de outubro de 2019) 7 meses depois.

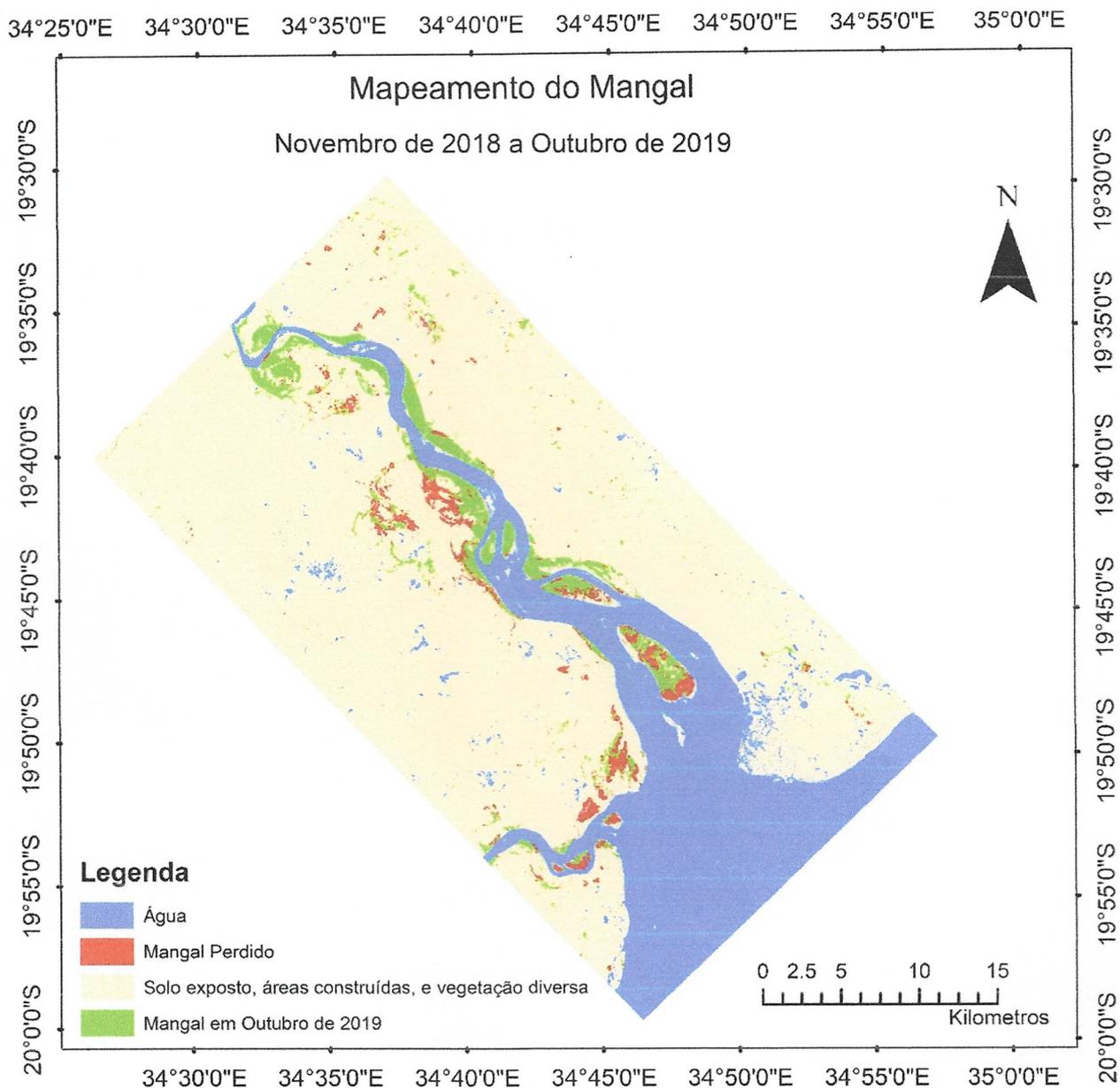


Figura 5. Mapa ilustrando áreas de perdas de mangal.

4.3. Quantificação das áreas de mangal perdidas

O gráfico abaixo mostra a variação do mangal e entre outras classes, em percentagens, antes e depois do ciclone idade em relação ano anterior (antes do ciclone) 2018 e ano depois do ciclone 2019. Onde para o dia 06 de Novembro de 2018 (4 meses antes do ciclone), 288.15 km² de nível de água, 57.84 km² de cobertura do mangal e 960.99 km² para outras classes (solo exposto, áreas contruídas e vegetação diversa). Para o dia 02 de Junho de 2019 (2 dois meses depois do Ciclone), 289.89 km² de nível de água (com um aumento de 1.74 km² de nível de água), para a cobertura do mangal 42.58 km² (com -15.26 km² de perda do mangal) para outras classes com 974.51 km² de área (com um aumento de 13.52 km² de área). E para dia 08 de Outubro (7 meses depois do ciclone), 289.74 km² de nível de água (com um aumento de 1.59 km² de nível de água), para a cobertura do mangal 39.12 km² (com -18.72 km² de perda do mangal), e para outras classes 978.12 km² de área (com um aumento de 17.13 km² de área).

Gráfico da Variação do Mangal Antes e Depois o Ciclone Idae

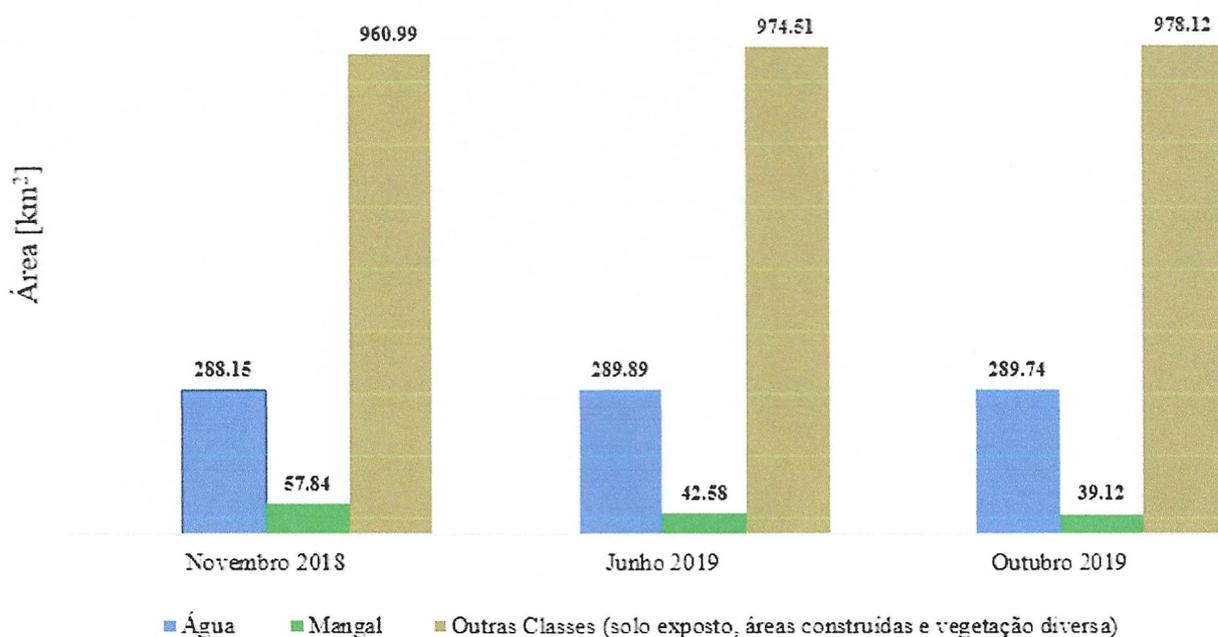


Gráfico 1. Variação do mangal antes e depois do ciclone.

Capítulo V

5. Discussão

Os resultados ilustrados referente a cobertura do mangal na área de Púnguè mostram a perda da cobertura no mês de Novembro de 2018, Junho de 2019 e Outubro de 2019. Esta perda pode estar associada a factores antropogénico, em destaque o uso do mangal como combustível lenhoso, estrutura de barcos e estacas para construções de habitações. Este tipo de cenários é característico das áreas acompanhadas por assentamentos humanos, tal como foi reportado por (Muiambo, 2023) no trabalho sobre Avaliação da Taxa de Cobertura de Vegetação de Mangal efetuado no estuário do Limpopo.

As áreas de mangais compreendidas em Sofala e Zambézia cobrem 50% da cobertura de mangais em Moçambique (Blankespoor, Dasgupta, & Lange, 2016). Globalmente, os ciclones foram responsáveis por 46% da mortalidade dos mangais, assim como ciclone Idai em 2019. No entanto, devido aos estudos limitados do impacto do ciclone Idai, pouco se sabe sobre o impacto duradouro do ciclone Idai nas comunidade de Mangais.

A maioria das inundações ocorreu mais para o interior, apoiando assim a hipótese de que as florestas de mangais mitigaram com sucesso o impacto do idai na comunidade costeira (Schoenmakers, 2023).

Embora seja importante notar que algumas inundações, particularmente inundações de pequena e baixa precipitação, podem ser benéficas através da sua capacidade de recarregar água subterrâneas, zonas húmidas, melhorar a fertilidade do solo e construir planícies aluviais. A maioria dos ciclones tropicais tende a causar impactos ecológicos negativos devido à sua elevada precipitação (Arnell, N.; Gosling, S., 2014).

As áreas de perdas causadas pelo ciclone Idai, equipara-se com as áreas perdidas pelo desmantamento no estudo sobre Análise da Dinâmica da cobertura da Floresta de Mangal no distrito de Machanga desenvolvido por (António, 2023). Este facto pode estar relacionado com exploração não sustentável do mangal porque o governo local tem com pouca frequência feito campanha de sensibilização sobre a importância de conservação do ecossistema do mangal.

As inundações tendem a aumentar a erosão, levando à eutrofização e aumentar os estoques de água subterrânea, tornando essas áreas mais propensas a novas inundações extremas no caso de outro evento de alta precipitação (Lequechane, et al., 2020). Em áreas com índices de exposição elevados, como zonas costeiras de Moçambique, é provável que os impactos das alterações climáticas, incluindo um aumento na frequência de tempestades, alimentando este ciclo de impactos ecológicos negativos após as inundações (Schoenmakers, 2023).

5.1. Conclusão e Recomendações

Este estudo teve como objectivo de Analisar o estado do mangal antes e depois do Ciclone Idai no estuário da Púnguè no ano 2019, local este que foi afectado pela referida tempestade tropical. Verificou-se que há diferenças nos impactos na vegetação do mangal em todos os três estados, Novembro de 2018, Junho de 2019 e Outubro de 2019. Dando assim, o impacto causado pelo ciclone idai no estuario de Púnguè como inundações. Ecologicamente, este estudo estabeleceu uma diferença na vegetação na região em comparação com o após a época do ciclone. Como tal, este estudo apoia ainda mais o impacto global e local para reflorestação de mangais em ecossistemas costeiros tropicais para proteger as comunidades vulneráveis dos perigos naturais em todo o mundo.

Recomendo aos proximos estudos, que se faça estudo de longo periodo para que se note estado do mangal e comparações dos eventos subsequentes.

5.2.Referências

- António, I. F. (2023). Análise da dinâmica de cobertura de floresta de Mangal no distrito de Machanga, Província de Sofala, entre os anos de 2002 - 2022.
- Arnell, N., & Gosling, S. (2014). *The impacts of climate change on river flood risk at the global scale*.
- Arnell, N.; Gosling, S. (2014). *The impacts of climate change on river flood risk at the global scale*.
- Barbosa, F., Cuambe, C., & Bandeira, S. (2001). *Status and distribution of mangroves in Mozambique*.
- Bié. (2017). *Estudo numérico de Marés meteorológicas na Costa de Moçambique. Dissertação de Mestrado*. São Paulo.
- Blankespoor, B., Dasgupta, S., & Lange, G. (2016). *Mangroves as a Protection from Storm Surges in a Changing Climate*.
- Cabral, P., Augusto, G., Akande, A., Costa, A., Amade, N., Niquisse, S., . . . al., e. (2017). *Assessing Mozambique's exposure to coastal climate hazards and erosion*.
- Chamo, J. J. (2017). Avaliação da cobertura de floresta de Mangal no posto administrativo de Macuse (Namacurra), através do sensoriamento remoto .
- Charrua, A., Bandeira, S., Catarino, S., Cabral, P., & Romeiras, M. (2020). *Assessment of the vulnerability of coastal mangrove ecosystems*.
- Chauque, A. (2019). *Análise da influência do ciclone Idai sobre a circulação das correntes, temperatura superficial do mar, salinidade superficial e distribuição da clorofila no canal de Moçambique*.
- Ferrão, M. F. (2015). Satélites e Princípios Físicos da Teledeteção. *Manual de Teledeteção Fascículo I*.
- Furaca, N. B. (2021). Exploring urbanization and critical habitat loss through land cover change around the Bons Sinais Estuary, Mozambique. *WIO Journal of Marine Science Special*, 1/43-58.
- Gotkowitz, M., Attig, J., & McDermott, T. (2014). *Groundwater Flood of a River Terrace in Southwest Wisconsin, USA. Hydrogeol. J.*
- JUNIOR, C. (2007). Detecção de Mudança Espectral uma nova metodologia para análise de series temporais.
- Keim, N. (s.d.). Processos físicos e escala de impacto. *Storm Surge*.
- Krauss, K., McKee, K., Lovelock, C., Cahoon, D., Saintilan, N., Reef, R., & Chen, L. (2013). *How Mangrove Forests Adjust to Rising Sea Level*.
- Lequechane, J., Mahumane, A., Chale, F., Nhabomba, C., Salomão, C., Lameira, C., . . . Semá, B. M. (2020). How Collaboration and Surveillance with Water, Sanitation and Hygiene (WASH) Interventions were. *Infect. Dis. Poverty*, 121-124.
- Luís, A. D. (2011). Aplicação dos sistemas de Informação Geográfica e Detecção Remota no Monitoramento do Mangal: UCM.
- MARMO. (2022). *Respirando Oceano e Suspirando Biodiversidade*. Quelimane.
- Mathias. (2012). *Análise e classificação de Ciclones utilizando Diagramas de fase: Conceitos e aplicação em previsão de Tempo operacional*. Rio de Janeiro.
- Mazuze, E. (2021). Estudo da Influência da Precipitação no Aumento do Nível do Mar na Costa de Moçambique .

- MICOA. (2012). Planfleto do Mangal. revisão.
- Moda, R. B. (2019). Expansão Urbana associado a construção nas areas de Mangal na Cidade de Quelimane (1989-2019).
- Muiambo, M. I. (2023). Avaliação da Taxa de Cobertura de Vegetação de Mangal no Estuario do Limpopo, Província de Gaza nos Anos 2011 a 2021.
- Muzime, I. P. (2015). Avaliação da Estrutura da Vegetação do Mapeamento do mopane e sua Relação com o nível de Degradação em Mabalane Província de Gaza.
- NASA. (2014). The Landsat Program.
- Nzualo, T. N., Gallo, M. N., & Vinzon, B. S. (2018). *Short-term tidal asymmetry inversion in a macrotidal estuary (Beira, Mozambique)*. *Geomorphology*, doi:10.1016/j.geomorph.2018.01.029.
- RUFO, O. (2019). Avaliação da dinâmica do mangal usando o Índice Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI) e o índice específico da área de Vegetação Fpliar.
- Schoenmakers, M. S. (2023). *Comparative Impact Analysis of Cyclone Ana in the Mozambique Channel Using Satellite Data*.
- Silvestre, V. F. (2019). Coastal Vulnerability assessment for Mozambican coast: Simplified Coastal Vulnerability Index.
- USGS. (2016). Spectral Characteristics.

Anexos

Percentagem das classes	Novembro 2018	Junho 2019	Outubro 2019
Mangal	4.43	3.26	2.99
Água	22.05	22.18	22.17
Outras classes	73.53	74.56	74.84
Total	100.00	100.00	100.00

Solo exposto, areas construidas, e vegetacao diversa