



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**  
**DIVISÃO DE AGRICULTURA**  
**CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

Monografia apresentada e defendida como requisito para a obtenção do grau de  
Licenciatura em Engenharia Florestal

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE COBERTURA FLORESTAL DO MANGAL NO POSTO  
ADMINISTRATIVO DE MORRUMBENE, ENTRE OS ANOS DE 1998 – 2018.**

**Autor:** Justino Natalino Chaúque

**Tutor:** Arão Raimundo Finiasse (MSc)

**Co-tutor:** Eng. Severino José Macoo

Lionde, Janeiro de 2022



## INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Projecto de Licenciatura sobre “Análise da dinâmica de cobertura florestal do mangal no Posto Administrativo de Morrumbene, entre os anos de 1998 - 2018”, apresentado ao Curso de Engenharia Florestal na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal.

Supervisor: Arão Raimundo Finiasse

(dr. Arão Raimundo Finiasse, MSc)

Avaliador 1: Luis Comissário

(Eng.º Luís Comissário, PhD)

Avaliador 2: Emídio José Matusse

(Eng.º Emídio Matusse, MSc)

Lionde, 05 de Janeiro de 2022

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	i
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	ii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS</b> .....	iv
<b>DECLARAÇÃO</b> .....	v
<b>DEDICATÓRIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	vii
<b>RESUMO</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. Contextualização .....	1
<b>1.2. PROBLEMA DE ESTUDO E JUSTIFICATIVA</b> .....	2
<b>1.3. OBJECTIVOS</b> .....	3
1.3.1. Objectivo geral: .....	3
1.3.2. Objectivos específicos:.....	3
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1. Mangal.....	4
2.2. Fitossociologia .....	6

2.2.1.	Composição florística.....	6
2.3.	Detecção de mudanças de cobertura .....	7
2.4.	Resposta espectral dos alvos .....	7
2.4.1.	Resposta espectral dos solos .....	8
2.4.2.	Resposta espectral da vegetação .....	8
2.4.3.	Resposta espectral de águas .....	9
2.5.	Processamento de imagens satélites.....	9
2.6.	Classificação de imagens satélites.....	9
2.6.1.	Algoritmo ISODATA.....	10
2.6.2.	Algoritmo MAXVER (Máxima Verossimilhança).....	10
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E METODOLOGIA.....</b>	<b>11</b>
3.1.	Descrição da área de estudo .....	11
3.1.1.	Clima .....	11
<b>3.1.2.</b>	<b>Vegetação .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2.</b>	<b>Materiais .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>13</b>
3.3.1.	Aquisição das imagens.....	13
3.3.2.	Delimitação da região de interesse.....	14
3.3.3.	Classificação das imagens.....	15
3.3.4.	Classificação não supervisionada.....	15

3.3.4.1.	Determinação de número de pontos por classe .....	15
3.3.5.	Validação de dados no campo .....	16
3.3.6.	Classificação supervisionada.....	17
3.3.6.1.	Descrição das classes de uso e cobertura de floresta de mangais .....	17
3.3.7.	Avaliação do desempenho da classificação .....	17
3.3.7.1.	Índice de Kappa (K) .....	18
3.3.8.	Determinação de taxa de desmatamento .....	19
3.3.9.	Caracterização silvicultural .....	19
3.3.10.	Alocação de unidades amostrais .....	19
3.3.11.	Colecta de dados.....	20
3.3.11.1.	Regeneração estabelecida.....	20
3.3.12.	Análise dos dados da caracterização silvicultural .....	20
3.4.	Composição florística.....	20
3.5.	Estrutura horizontal .....	21
3.5.1.	Abundancia absoluta .....	21
3.5.1.1.	Abundancia relativa.....	21
3.5.2.	Frequência absoluta.....	21
3.5.2.1.	Frequência Relativa.....	22
3.5.3.	Dominância Absoluta.....	22
3.5.3.1.	Dominância Relativa .....	22

3.5.4.	Índice de valor de cobertura .....	23
3.5.5.	Índice de valor de importância .....	23
3.6.	Inquéritos .....	23
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>25</b>
4.1.	Composição florística.....	25
4.1.1.	Índice de Shannon-Wiener (H') .....	25
4.3.	Regeneração estabelecida.....	26
4.4.	Distribuição diamétrica .....	27
4.5.	Uso da terra e cobertura florestal do mangal.....	27
4.6.	Avaliação da classificação .....	29
4.7.	Mudanças e uso de cobertura florestal do mangal .....	29
4.8.	Taxa de desmatamento .....	31
4.10.	Factores que contribuíram para o aumento espacial do mangal.....	33
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>34</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>35</b>
<b>7.</b>	<b>REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>37</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>42</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Espécies de mangal que ocorrem em Moçambique.....	4
Tabela 2: Materiais necessários.....	13
Tabela 3: Sensor, órbita/linha, data, formato e resolução espacial das imagens utilizadas.....	14
Tabela 4: Número de pontos de validação para cada classe.....	16
Tabela 5: Descrição das classes de uso de cobertura de floresta de mangais.....	17
Tabela 6: Esquema de matriz de confusão ou erros.....	18
Tabela 7: Relação entre os valores de índice kappa e o desempenho da classificação.....	19
Tabela 8: Tabela de estrutura horizontal para regeneração não estabelecida.....	26
Tabela 9: Tabela de estrutura horizontal para regeneração estabelecida.....	26
Tabela 10: Evolução de cobertura de mangal no Posto Administrativo de Morrumbene entre os anos de 1998 e 2018.....	28
Tabela 11: Matriz de confusão para a classificação de 2018. (Eco_ Erros de comissão; Eo_ Erros de omissão).....	29
Tabela 12: Tabela de matriz de mudança de cobertura.....	30
Tabela 13: Principais formas de uso do mangal no Posto Administrativo de Morrumbene.....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de distribuição espacial de vegetação do mangal em Moçambique.....	5
Figura 2: Refletância de objectos mais frequentes na superfície terrestre.....	8
Figura 3: Mapa de localização da área de estudo. ....	11
Figura 4: Distribuição temporal de precipitação e temperatura.....	12
Figura 5: Distribuição diamétrica. ....	27
Figura 6: Mapa de evolução de cobertura de mangal no Posto Administrativo de Morrumbene, entre os anos de 1998 - 2018.....	28
Figura 7: Mapa de mudança de cobertura de mangal no Posto Administrativo de Morrumbene entre os anos de 1998 e 2018.....	31
Figura 8: Causas de degradação dos mangais.....	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha técnica para regeneração estabelecida (com DAP $\geq$ 5 cm).....	43
Anexo 2: Ficha técnica para regeneração não estabelecida (com DAP $<$ 5 cm).....	43
Anexo 3: Coordenas geográficas dos pontos de amostragem.....	44
Anexo 4: Inquérito dirigido aos membros das comunidades locais.....	45
Anexo 5: Corte da espécie <i>Sonneratia alba</i> para produção de lenha e suporte da estrutura de barcos de pesca. ....	47
Anexo 6: Uso de espécies de mangal como suporte de estrutura de barcos de pesca. ....	47
Anexo 7: Áreas de mangal desbastadas/áreas de mangal sem cobertura de mangal.....	47

Anexo 8: Áreas de mangal desbastadas para estabelecimento de salinas.....	48
Anexo 9: Salinas nas áreas de mangal abandonadas. ....	48
Anexo 10: Recolha de mangais para uso como combustível lenhoso. ....	49
Anexo 11: Placas de sinalização. ....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS.

cm	Centímetros
CENACARTA	Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção
DAP	Diâmetro Acima do Peito
Eco	Erros de comissão
Eo	Erros de omissão
ENVI	Environment for Visualizing Images
G/ha	Área basal por hectare
GPS	Global Positioning System
H'	Índice de diversidade de Shannon-Wiener
ha	Hectares
HC	Altura comercial
HT	Altura total
IVC	Índice de valor de cobertura
IVI	Índice de valor de importância
ISPG	Instituto Superior Politécnico de Gaza
K	Índice de Kappa
km	Quilômetros
km <sup>2</sup>	Quilômetros quadrados
FAO	Food and agriculture organization
m	Metros
m <sup>2</sup>	Metros quadrados
MAE	Ministério da Administração Estatal
Max ver	Máxima Verossimilhança
MICOA	Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental
MITADER	Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural
mm	Milímetros
N/ha	Número de indivíduos por hectare
OLI	Operational Land Imager
RGB	Red, Green and Blue
ROI	Region of interest
SHP	Shapefile
UNEP	United Nations Environment Programme
UTM	Universal Transversal Mercator
USGS	United States Geological Surver
TIFF	Tagged Image File Format
TM	Thematic Mapper
°C	Graus centígrados
%	Porcentagem



## INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

### DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus supervisores, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, 05 de Janeiro de 2022

Justino Natalino Chaúque

(Justino Natalino Chaúque)

## **DEDICATÓRIA**

### **Aos meus pais:**

Manuel Fabião Chaúque e Balbina Armando Cuamba (OS MEUS ANJOS DA GUARDA!)

### **Aos meus irmãos:**

Máuro Edmilson Armando Chaúque, Luís Henriques Fabião Chaúque e Vilma Mariana Chaúque.

### **Aos meus tios:**

Simões José Elias, André Bata, Santos Alfredo Cuamba, Helena Armando Cuamba e Constância Vilankulos.

### **Aos meus primos:**

Elton Pinto Chaúque, Casimiro Fernando Mucambe, Felsa da Graça Cuamba e Armando Raimundo Covane.

### **Aos meus amigos:**

Manuel Salvador Moiane, Hélio Levy Muhate, Fernando Maurício Chau, Saide Alberto Tomás, Denilson João Matsinhe, Valter Sergio Alberto, Felix Eugenio Munguambe, Laura Nhandzime e Agostinho Israel Zilda.

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

**A DEUS**, que me ajudou a ultrapassar os obstáculos e me deu forças suficientes para que o meu sonho tornasse numa realidade.

Aos meus pais, Manuel Fabião Chaúque e Balbina Armando Cuamba, por terem me ajudado moralmente e financeiramente na formação do meu curso.

Aos meus tutores dr. Arão Raimundo Feniase e Eng. Severino Macôo, que souberam conduzir-me e que acreditaram em mim, na realização do trabalho, também pela paciência e pelo apoio, agradeço imenso pela atenção e disponibilidade imediata na interação Estudante-Docente.

Os meus Profundos agradecimentos ao corpo docente do Departamento de Engenharia Florestal, que diretamente ou indiretamente contribuíram na minha formação, com especial destaque aos docentes: dr Arão Feniase; Eng. Severino Macôo; dr Sérgio Bila; Eng Emídio Matusse; Eng. Pedro Wate; Eng Juvência Yolanda, Eng Edson Massingue; dr Eleutério Mapsanganhe, Eng. Mário Tuzine e Eng. Luís Comissário.

Manifesto a minha gratidão a todos meus colegas que estivemos juntos no campo durante a colecta de dados: João Chibue Domingos, Hipólito da Cruz e Samuel Francisco Menete.

Aos colegas da turma de 2015 do Curso de Engenharia Florestal em geral, em especial Saide Tomas Alberto; Adelina Filimone Pelembe; Denilson João Matsinhe; Valter Sérgio Alberto; Rosália Cossa; Arrone Teles; Lúcia Mandlate e a todos aqui não mencionados mas que, pelo seu carinho e pelos momentos agradáveis de convívio contribuíram para o sucesso da formação, os meus agradecimentos!

## RESUMO

O estudo foi realizado no Posto Administrativo de Morrumbene, Distrito de Morrumbene, Província de Inhembane e com o objectivo de analisar a dinâmica de cobertura de floresta do mangal entre os períodos de 1998 e 2018. As imagens do sensor TM e OLI do satélite Landsat foram usadas para o estudo da dinâmica, e usando o algoritmo Isodata fez-se classificação não supervisionada e com o algoritmo Máxima Verossimilhança do software *Exelis Envi 5.3* fez-se classificação supervisionada. Com o módulo *Change Detection Difference Map* da operação *Change Detetion* do software *Exelis Envi 5.3* gerou-se a imagem de mudança de cobertura e posteriormente por meio do software *Qgis 2.18* produziu-se mapas de uso e cobertura de terra dos anos 1998 e 2018, e ainda os mapas de fluxos de mudanças para analisar a dinâmica de cobertura do mangal. A taxa de desmatamento do mangal foi determinada pelo método de *Puyravaud*. Para a realização de estudo fitossociológico foram estabelecidas de forma sistemática 32 parcelas de 100m<sup>2</sup> cada separadas uma da outra a uma distância de 100m. Dentro de cada parcela foram estabelecidas subparcelas de 25 m<sup>2</sup> para a contagem de todos os indivíduos de regeneração não estabelecida. Do levantamento feito foram identificadas 5 espécies de mangal, nomeadamente: *Avicennia marina*; *Sonneratia alba*; *Rhizophora mucronata*; *Ceriops tagal* e *Bruguiera gymnorhiza*. A *Avicennia marina* foi a espécie mais abundante, frequente, dominante e com maior índice de valor de importância. A avaliação da classificação foi considerada excelente com índice de Kappa de 82%. Durante os 20 anos, os mangais tiveram uma área intacta de 1449.09 ha (96.37%), ganho de 113.49 ha (7.55%) e perda de 54.54 (3.63%). A taxa de desmatamento foi de 3.93% (58.95ha). Os factores antropogênicos foram considerados como as principais causas de degradação do mangal, e incluem o uso do mangal como: combustível lenhoso, estacas, madeira para construção de barcos e ainda conversão das áreas dos mangais em salinas.

**Palavras-chave:** Estado de conservação do mangal, dinâmica florestal, imagem satélite.

## ABSTRACT

The study was carried out at the Administrative Post of Morrumbene, District of Morrumbene, Inhembane Province, with the aim of analyzing the dynamics of mangrove forest cover between 1998 and 2018. The images from the TM and OLI sensors from the Landsat satellite were used for the study of dynamics and using the Isodata algorithm for unsupervised classification and for supervised classification the Maximum Likelihood algorithm of the *Exelis Envi 5.3 software*. With the *Change Detection Difference Map* module of the *Change Detetion* operation of the *Exelis Envi 5.3 software*, the coverage change image was generated and later, using the *Qgis 2.18 software*, maps of land use and coverage of the years 1998 and 2018 were produced, and also the change flux maps to analyze the mangrove cover dynamics. The mangrove deforestation rate was determined by the *Puyravaud* method. To carry out the phytosociological study, 32 plots of 100m<sup>2</sup> each separated from one another at a distance of 100m were systematically established. Within each plot, subplots of 25 m<sup>2</sup> were established to count all individuals with non-established regeneration. From the survey carried out, 5 mangrove species were identified, namely: *Avicennia marina*; *Sonneratia alba*; *Rhizophora mucronata*; *Ceriops tagal* and *Bruguiera gymnorrhiza*. *Avicennia marina* was the most abundant, frequent, dominant species with the highest importance value index. The classification evaluation was considered excellent with a Kappa index of 82%. During the 20 years, the mangroves had an intact area of 1449.09 ha (96.37%), a gain of 113.49 ha (7.55%) and a loss of 54.54 (3.63%). The deforestation rate was 3.93% (58.95ha). Anthropogenic factors were considered to be the main causes of mangrove degradation, and include the use of mangroves as: fuel wood, stakes, wood for boat construction and even conversion of mangrove areas to salt marshes.

**Keywords:** Mangrove conservation status, forest dynamics, satellite image.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização

Moçambique é considerado um dos países que apresentam maior cobertura florestal do mangal ao nível da África Austral, a floresta do mangal ocupa uma área estimada de 296 889,05 hectares (MITADER, 2018), que se estende ao longo dos 2.770 quilómetros de costa e geralmente ocorrem ao longo de estuários, baías e lagoas, sendo mais abundante nas regiões norte e centro do país (FAO, 2005; Macamo & Siteo, 2017).

Os mangais sofreram grandes variações ao longo do tempo, tendo sido reduzido de 408,000 ha em 1972 (Saket & Matusse, 1994) para 357,000 ha em 2004 (Marzoli, 2007), ou seja, em um período de 22 anos os mangais tiveram uma perda de cobertura de 51,000 ha. Os resultados do último estudo sobre o desflorestamento em Moçambique realizado por MITADER (2018) indicam que os mangais tiveram uma variação de 297 896,22 ha em 2003 para 297 889,05 ha em 2016. De acordo com os resultados dos três estudos pode-se notar que os mangais tiveram uma redução de quase da metade da sua área de cobertura nos últimos 44 anos.

As actividades antropogénicas como o estabelecimento de salinas, áreas agrícolas, tanques para aquacultura, desenvolvimento urbano, contaminação dos estuários por resíduos líquidos, e ainda uso do mangal como combustível lenhoso, destacam-se como as principais ameaças aos ecossistemas dos mangais (Macamo & Siteo, 2017). Por outro lado, eventos extremos ou mudanças climáticas podem causar danos aos ecossistemas dos mangais, como é o caso dos mangais dos rios Save e Limpopo (MIMAIP, 2018). Embora haja evidências de degradação dos ecossistemas dos mangais, em Moçambique poucos estudos foram realizados visando a avaliar a sua dinâmica usando a detecção remota e os sistemas de informação geográfica. Entretanto, os mangais, pelas suas características e localização, são tipos de vegetação facilmente diferenciável nas imagens satélite (Siteo, *et al.*, 2012).

A detecção remota e os sistemas de informação geográfica vêm sendo largamente aplicado para o monitoramento de coberturas vegetais (Abreu & Coutinho, 2014). O sensoriamento remoto e suas ferramentas de análise de dados, como as técnicas de detecção de mudanças, têm elevado potencial exploratório na quantificação e qualificação do uso e cobertura da terra, assim como dos seus processos de conversão e modificação.

## 1.2. PROBLEMA DE ESTUDO E JUSTIFICATIVA

Em Moçambique existem poucos estudos sobre a extensão e condição das florestas de mangal, e os dados actualmente existentes, são reconhecidamente insuficientes para se fazer uma avaliação mais realista sobre estes dois aspectos a nível nacional (Macamo & Siteo, 2017). No entanto os resultados dos estudos já realizados mostram que há tendências ao aumento de taxa de degradação dos mangais (MITADER, 2015), como é o caso dos estudos realizados por Marzoli (2007); FAO (2007); Fatoyinbo, *et al.*, (2008); Giri, *et al.*, (2011); Fatoyinbo & Simard (2013) e MITADER (2018). O índice de desmatamento do mangal por ano varia em cada região de Moçambique, e a taxa de desmatamento anual do mangal é de 0.7%, correspondente a 67 ha de mudanças de cobertura por ano (Marzoli, 2007).

O distrito de Morrumbene é considerado o terceiro distrito depois dos distritos de Govuro e Massinga da província de Inhembane com maior cobertura de mangal que se estendem ao longo dos 13 km<sup>2</sup> (MICOA, 2012), entretanto não há registro de estudo visando a avaliar a dinâmica do ecossistema de mangal nessa região do país. A degradação do mangal em Morrumbene tem como consequência a ocorrência da erosão costeira, provavelmente a redução da quantidade de peixes e crustáceos no mar.

Neste contexto, surge o interesse de estudar o ecossistema do mangal usando sistemas de informação geográfica com objectivo de mapear e estimar as taxas de desmatamento. O mesmo poderá servir de base para intervenção nas áreas que apresentarem grandes mudanças, permitindo assim, a definição de estratégias adequadas de utilização e gestão desses recursos, assim como servir de alerta para adoção de práticas mais adequadas no uso dos recursos florestais pelas comunidades locais.

### **1.3.OBJECTIVOS**

#### **1.3.1. Objectivo geral:**

- Analisar a dinâmica de cobertura florestal do mangal no Posto Administrativo de Morrumbene entre os anos de 1998- 2018, através de imagens satélite da serie Landsat.

#### **1.3.2. Objectivos específicos:**

- Caracterizar a composição florística do mangal no Posto Administrativo de Morrumbene;
- Gerar mapas de cobertura florestal de mangal e das diferentes formas de uso do solo dos anos 1998 e 2018;
- Determinar o fluxo de mudanças de floresta do mangal entre os anos de 1998-2018;
- Determinar a taxa de desflorestamento de floresta do mangal;
- Avaliar os factores que influenciam na dinâmica de cobertura florestal do mangal.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1.Mangal

O mangal é um ecossistema costeiro, situado nas regiões tropicais e subtropicais, ocorrendo junto à desembocadura de rios, estuários e lagoas costeiras, até onde houver influência de marés (MITADER, 2015). Os mangais são compostos por árvores tolerantes à salinidade (holófitas), e que crescem em solos pouco arejados (anaeróbios), ricos em nutrientes, usando deste modo raízes aéreas (pneumatóforos) para respirar (MICOA, 2012).

Os mangais desempenham importantes funções socioeconómicas e ambientais. Isso inclui o fornecimento de uma grande variedade de produtos florestais madeireiros e não madeireiros; protecção costeira contra efeitos do vento, ondas e correntes de água; conservação da diversidade biológica, incluindo vários mamíferos, répteis, anfíbios e aves ameaçados de extinção; protecção de recifes de coral, rotas de navegação contra assoreamento; e provisão de habitat (FAO, 2007).

Em Moçambique ocorrem 8 espécies de mangais e apresentam zonação específica sendo distinta para as regiões sul e norte do país (Macamo & Siteo, 2017). A tabela abaixo (1) ilustra as espécies que ocorrem em Moçambique.

Tabela 1: Espécies de mangal que ocorrem em Moçambique.

N.	Nome científico	Família	Zonação	Local de ocorrência
1	<i>Avicennia marina</i>	Avicenniaceae	Margem terrestre e marinha	Na maioria das florestas de mangal do país. Dominante no sul e em muitas florestas de mangal degradadas e de salinidade elevada.
2	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Rhizophoraceae	Interior da floresta	Na maioria das florestas de mangal.
3	<i>Ceriops tagal</i>	Rhizophoraceae	Interior da floresta	Na maioria das florestas de mangal.
4	<i>Hiritiera littoralis</i>	Malvaceae	Margem terrestre	Delta do rio Save.
5	<i>Lumnitzera racemosa</i>	Combretaceae	Margem	Ilha de Inhaca, delta do Save, delta

			terrestre	do Zambeze, Baía de Nacala.
6	<i>Rhizophora mucronata</i>	Rhizophoraceae	Ao longo dos canais, onde a salinidade é baixa e estável	Na maioria das florestas de mangal.
7	<i>Sonneratia alba</i>	Sonneratiaceae	Margem marinha	A partir da província de Inhambane para norte.
8	<i>Xylocarpus granatum</i>	Meliaceae	Interior da floresta	Estuário do Incomáti, delta do Save, delta do Zambeze, Baía de Pemba, Palma

Fonte: (Macamo & Siteo, 2017)

A figura (1) ilustra o mapa de distribuição espacial de vegetação do mangal em Moçambique, que foram obtidos através de fonte de dados da CENACARTA.

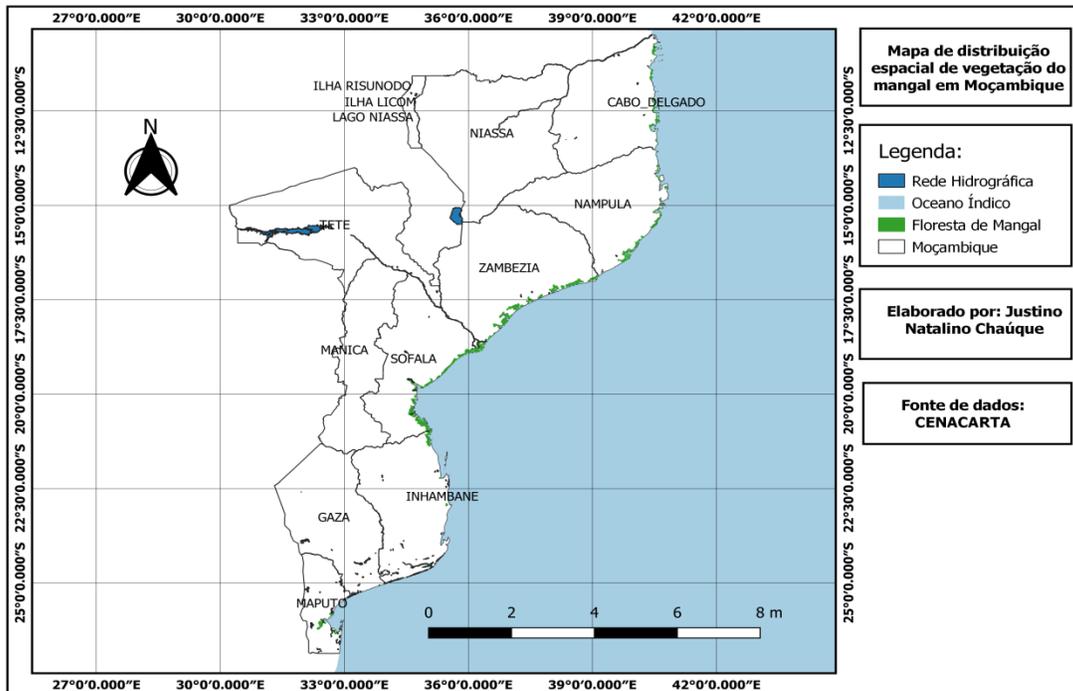


Figura 1: Mapa de distribuição espacial de vegetação do mangal em Moçambique.

## **2.2. Fitossociologia**

### **2.2.1. Composição florística**

Uma forma de se obter dados sobre estrutura, a composição florística e a dinâmica de florestas é a partir do monitoramento em parcelas permanentes (Jardim & Quadros, 2016). A partir desses dados podem-se fazer deduções sobre a origem, as características ecológicas e sincológicas, a dinâmica e as tendências de desenvolvimento da floresta, sendo esses elementos básicos para o planejamento do manejo florestal (Jardim, *et al.*, 2018).

### **2.2.2. Estrutura horizontal**

A análise da estrutura horizontal de uma comunidade florestal utiliza parâmetros de densidade, dominância, frequência, valor de importância e valor de cobertura (Machado, *et al.*, 2019).

**A frequência** - é a porcentagem de unidades de amostragem com ocorrência da espécie, em relação ao número total de unidades de amostragem (Chaves, *et al.*, 2013). Este parâmetro dá uma ideia da distribuição das espécies no espaço de amostragem, e varia entre 0 a 100 %. Valores altos de frequência (61% a 100%) indicam uma composição florística homogênea, valores baixos (1% a 40%) significam alta heterogeneidade florística. Quanto maior for a extensão de respectiva parcela, maior é o número de espécies que passam a fazer parte das classes superiores de frequência (Ribeiro, *et al.*, 2002).

**A abundância** - expressa o número de indivíduos de uma determinada espécie por unidade de área (Monteiro, 2019). A abundância absoluta corresponde ao número total de indivíduos de uma espécie e a abundância relativa indica a participação de cada espécie em porcentagem do número total de espécies levantadas (Bonetes, 2003).

**A dominância** - é a taxa de ocupação da unidade de área (hectare) pelos indivíduos de dada espécie (Finger, 2008). Em florestas densas, como é difícil determinar a dominância através da projeção horizontal das copas, é proposta a utilização da área basal do tronco das árvores para o cálculo da dominância. A dominância absoluta é calculada pela soma das áreas basais dos indivíduos pertencentes a uma determinada espécie e a dominância relativa se calcula em porcentagem de cada espécie na expansão horizontal total (Bonetes, 2003).

**Índice de valor de cobertura** - é calculado pela soma da densidade relativa com a dominância relativa de determinada espécie, sendo seu valor máximo possível igual a 200% (no caso da floresta ser composta por apenas uma espécie).

**Índice de valor de importância** – é o índice que caracteriza a importância de cada espécie na comunidade (sob a perspectiva horizontal), reunindo os critérios de análise dos três parâmetros (abundância relativa, frequência relativa e dominância relativa), essa caracterização é feita através da soma da abundância, da frequência e da dominância relativas de cada espécie da associação vegetal.

### **2.3. Detecção de mudanças de cobertura**

As técnicas de detecção de mudanças são metodologias de monitoramento de um conjunto de mudanças ambientais e socioeconômicas ocorridas ao longo do tempo em uma determinada região do globo terrestre, a partir de imagens ou dadas multitemporais (Kiel, 2008). Uma gama de estudos tem demonstrado que a utilização integrada das ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento estão consagradas como o principal meio de se executar levantamento de mudanças na cobertura e uso da terra. As imagens de satélite são capazes de oferecer uma variedade muito grande de informações da superfície da terra de forma rápida e actualizada (Pimentel, *et al.*, 2011).

### **2.4. Resposta espectral dos alvos**

O comportamento espectral de um objecto pode ser definido como sendo o conjunto dos valores sucessivos da refletância do objecto ao longo do espectro eletromagnético, também conhecido como assinatura espectral do objecto (Maio, *et al.*, 2008). O termo comportamento espectral de alvos tem sido atribuído pelos profissionais que actuam na aplicação do sensoriamento remoto no estudo de recursos naturais, como ao estudo da reflectância espectral destes recursos, quer que sejam: vegetação, solos, minerais, rochas e água. Assim, o comportamento espectral de um alvo só é plenamente compreendido quando são estudadas as suas propriedades de refletir, transmitir e absorver a radiação eletromagnética (figura 2) (Novo & Ponzoni, 2001).

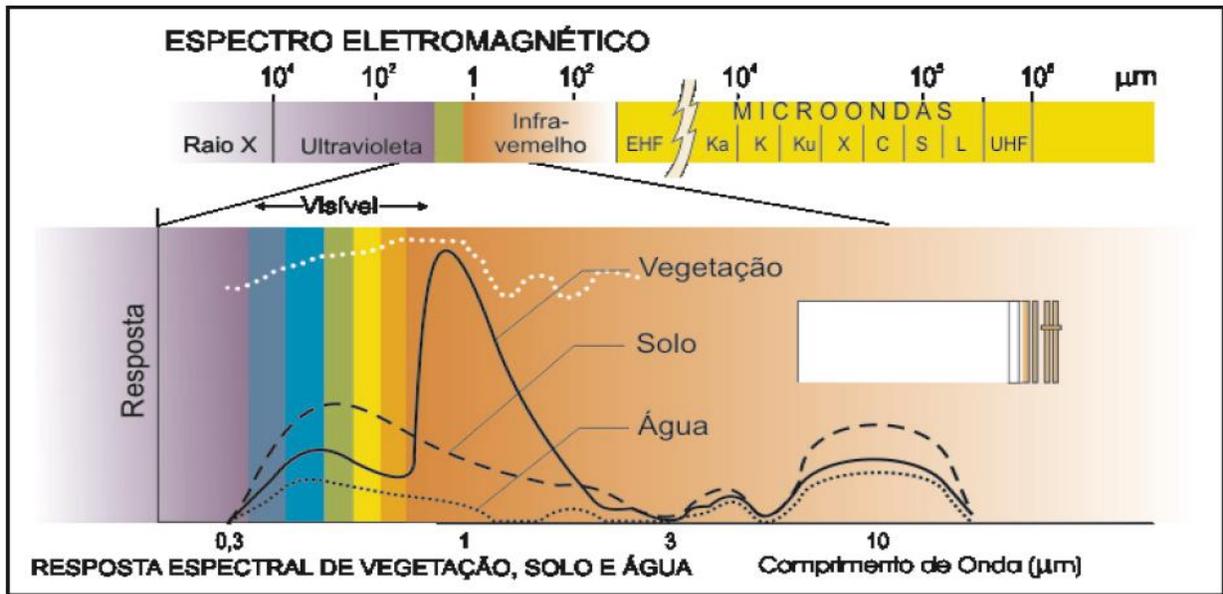


Figura 2: Refletância de objectos mais frequentes na superfície terrestre.

Fonte: (Maio, *et al.*, 2008)

#### 2.4.1. Resposta espectral dos solos

Segundo Maio, *et al.*, (2008), as combinações e arranjos dos materiais constituintes dos solos é que definem o seu comportamento espectral, sendo que os principais factores são a constituição mineral, a matéria orgânica, a humidade e a granulometria (textura e estrutura) desde. O tamanho das partículas no solo também afectam a sua reflectância, ou seja, para solos com a mesma composição mineralógica, a tendência é a redução da refletância com o aumento do tamanho das partículas (Novo & Ponzoni, 2001).

#### 2.4.2. Resposta espectral da vegetação

De todos os elementos constituintes da vegetação, a folha constitui o principal deles quando se considera o processo de interação descrito (Novo & Ponzoni, 2001). A vegetação sadia apresenta alta absorção de energia electromagnética na região do espectro visível, que é capturada pela clorofila para a realização da fotossíntese e a alta reflectância no infravermelho próximo (até 1,3  $\mu\text{m}$ ) é devido a estrutura celular, sendo que a partir desde comprimento de onda é o conteúdo de água na vegetação quem modula as bandas de absorção presentes no comportamento espectral desta (Maio, *et al.*, 2008).

### **2.4.3. Resposta espectral de águas**

O comportamento espectral de corpos de água é modulado principalmente pelos processos de absorção e espalhamento produzidos por materiais dissolvidos e em suspensão neles, pois é verificado que a presença de matéria orgânica dissolvida em corpos de água desloca o máximo de refletância espectral para o verde-amarelo, enquanto que a presença de matéria inorgânica em suspensão resulta num deslocamento em direcção ao vermelho (Moreira, 2001).

### **2.5. Processamento de imagens satélites**

O processamento de imagens é configurado por algoritmos especializados, que disponibiliza para o usuário a aplicação de uma grande variedade de técnicas de processamento (Meneses & Almeida, 2012). O pré-processamento é considerado uma das fases mais importante do processamento de imagens satélites, que consiste na preparação de dados de satélites, para realizar a classificação (Moreira, 2001). As técnicas de pré-processamento são, essencialmente, funções operacionais para remover ou corrigir os erros e as distorções introduzidos nas imagens pelos sistemas sensores devidos a erros instrumentais (ruídos espúrios), às interferências da atmosfera (erros radiométricos) e à geometria de mapeamento (distorções geométricas) (Meneses & Almeida, 2012).

### **2.6. Classificação de imagens satélites**

Os métodos de classificação de imagens são aplicados com o objectivo de criar representações temáticas de fenómenos, feições e objectos dispostos sobre a superfície terrestre. Estes métodos delimitam porções em que a resposta espectral dos alvos apresenta as mesmas características (Seabra & Cruz, 2013). Para classificar uma imagem usam-se programas apropriados, também denominados algoritmos de classificação ou simplesmente classificadores. Dependendo do algoritmo utilizado, neste procedimento, a classificação é dita supervisionada ou não supervisionada (Moreira, 2001).

Os algoritmos de classificação não supervisionada são classificadores que requerem pouca ou nenhuma participação do analista no processo de classificação da imagem, o uso de classificadores não supervisionados é indicado quando o analista não possui conhecimento da área de estudo (Moreira, 2001), ou quando deseja fazer uma classificação exploratória da

imagem, para rapidamente e sem grande esforço, saber as possíveis classes de alvos que podem ter na imagem (Meneses & Almeida, 2012).

Ao contrário dos algoritmos de classificação não supervisionada, os algoritmos de classificação supervisionada requer conhecimentos prévios das classes de alvos, a fim de classificar a imagem nas classes de interesse pré-fixadas pelo analista (Meneses & Almeida, 2012). Dentre os algoritmos supervisionados os mais empregados podem ser: máxima verossimilhança (MAXVER), o método do paralelepípedo e a distância euclidiana (Moreira, 2001).

### **2.6.1. Algoritmo ISODATA**

O classificador ISODATA fundamenta-se no princípio de que todos os agrupamentos encontrados na imagem devem ser compactos, com todos os pixels agrupados em volta da média, ocupando uma região esférica no espaço, a outra condição é que os agrupamentos serão bem separados se seus centros são separados por uma distância mínima maior do que o valor de entrada. Se essa distância entre os centros de agrupamento for menor do que o valor de entrada, então os agrupamentos são fundidos (Meneses & Almeida, 2012).

### **2.6.2. Algoritmo MAXVER (Máxima Verossimilhança)**

O classificador por máxima verossimilhança considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos (Meneses e Almeida). Esta classificação assume que todas as bandas têm distribuição normal e calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica (INPE, 2008). Esse classificador é eficiente porque as classes de treinamento são utilizadas para estimar a forma da distribuição dos pixels contidos em cada classe no espaço de  $n$  bandas, como também a localização do centro de cada classe (Meneses & Almeida, 2012).

### 3. MATERIAIS E METODOLOGIA

#### 3.1. Descrição da área de estudo

O presente trabalho foi realizado no Posto Administrativo de Morrumbene, localizado no distrito de Morrumbene, província de Inhambane. O distrito de Morrumbene situa-se no centro da Província de Inhambane (figura 3); faz fronteira a Norte com o distrito de Massinga, a Sul com a Cidade da Maxixe e distrito de Homoíne, a Oeste com os distritos de Homoíne e Funhalouro e a Este com o Oceano Índico (MAE, 2014).

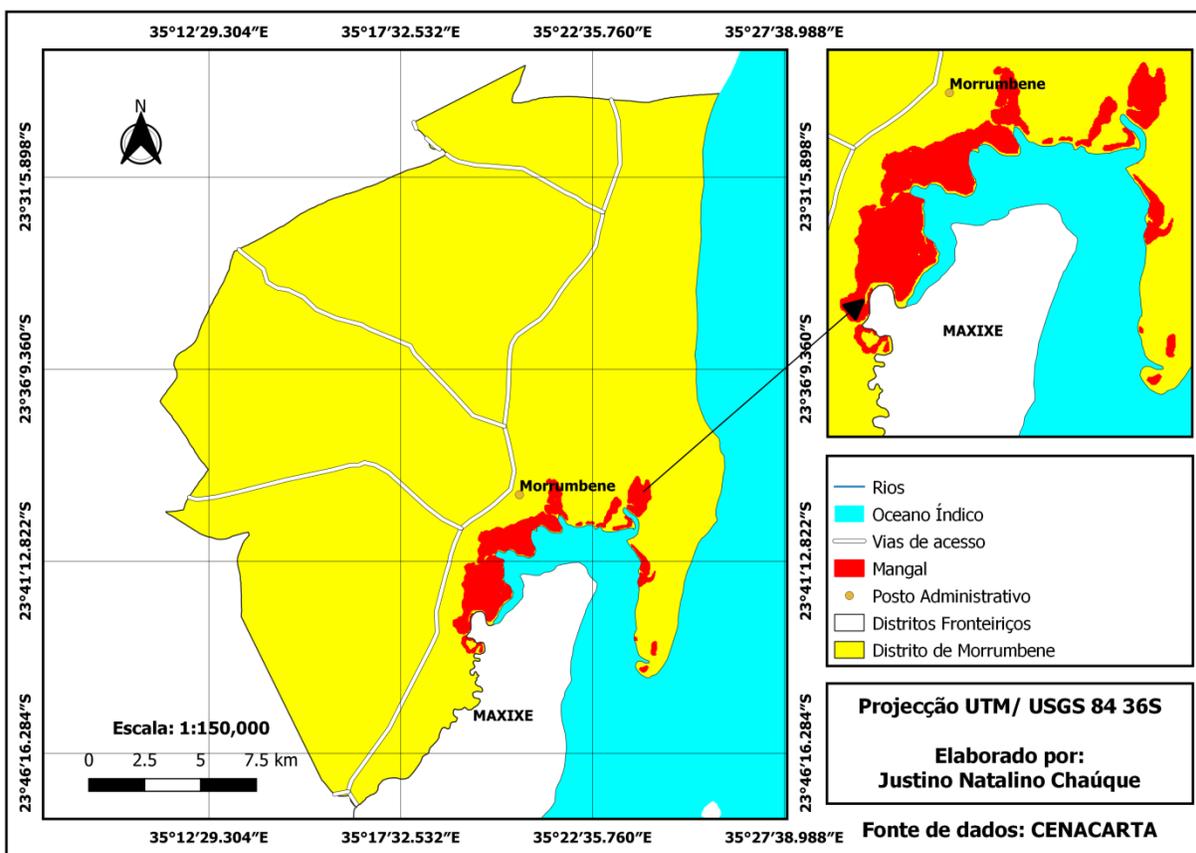


Figura 3: Mapa de localização da área de estudo.

#### 3.1.1. Clima

O distrito de Morrumbene tem um clima tropical e possui uma temperatura média de 23.3 °C e 925 mm de pluviosidade média anual. Janeiro é considerado o mês de maior precipitação com uma média de 151 mm e a temperatura média de 26.4 °C (o mês mais quente do ano), Julho é o mês com mais temperatura baixa ao longo do ano. O mês mais seco tem uma diferença de

precipitação 126 mm em relação ao mês mais chuvoso. As temperaturas médias variam 7.0 °C durante o ano.

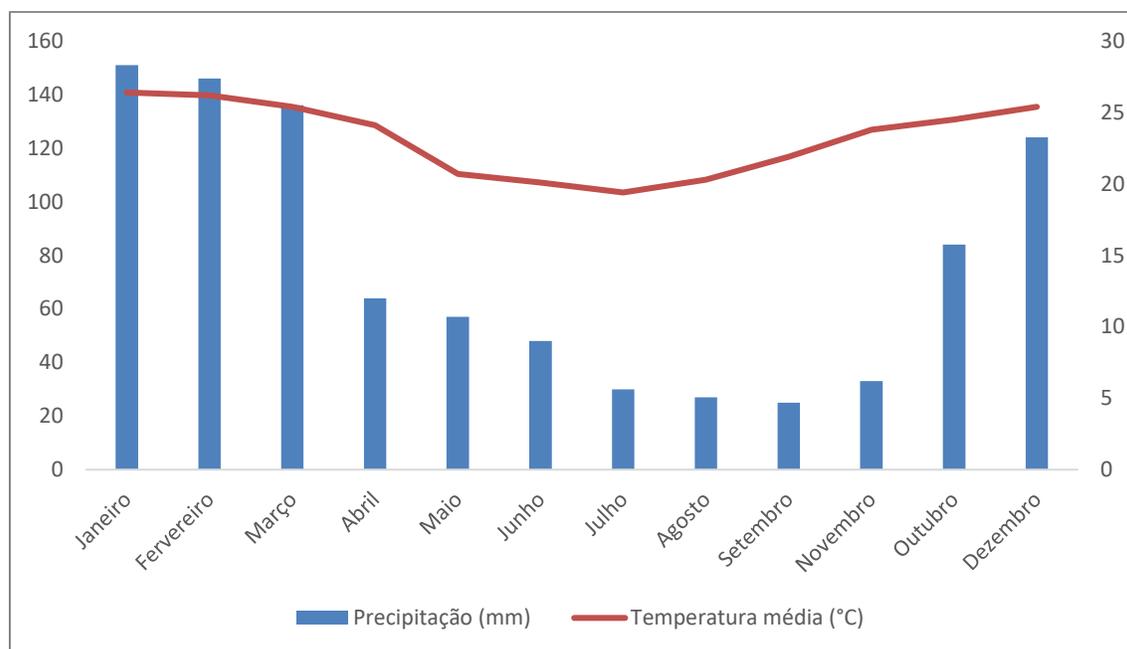


Figura 4: Distribuição temporal de precipitação e temperatura.

Fonte: Global Climate Monitor. Disponível em: <<http://www.globalclimatemonitor.org/>>.

[Acessado em: 25 de Agosto de 2019].

### 3.1.2. Vegetação

No Distrito de Morrumbene distinguem-se, da costa em direção ao interior, três principais regiões, consoante o tipo predominante de vegetação: a região costeira dunar com vegetação dunar, os matagais ou matas de miombo e o mosaico de matas de miombo decíduo – florestas decíduas. No geral, em termos de ocupação do solo, as matas ocupam mais de metade da área do distrito (54,1% equivalente a 1.394 km<sup>2</sup>), seguindo-se as florestas (13,5% equivalente a 347 km<sup>2</sup>), as pradarias (11,8% equivalente a 303 km<sup>2</sup>), terras húmidas (5,5% equivalente a 142 km<sup>2</sup>) e os mangais (0,5% equivalente a 13 km<sup>2</sup>). Outras áreas pequenas são ocupadas pelos assentamentos humanos e por terras de cultivo ou ainda constituem áreas sem vegetação ou degradadas (MICOA, 2012).

### 3.2. Materiais

Na tabela abaixo (2) está apresentada à lista de materiais necessários para a execução deste trabalho e as suas respectivas funções ao decorrer das actividades:

Tabela 2: Materiais necessários.

	<b>Tipo de material</b>	<b>Função</b>
01	Quantum GIS 3.12.0	Seleção de dados de treinamento e validação da classificação; Produção de mapas temáticos.
02	Exelis Envi 5.4	Pré-processamento de imagens satélites; Classificação e validação.
03	GPS Map 64s	Adição das coordenadas para a validação no campo; Localização dos pontos de classes no treino e parcelas.
04	Google Earth Pro	Auxílio na validação dos dados no campo.
05	Máquina fotográfica	Captação de fotografias das diferentes formas de uso de terra.
06	Microsoft Excel 2016	Processamento de dados.
07	Suta	Medição do diâmetro a altura do peito das árvores (DAP).
08	Corda	Auxílio na demarcação das parcelas.
09	Tesoura de poda	Corte de amostra de espécies não identificadas no campo.
10	Prensa	Recolha de amostras de espécies não identificadas no campo.

### 3.3. Metodologia

#### 3.3.1. Aquisição das imagens

Para a realização deste estudo foram utilizadas duas imagens satélite dos sensores TM e OLI, a bordo do satélite Landsat. As imagens da área de estudo foram seleccionadas e descarregadas gratuitamente a partir do sítio do USGS *Global Visualization Viewer*. As principais características das imagens estão apresentadas na tabela (3) que se segue.

Tabela 3: Sensor, órbita/linha, data, formato e resolução espacial das imagens utilizadas.

Sensor	Órbita/linha	Data de aquisição	Formato	Resolução espacial
TM	167-077	1998-07-03	TIFF	30 metros
OLI	167-077	2018-07-04	TIFF	30 metros

As imagens têm um período de cobertura de 20 anos e no processo de selecção foi necessário obedecer aos critérios abaixo:

- **Imagens do mesmo período (datas próximas)** – com a comparação de uma mesma época do ano para todas as imagens as influências do clima foram minimizadas;
- **Imagens do período seco** – permitiram melhor distinção dos diferentes tipos de vegetação. Onde o sinal verde corresponde à vegetação florestal, pois as gramíneas encontram-se secas por deficiência de água no solo;
- **Livres de cobertura de nuvens** – as nuvens e as respectivas sombras projectadas obstruem a resposta espectral dos objectos à superfície.

### 3.3.2. Delimitação da região de interesse

Na delimitação da região de interesse primeiro fez-se a composição das bandas, que consistiu em escolher bandas com melhor combinação de cores para discriminar a distribuição da vegetação, usou as bandas 5,4,3 para a imagem do 1998 (sensor TM) e 6,5,4 imagem do ano 2018 (sensor OLI). De seguida definiu-se a região de interesse sendo aquela área que é coberta pela vegetação do mangal.

Para extração das áreas de interesse das imagens satélite utilizou-se a ferramenta vetorial *Region of interest* (ROI), construindo um polígono base na imagem de 1998 para em seguida abri-lo na imagem de 2018. O polígono foi extraído com sucesso, no entanto para garantir que a área de interesse fosse exclusivamente do Posto Administrativo de Morrumbene, foi necessário abrir o arquivo shapefile (SHP) do distrito de Morrumbene onde sobre o mesmo foi delimitada a região de interesse.

### 3.3.3. Classificação das imagens

### 3.3.4. Classificação não supervisionada

Para a classificação não supervisionada usou-se o algoritmo *Isodata* através do Software ENVI. Definiu-se 5 a 10 classes de cobertura com objectivo de identificar e agrupar as classes de cobertura com a mesma refletância.

O classificador retomou imagem já classificada com 5 classes (Mangal, Matagal, Pradaria, Áreas sem vegetação ou ocupação urbana e Corpos de Água), porém, para discriminar melhor as classes houve necessidade de definir 3 classes de uso e cobertura de terra dos mangais:

- Mangais: constituída exclusivamente com vegetação de mangais;
- Não mangais: constituídas por matagal, pradaria, áreas sem vegetação ou ocupação urbana;
- Corpos de água: constituída por estuários, rios e uma parte do oceano índigo.

#### 3.3.4.1. Determinação de número de pontos por classe

Para a determinação de número de pontos por classe foi necessário primeiro determinar o número total de pontos de amostra para toda área de estudo, para tal recorreu-se a fórmula de Rosenfield *et. all* (1982) (fórmula 1).

$$n_0 = \frac{z^2 \times P^2 \times (1-P)}{E^2} \quad \text{Fórmula (1)}$$

Onde:

- ✓ **n<sub>0</sub>**: Número total de pontos da amostra;
- ✓ **Z**: Valor na função de distribuição Z acumulada, que é igual a 1.96 para o intervalo de confiança de 90%;
- ✓ **P**: exatidão de classificação mínima desejada, que é igual a 0.85 para uma exatidão mínima desejada de 85%;
- ✓ **E**: Erro máximo de estimativa desejada, que é igual a 0.1 para um erro máximo estimado de 10%.

Após a determinação de número total de pontos de amostra para toda área de estudo, determinou-se o número de pontos de amostra por cada classe com base na proporção das classes, de acordo com a fórmula (2) abaixo indicada:

$$NAE = NTA \times \frac{EA}{ETA} \quad \text{Fórmula (2)}$$

Onde:

- ✓ **NAE:** Número de pontos de amostra por estrato;
- ✓ **NTA:** Número total de pontos da amostra;
- ✓ **EA:** Área de estrato em hectares;
- ✓ **ETA:** Área total da amostra.

Após a determinação de pontos por classe foi necessário reajustar os pontos devido à insuficiência de pontos amostrais para a classe de interesse, este reajuste visa a viabilizar o processo de validação das classes. A tabela (4) abaixo ilustra os números de pontos de validação para cada classe.

Tabela 4: Número de pontos de validação para cada classe.

<b>Classes</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Pontos de amostra</b>	<b>Pontos de validação</b>
Mangal	1562.58	9.21	4	14
Não mangais	10139.4	59.73	25	18
Corpos de água	5272.74	31.06	13	8
<b>Total</b>	<b>16974.7</b>	<b>100</b>	<b>42</b>	<b>42</b>

### 3.3.5. Validação de dados no campo

Para a validação das classes foram marcados pontos aleatórios correspondentes a cada classe através do Software Quantum GIS e registraram-se as coordenadas geográficas que posteriormente foram introduzidas no GPS (*Global Positioning System*) com a orientação UTM (*Universal Transversal Mercator*).

No campo, com os pontos geográficos inseridos no GPS fez-se a localização de cada ponto e a observação das classes em que os pontos estavam inseridos para poder validar as classes por

ponto. Após esse processo fez-se a identificação das possíveis causas de alteração de cobertura de mangal, que consistiu em fazer entrevista e inquéritos aos membros das comunidades locais.

### 3.3.6. Classificação supervisionada

Com base na validação das classes de uso e cobertura de terra, fez-se a reclassificação das imagens satélites, nesta etapa os pixéis das classes pré-determinadas na validação de pontos de amostra foram localizados nas imagens satélites e submetidos ao algoritmo de classificação *máxima verossimilhança* (Max ver) do Software ENVI 5.3 e por fim produziram-se mapas de cobertura de terra com as classes validadas.

#### 3.3.6.1. Descrição das classes de uso e cobertura de floresta de mangais

As classes de cobertura de terra foram agrupadas em três classes principais de acordo com a tabela (5) que se segue:

Tabela 5: Descrição das classes de uso de cobertura de floresta de mangais.

Nº	Classes	Sigla	Cor
1	Mangais	MA	Red
2	Não mangais	NM	Green
3	Corpos de água	CA	Blue

Adaptado pelo autor

### 3.3.7. Avaliação do desempenho da classificação

Para conferir que os dados colectados e classificados sejam confiáveis e tenham a qualidade desejada avaliou-se a acurácia da classificação através da matriz de confusão e do cálculo de índice Kappa.

Para tal, mediu-se o grau de concordância entre proporções de amostra dependentes, neste caso concreto os mapas classificados e a verificação de informações do campo.

Tabela 6: Esquema de matriz de confusão ou erros.

Classificação de imagens	Verdade de campo				X <sub>+i</sub>	E <sub>0</sub>
	P11				Σ(P11 ... P14)	
		P12			Σ(P21 ... P24)	
			P13		Σ(P31 ... P34)	
				P14	Σ(P41 ... P44)	
X <sub>i+</sub>	Σ(P11 ... P15)	Σ(P21 ... P25)	Σ(P31 ... P35)	Σ(P41 ... P45)		
E <sub>co</sub>						
Exatidão global						Índice de Kappa (K)

Onde:

	Classes obtidas pela classificação das imagens de satélite
	Verdades de campo
	Parcelas corretamente classificada
	Somatório do Xi+ ou de X+i (Somatório da linha ou da coluna marginal)

### 3.3.7.1. Índice de Kappa (K)

O teste de concordância Kappa (K), foi calculado através da seguinte equação:

$$k = \frac{N * \sum_{i=1}^M di - \sum_{i=1}^M (\sum l(i) * \sum c(i))}{N^2 - \sum (\sum l(i) * \sum c(i))} \quad \text{Fórmula (3)}$$

Onde:

- ✓ **K:** Índice de Kappa;
- ✓ **N:** Número de pixels de verificação;
- ✓ **M:** Número de classe.

Para a atribuição de intervalos de valores da qualidade da classificação foi usado valores propostos por Landis e Kock (1977) adaptada por Moreira (2001) como ilustra a tabela (7):

Tabela 7: Relação entre os valores de índice kappa e o desempenho da classificação.

Índice Kappa	Desempenho da classificação
<b>0.00</b>	Sem concordância
<b>0.00 a 0.20</b>	Pobre
<b>0.21 a 0.40</b>	Fraca
<b>0.41 a 0.60</b>	Moderada
<b>0.61 a 0.80</b>	Forte
<b>0.81 a 1.00</b>	Excelente

Adaptada por Moreira (2001)

### 3.3.8. Determinação de taxa de desmatamento

Para o cálculo de taxa de desmatamento adoptou-se o método proposto pela *Organização Mundial da Alimentação* (FAO), que é sustentada pela equação proposto por Puyravaund (2003) para calcular a taxa percentual de cobertura florestal perdida. A fórmula assume que a área de floresta perdida pelo desmatamento decresce ao longo do tempo de acordo com uma taxa exponencial, dada por:

$$R = \frac{1}{t_2 - t_1} \times \ln \frac{A_2}{A_1} \quad \text{Formula (5)}$$

Onde: **R**: taxa de desmatamento; **ln**: logaritmo natural; **A2**: área do Mangal no final do período em análise (t2); **A1**: extensão do Mangal no início do período de referência (t1).

### 3.3.9. Caracterização silvicultural

#### 3.3.10. Alocação de unidades amostrais

Foram amostradas 32 unidades amostrais com base no estabelecimento de uma grelha de amostragem (amostragem sistemática) com recurso ao Google Earth, onde os pontos amostrais (coordenadas) encontravam-se a 100 m de distância entre si, e o primeiro ponto (quadrícula) foi estabelecido de forma aleatória e a partir deste, foram demarcadas sistematicamente as outras parcelas, posicionadas ao longo de transectos perpendiculares á linha da costa com 50m de distância entre si. As parcelas (unidades amostrais) foram localizadas com recurso ao GPS, em que em cada ponto foi alocada uma quadrícula de 100m<sup>2</sup> (10mx10m), gerando assim uma grelha amostral.

### 3.3.11. Colecta de dados

#### 3.3.11.1. Regeneração estabelecida

Em cada uma das unidades amostrais, foram identificadas espécies com base em características morfológicas e vegetativas, e foi feito a medição do diâmetro à altura do peito (DAP) com auxílio de uma suta e a altura total com auxílio de uma régua graduada de todos os indivíduos com diâmetro do tronco igual ou superior a 5 cm.

#### 3.3.11.2. Regeneração não estabelecida

Para o caso de regeneração não estabelecida ou plantas com o DAP inferior a 5 cm, foram estabelecidas subparcelas de 25m<sup>2</sup>(5m x 5m) num dos cantos dentro de cada unidade amostral de 100m<sup>2</sup> (10m x 10m), onde foram agrupadas e contadas por espécies, em cada subparcela. Este procedimento permitiu a determinação do nível de regeneração natural por espécie.

### 3.3.12. Análise dos dados da caracterização silvicultural

Os dados foram analisados na planilha electrónica Microsoft Office Excel 2016, onde foram calculados os seguintes parâmetros: índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'); abundância (Abs); frequência (Fr); dominância (Dor); assim como o índice de valor de importância (IVI) e índice de valor de cobertura (IVC).

## 3.4. Composição florística

Para a análise da composição florística foi necessário determinar o Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H').

### 3.4.1. Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H')

O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') foi obtido a partir da seguinte fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i) \quad \text{Formula (6)}$$

Onde:

- ✓ **H'**: Índice de diversidade de Shannon-Wiener;
- ✓ **p<sub>i</sub>**: Proporção do número total de indivíduos a que pertencem à espécie i ( $p_i = n_i/N$ );
- ✓ **n**: Número de indivíduos da espécie i;
- ✓ **N**: Número total de indivíduos de todas as espécies.

### 3.5. Estrutura horizontal

#### 3.5.1. Abundancia absoluta

Abundancia absoluta (**Ab.abs**) indica o número de indivíduos de uma espécie por unidade de área [hectare (ha) ] e foi estimado, a partir da expressão apresentada abaixo:

$$Ab. abs = \frac{n_i}{A} \quad \text{Formula (7)}$$

Onde:

- ✓ **ni**: Número de indivíduos da espécie i;
- ✓ **A**: Área total amostrada em hectares.

#### 3.5.1.1. Abundancia relativa

Abundancia relativa (**Ab.rel**) indica a participação de cada espécie em relação ao número total de árvores/indivíduo e é estimado, a partir da expressão apresentada abaixo:

$$Ab. rel = \frac{n_i}{N} \times 100 \quad \text{Formula (8)}$$

Onde:

- ✓ **ni**: Número de indivíduos da espécie i;
- ✓ **N**: Número total de indivíduos.

#### 3.5.2. Frequência absoluta

Frequência absoluta (**Fr.abs**) indica a percentagem (ou proporção) de ocorrência de uma espécie em uma determinada área e é determinado, através da expressão apresentada abaixo:

$$Fr. abs = \frac{p_i}{P} \times 100 \quad \text{Formula (9)}$$

Onde:

- ✓ **pi**: Número de parcelas (unidades amostrais) com ocorrência da espécie i;
- ✓ **P**: número total de parcelas (unidades amostrais) na amostra.

### 3.5.2.1.Frequência Relativa

Frequência Relativa (**Fr.rel**) é a relação entre a frequência absoluta de determinada espécie com a soma das frequências absolutas de todas as espécies área e é determinado, através da expressão apresentada abaixo:

$$\text{Fr. rel} = \frac{FA_i}{\sum FA} \times 100 \quad \text{Formula (10)}$$

Onde:

- ✓ **FA<sub>i</sub>**: Frequência absoluta de uma determinada espécie;
- ✓ **∑ FA**: Somatório das frequências absolutas de todas as espécies amostradas.

### 3.5.3. Dominância Absoluta

Dominância Absoluta (**Dabs**) é definida como a área basal total de uma determinada espécie (**g<sub>i</sub>**) por unidade de área, geralmente o hectare e é determinado, através da expressão apresentada abaixo:

$$D_{abs} = \frac{g_i}{A} \quad \text{Formula (11)}$$

Onde:

- ✓ **A**: Área amostrada em hectares;
- ✓ **g<sub>i</sub>**: Secção transversal da espécie i na parcela em m<sup>2</sup>, que é calculada a partir da relação:

$$g_i = \frac{\pi \times DAP^2}{4} \quad \text{Formula (12)}$$

#### 3.5.3.1.Dominância Relativa

Dominância Relativa (**Drel**), representa a percentagem da área basal de uma determinada espécie (**g<sub>i</sub>**) em relação a área basal de todas as espécies amostradas (**G**), o somatório das áreas basais individuais, ambas calculadas por unidade de área.

$$D_{rel} = \frac{n_i}{G} \times 100 \quad \text{Formula (13)}$$

Onde:

- ✓ **n<sub>i</sub>**: Número de indivíduos da espécie i;
- ✓ **G**: Área basal por hectare em m<sup>2</sup>/ha (**G**= ∑g<sub>i</sub>);

#### 3.5.4. Índice de valor de cobertura

A importância de uma espécie dentro do povoamento também pode ser estimada pelo número de árvores (abundância) e suas dimensões (dominância). Com isto, o valor de cobertura é calculado da seguinte forma:

$$VC_i = Ab.rel + D_{rel} \quad \text{Formula (15)}$$

Onde:

- ✓ **VC<sub>i</sub>**: Índice de valor de cobertura;
- ✓ **Ab.rel**: Abundância relativa;
- ✓ **Drel**: Dominância relativa.

#### 3.5.5. Índice de valor de importância

É o índice que caracteriza a importância de cada espécie na comunidade (sob a perspectiva horizontal), reunindo os critérios de análise dos três parâmetros (**abundância relativa, frequência relativa e dominância relativa**).

$$IVI = Ab.rel + Fr.rel + D_{rel} \quad \text{Formula (14)}$$

Onde:

- ✓ **IVI**: Índice de valor de importância;
- ✓ **Ab.rel**: Abundância relativa;
- ✓ **Fr.rel**: Frequência relativa;
- ✓ **Drel**: Dominância relativa.

#### 3.6. Inquéritos

O inquérito efectuado (anexo 4) visava essencialmente colher informações inerentes às causas de exploração do mangal na área de estudo. Os inquéritos tiveram lugar na Localidade de Ponte Cais e Linga Linga. Por se tratar duma actividade ilegal, não existem dados estatísticos sobre o número total dos praticantes da actividade, e a amostra baseou-se no número possível de pessoas encontradas no local de actividade. No total foram inqueridas 36 pessoas, sendo 20 na Localidade de Ponte Cais e 16 na Localidade de Linga Linga. O inquérito foi dirigido

exclusivamente aos membros das comunidades locais, pesqueiras e o representante do conselho comunitário das pescas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Composição florística

No presente estudo foram registados um total de 330 indivíduos em 32 parcelas amostrais de 0.01 ha, correspondente a 0.32 ha, onde foram identificadas no total 5 espécies de mangal, pertencente a 3 famílias botânicas, nomeadamente *Bruguiera gymnorrhiza*, *Ceriops tagal* e *Rhizophora mucronata* pertencentes à família *Rhizophoraceae*; *Avicennia marina* pertencente à família *Avicennaceae* e *Sonneratia alba* pertencente a família *Sonneratiaceae*.

#### 4.1.1. Índice de Shannon-Wiener (H')

Neste estudo o índice de diversidade de Shannon-Weaver encontrado foi de 1.34 sendo igual em relação ao obtido na zona Costeira da Cidade de Maxixe por (Cumbe, 2020), numa área de 0.35 hectares, 878 indivíduos e 5 espécies em 35 parcelas amostradas, e próximo em relação ao de (Mandlate, 2013) obtido num estudo na Baía de Sofala com área de 0.846 hectares e 1528 indivíduos em 55 parcelas amostradas e 6 espécies que obteve 1.31, esta diferença deve-se a diferentes números de espécies nas diferentes áreas estudos. O índice de diversidade obtido neste trabalho revela que a comunidade de mangal é moderadamente diversificada, justificado por encontrar-se entre  $1 < H' \leq 3$  (Malik, *et al.*, 2019), o que é caracterizado pelo número de espécies encontradas (riqueza).

### 4.2. Regeneração não estabelecida

A espécie *Avicennia marina* foi a que apresentou maior abundância e maior frequência (tabela 8). Os resultados deste estudo, assemelham-se com os resultados obtidos nos estudos realizado por Cumbe (2020), na zona Costeira da Cidade da Maxixe, onde obteve maior abundância na regeneração natural para a espécie *Avicennia marina* (75.25%), seguida da *Rhizophoramucronata* (15.18%), *Sonneratia alba* (8.62%) e *Bruguiera gymnorrhiza* (0.95%).

A abundância da *Avicennia marina* em relação às outras espécies encontradas pode ser explicada pela alta capacidade de colonizar diferentes habitantes, tanto de alta salinidade (franja) como de baixa salinidade (mais para o interior), e segundo (Beentje & Bandeira, 2007), (Barbosa, *et al.*, 2001), a *Avicennia marina* é uma espécie que geralmente aparece na zona mais para o interior da floresta de mangal, sobre solos arenosos, mas podendo também ser encontrada na primeira linha

da costa devido a sua grande tolerância salinidade tornando-se deste modo a espécie mais abundante.

Tabela 8: Tabela de estrutura horizontal para regeneração não estabelecida.

Espécie	Abundância		Frequência	
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa
<i>Avicennia marina</i>	112150	42.07	0.21	20.95
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	25050	9.40	0.20	20.27
<i>Ceriops tagal</i>	25100	9.41	0.19	18.92
<i>Rhizophora mucronata</i>	79175	29.70	0.21	20.95
<i>Sonneratia alba</i>	25125	9.42	0.19	18.92
<b>Total</b>	<b>266600</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>100</b>

#### 4.3.Regeneração estabelecida

A espécie *Avicennia marina* foi a que apresentou maior abundância, maior frequência, maior dominância e foi a que teve maior índice de valor de importância e cobertura (tabela 9). Os resultados desse estudo diferem um pouco com os resultados do estudo realizado por Cumbe (2020), onde constatou que a espécie *Avicennia marina* apresentou maior abundância relativa com cerca de 48,86%, seguida de *Rhizophora mucronata* (21,53%), *Sonneratia alba* (15,72%) e *Bruguiera gymnorrhiza* (7,74%). Segundo Balidy, *et al.*, (2005), na região sul de Moçambique a espécie *Sonneratia alba* é mais abundante na cidade de Inhambane e arredores de Maxixe até Morrumbene, sendo a segunda espécie mais abundante no Porto de Inhambane e Maxixe. Segundo este autor a espécie *Sonneratia alba* é a quarta espécie mais abundante em Morrumbene e quinta nos arredores da Cidade de Inhambane (Salela). Neste estudo a espécie *Sonneratia alba* apresentou abundância relativa de 10.42%, sendo considerada a quarta espécie mais importante ao nível estrutural.

Tabela 9: Tabela de estrutura horizontal para regeneração estabelecida.

Espécie	Abundância		Frequência		Dominância		Índice	
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	IVI	IVC
<i>Avicennia marina</i>	365.63	35.45	0.32	32.29	148.60	50.12	117.87	85.58
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	300.00	29.09	0.31	31.25	67.26	22.69	83.03	51.78
<i>Ceriops tagal</i>	193.75	18.79	0.26	26.04	45.03	15.19	60.02	33.98

<i>Sonneratia alba</i>	171.88	16.67	0.10	10.42	35.57	12.00	39.08	28.67
<b>Total</b>	<b>1031.25</b>	<b>100.00</b>	<b>1.00</b>	<b>100.00</b>	<b>296.47</b>	<b>100.00</b>	<b>300.00</b>	<b>200.00</b>

#### 4.4. Distribuição diamétrica

A curva da distribuição diamétrica do mangal, no Posto Administrativo de Morrumbene, apresentou um padrão do "J" invertido (figura 5), onde grande parte dos indivíduos amostrados encontra-se distribuídos nas três primeiras classes diamétricas (5cm-10cm; 10cm-15cm e de 15cm-20cm), o que significa que houve maior número de indivíduos com diâmetro reduzido em relação a indivíduos com diâmetros maiores. Cumbe (2020) obteve resultados semelhantes ao apresentar um gráfico que vai reduzindo o número de indivíduos (abundância) á medida que o diâmetro aumenta.

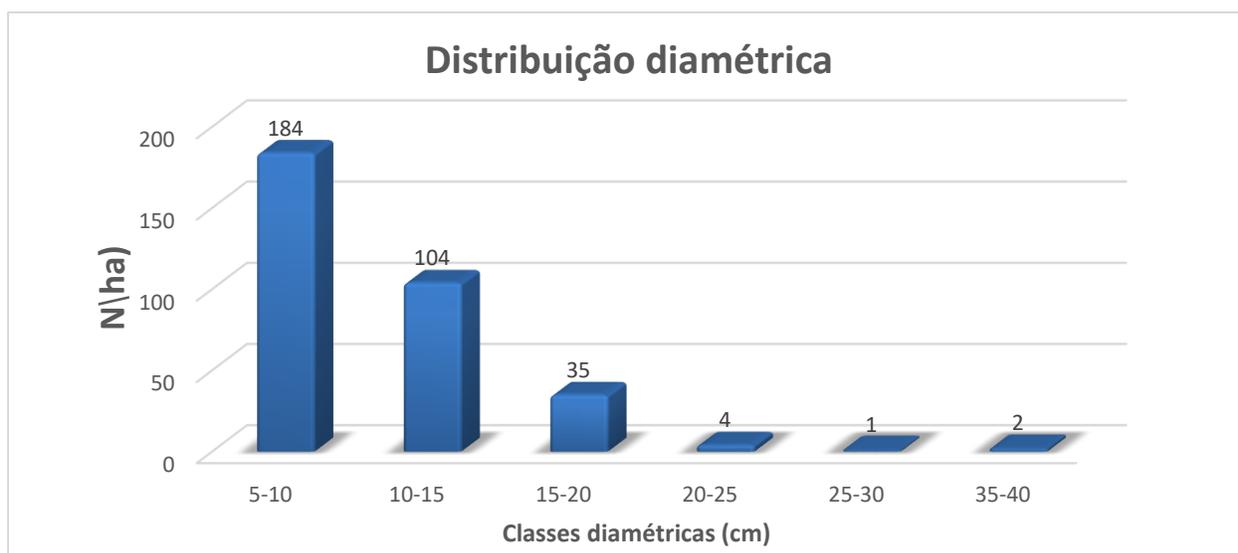


Figura 5: Distribuição diamétrica.

#### 4.5. Uso da terra e cobertura florestal do mangal

Os resultados mostraram que a classe predominante no ano 2018 é a classe de não mangais com 10139.4 ha (59.73%), seguido pela classe de corpos de água com 5729.94 ha (31.06%). A classe dos mangais é a classe que ocupa menor extensão na área de estudo com 1562.58 ha (9.21%), conforme mostra a tabela 10 e figura 6 abaixo.

Tabela 10: Evolução de cobertura de mangal no Posto Administrativo de Morrumbene entre os anos de 1998 e 2018.

Classes	1998			2018			Variação	
	Pixel contado	Área (ha)	%	Pixel contado	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Mangais	16707	1503.63	8.86	17362	1562.58	9.21	58.95	0.35
Não mangais	107544	9678.96	57.02	112660	10139.4	59.73	460.44	2.71
Corpos de água	64357	5792.13	34.12	58586	5272.74	31.06	-519.39	-3.06
<b>Totais</b>	<b>188608</b>	<b>16974.72</b>	<b>100.00</b>	<b>188608</b>	<b>16974.72</b>	<b>100</b>	-	-

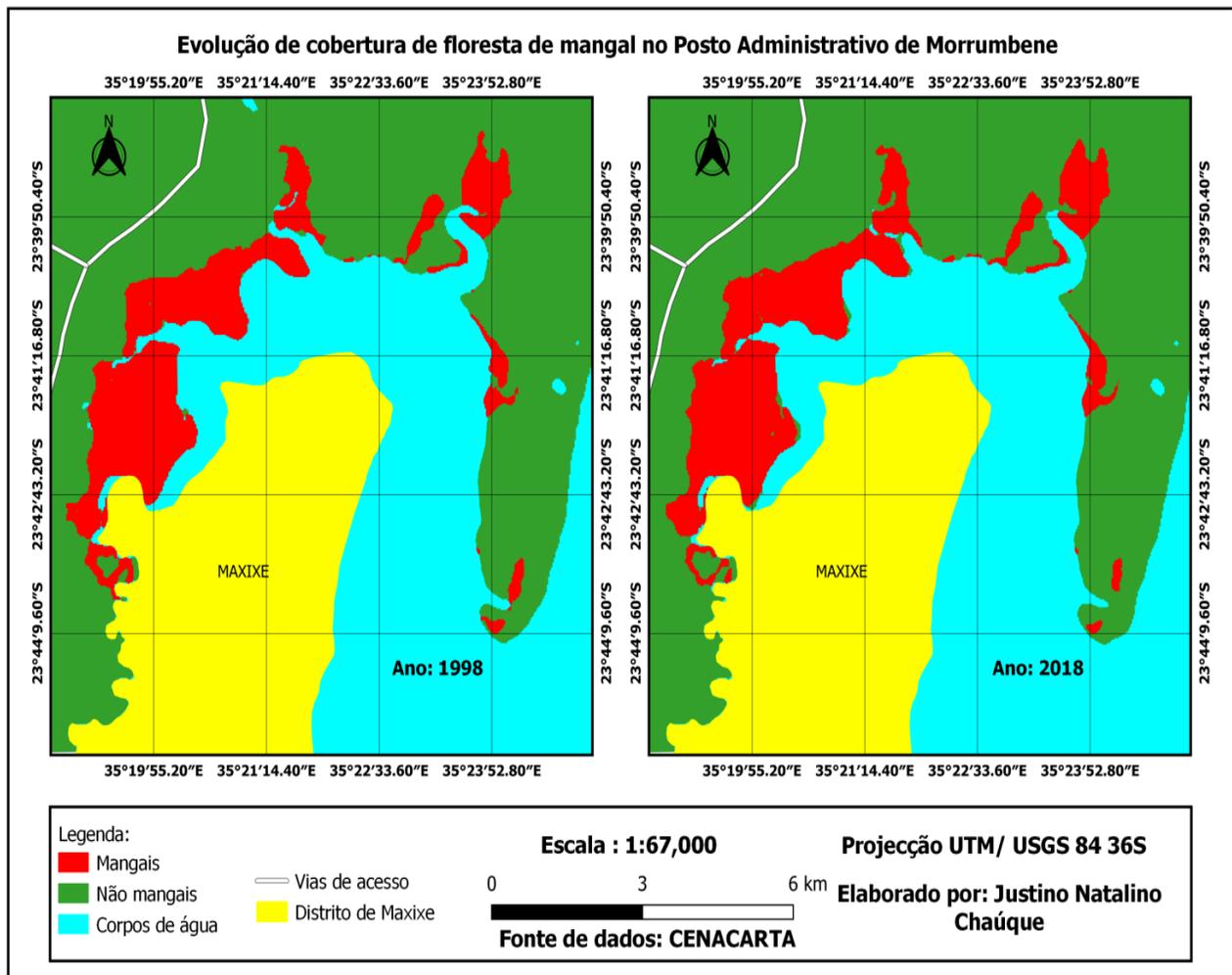


Figura 6: Mapa de evolução de cobertura de mangal no Posto Administrativo de Morrumbene, entre os anos de 1998 - 2018.

#### 4.6. Avaliação da classificação

A avaliação da precisão pelo índice kappa (K) mostra que a classificação foi excelente (tabela 11), de acordo com o índice de exatidão global, a probabilidade de que as classes obtidas pela interpretação das imagens de satélite correspondam à verdade no campo é de 88.10% e a perfeição da classificação, medida pelo índice kappa (K), é de 82%.

De acordo com a tabela de referência de Lands & Koch, (1977) adaptada por Moreira (2001), os valores de índice de Kappa que se encontram nos intervalos entre 80 a 100% revelam uma excelência na classificação.

Tabela 11: Matriz de confusão para a classificação de 2018. (Eco\_ Erros de comissão; Eo\_ Erros de omissão).

Classes	Mangais	Não mangais	Corpos de água	Total	Eo
Mangais	13	1	0	14	1
Não mangais	1	14	3	18	1
Corpos de água	0	0	10	10	3
Total	14	15	13	42	
Eco	1	4	0		
<b>Exatidão global: 88.10%</b>				<b>Índice Kappa: 0.82%</b>	

#### 4.7. Mudanças e uso de cobertura florestal do mangal

A área total de cobertura do mangal no Posto Administrativo de Morrumbene teve um aumento de 1503.63 ha (1998) para 1562.58 ha (2018), correspondente ao aumento de 58.95 ha de cobertura florestal do mangal num período de 20 anos (tabela 12). Este cenário difere muito com os resultados encontrados no estudo realizado por Cambula (2015) ao fazer análise multi-temporal da dinâmica de cobertura do mangal entre os anos 1990-2014, onde verificou uma redução de cobertura de mangal no Estuário do Limpopo, isso se deve ao facto de que no Posto Administrativo de Morrumbene houve menos influência de factores antropogênicos aos ecossistemas dos mangais em relação ao Estuário do Limpopo, outro factor agravante foi o impacto das cheias do ano 2000 na Província de Gaza.

Tabela 12: Tabela de matriz de mudança de cobertura.

Classe de cobertura (1998)	(2018)							
	M		NM		CA		Total	
	Área (ha)	%						
M	1449.09	96.37	71.10	0.73	42.39	0.73	1562.58	100.00
NM	48.60	3.23	9518.13	98.34	572.67	9.89	10139.40	100.00
CA	5.94	0.40	89.73	0.93	5177.07	89.38	5272.74	100.00
<b>Total das classes</b>	1503.63	100.00	9678.96	100.00	5792.13	100.00	16974.72	100.00
<b>Mudanças</b>	54.54	3.63	160.83	1.66	615.06	10.62	0.00	0.00
<b>Variação</b>	58.95	3.92	460.44	4.76	-519.39	-8.97	0.00	0.00

Onde: M\_Mangal; NM\_Não Mangal; CA\_Corpos de água; CDC\_Classe de cobertura.

De acordo com a tabela 12 pode-se notar que todas as classes contribuíram para a mudança de cobertura florestal do mangal, porém, houve mais mudanças positivas em relação às negativas, em termos numéricos as classes de não mangais e corpos de água contribuíram com 113.49 ha de cobertura de terra, sendo que 71.10 ha da classe não mangais e 42.39 ha da classe de corpos de água mudaram para a classe de mangais, os mangais registraram uma perda de cobertura de 54.54 ha, onde 48.60 ha foram perdidos para a classe de não mangais e 5.94 para a classe de corpos de água.

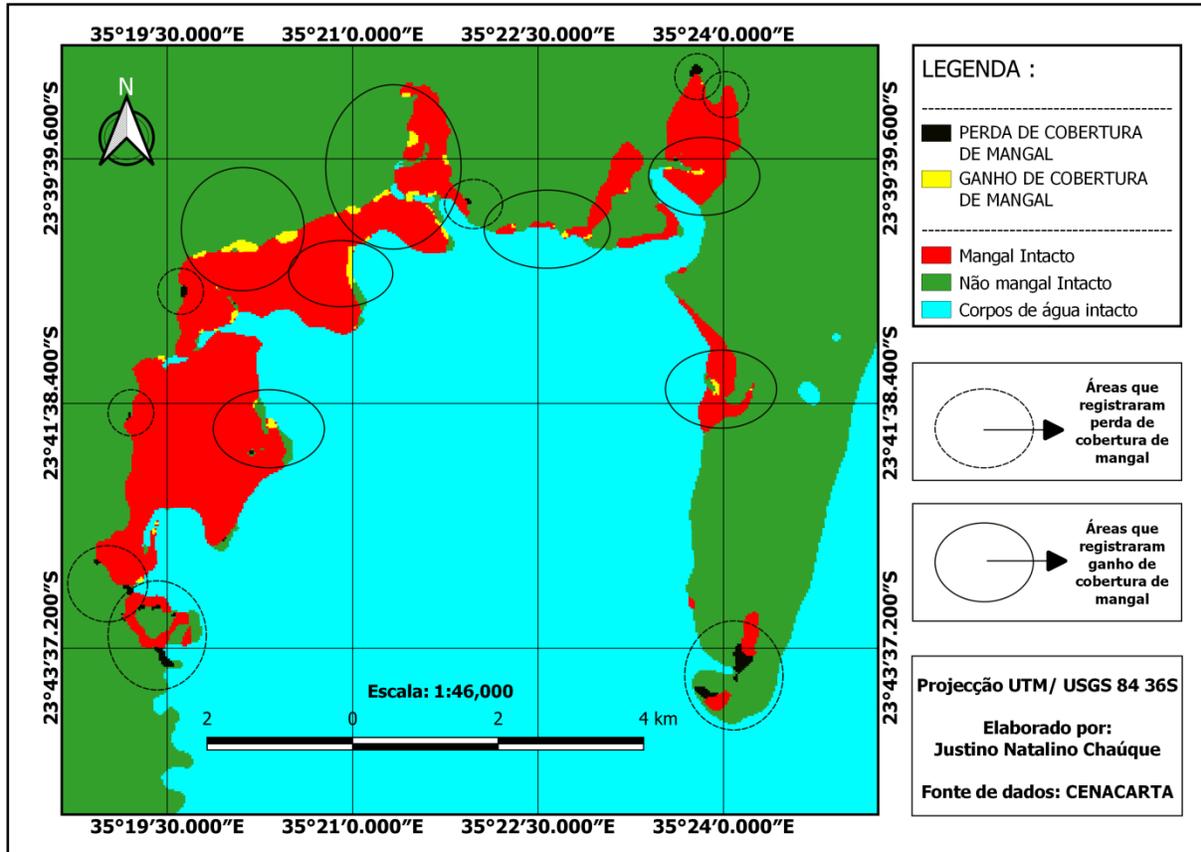


Figura 7: Mapa de mudança de cobertura de mangal no Posto Administrativo de Morrumbene, entre os anos de 1998 e 2018.

#### 4.8.Taxa de desmatamento

No período compreendido entre os anos de 1998 a 2018 os mangais tiveram uma taxa de desmatamento positivo de 3.92% (58.95 ha), a taxa de desmatamento anual do mangal foi de 0.20% (2.95 ha). Esta taxa, deferi muito com a taxa encontrado por Cambula (2015) ao fazer análise multi-temporal da dinâmica de cobertura do mangal entre os anos 1990-2014, no Estuário do Limpopo, onde encontrou uma de taxa 0,6 e 0.8% para o desflorestamento líquido e bruto respectivamente. A taxa de desmatamento do mangal para a província de Inhembane é de 1.2% (Saket & Matusse, 1994), essa taxa deve-se grande parte da exploração não sustentável do mangal nos distritos de Massinga, Govuro e Maxixe.

#### 4.9. Causas da degradação do mangal

O resultado do inquérito realizado no Posto Administrativo de Morrumbene revela que o ecossistema do mangal foi degradado devido à factores antropogênicos, com destaque para uso do mangal como combustível lenhoso, estrutura de barcos e ainda estacas para construção de habitações (figura 10 e tabela 13). Por outro lado, causas naturais também contribuíram para degradação do ecossistema do mangal, tendo sido degradado em alguns pontos pelo ciclone Denio em 2017, o arrastamento das areias vermelhas pelas águas das chuvas nas áreas de mangais também influenciou negativamente no ecossistema do mangal.

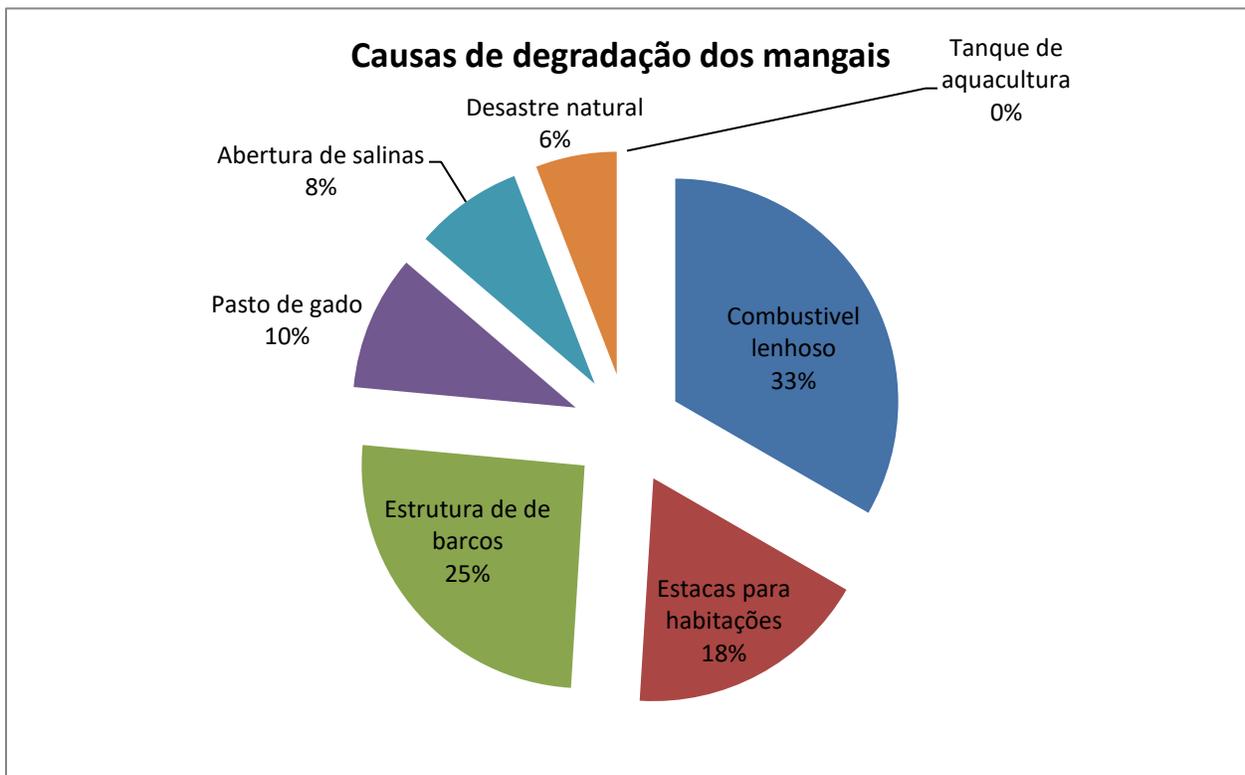


Figura 8: Causas de degradação dos mangais.

Tabela 13: Principais formas de uso do mangal no Posto Administrativo de Morrumbene

N.	Nome científico	Nome Vernacular	Família	Formas de uso
1	<i>Avicennia marina</i>	Mangal branco	<i>Avicennaceae</i>	Lenha, estacas e construção de barcos.
2	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Mangal preto	<i>Rhizophoraceae</i>	Estaca e construção de barcos.
3	<i>Ceriops tagal</i>	Mangal indiano	<i>Rhizophoraceae</i>	Lenha mas não com muita frequência.
4	<i>Sonneratia alba</i>	Mangal maçã	<i>Sonneratiaceae</i>	Lenha mas não com muita frequência.
5	<i>Rhizophora mucronata</i>	Mangal vermelho	<i>Rhizophoraceae</i>	Estacas e construção de barcos.

#### 4.10. Factores que contribuíram para o aumento espacial do mangal

A ocorrência de inundações de mares regulares na Baía de Linga Linga e no Estuário de Morrumbene podem ter influenciado no aumento espacial do mangal, isso devesse a influência da corrente marítima na dispersão das sementes dos mangais, que acabaram por colonizar novas áreas, tendo possivelmente como consequência o aumento espacial do ecossistema do mangal, outro factor relevante que contribuiu de forma directa para o aumento espacial do ecossistema do mangal é a intensificação de fiscalização do ecossistema do mangal através do conselho comunitário das pescas junto às comunidades locais e pesqueiras; reflorestamento das áreas dos mangais na zona de Ponte Cais e campanhas de sensibilização juntos as comunidades locais também contribuíram para a baixa pressão ao ecossistema do mangal.

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com os objetivos pré-determinados pode se concluir que:

- Ocorrem 5 espécies de mangal no Posto Administrativo de Morrumbene, sendo *Avicennia marina* a espécie mais abundante, frequente, dominante e mais importante a nível estrutural, a espécie *Sonneratia alba* foi a que menos se destacou em relação a outras espécies. Durante o período em análise os mangais permaneceram com 96.37% de área intacta e registraram ganho de 7.55% de cobertura. A taxa de desmatamento foi positivo, tendo o mangal ganho cobertura de 0.20%/ano (2.95 ha/ano), os factores antropogênicos constam como a principal causa de degradação do ecossistema do mangal.

## 6. RECOMENDAÇÕES

Baseados nas conclusões do presente trabalho foram feitas as seguintes recomendações:

### Aos Investigadores :

- Ajudem ao governo local a monitorar o ecossistema do mangal a partir do uso de sistemas de informação geográfica;
- Compartilhem resultados de estudos e soluções que visem a promover a conservação do ecossistema do mangal;
- Ajudem ao governo local a criar fundos de financiamento para reabilitação do ecossistema do mangal degradado.

### Aos membros das comunidade local:

- Ajudem aos comités de pesca e ao governo local no processo de fiscalização do ecossistema do mangal;
- Ajudem a identificar as áreas onde os mangais encontram-se em estado de degradação;
- Ajudem a identificar quais são as espécies de mangais mais exploradas e a reportar aos responsáveis pela fiscalização do ecossistema do mangal;
- Ajudem aos comités de pesca junta ao governo local no processo de sensibilização sobre a importância de conservação do ecossistema do mangal;

### Ao governo local:

- Identifiquem áreas e espécies de mangal que se encontra em estado degradado com objectivo de se fazer o reflorestamento ou reabilitação dessas áreas;
- Envolvam as ONG'S e os membros das comunidades locais nas actividades de reabilitação do ecossistema do mangal;
- Intensifiquem as actividades de fiscalização do mangal, principalmente em zonas em que os mangais apresentam um bom diâmetro para sua exploração;
- Junto aos membros da comunidade local, encontrem outras fontes alternativas e de baixo custo para substituir o mangal como fonte natural de extracção para satisfação de necessidades básicas como: produção de estacas para habitações, fonte de energia e produção de embarcações (travessas);

- Criem programas de sensibilização aos membros das comunidades locais, estudantes e líderes comunitários sobre a importância de preservação do ecossistema do mangal, através de palestras, difusão radiofónica e televisiva traduzida em língua nativa;

## 7. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balidy, H., Siteo, A., Menomussanga, M. & Pires, P. L., 2005. Avaliação dos níveis de corte, composição específica e regeneração natural de mangal no Sul de Moçambique. Em: *Centro de Desenvolvimento Sustentável para as Zonas Costeiras*. Xai-Xai: CDS, p. 20.
- Barbosa, F., Cuambe, C. & Bandeira, S., 2001. Status and distribution of mangroves in Mozambique. *South African Journal of Botany*, Volume 67, pp. 393-398..
- Barbosa, F. M. A., Cuambe, C. C. & Bandeira, S. O., 2001. Status and Distribution of Mangroves in Mozambique. *South African Journal of Botany*, Volume 67, pp. 393-398.
- Beentje, H. & Bandeira, S., 2007. Field Guide to the Mangrove Trees of Africa and Madagascar. *Journal of East African Natural History*, 97(1), p. 91.
- Bolstad, P., 2016. GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems, 5th Edition. s.l.:White Bear Lake, Eider Press.
- Bonetes, L., 2003. Tamanho de parcelas e intensidade amostral para estimar o estoque e índices fitossociológicos em uma floresta ombrófila mista. Curitiba: s.n.
- Chaves, A. D. C. G. et al., 2013. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. *Agropecuária Científica no Semiárido*, pp. 42-48.
- Coraiola, M. & Netto, S. P., 2003. Análise da estrutura horizontal de uma floresta estacional semidecidual localizada no município de Cássia-Mg. *Ciências agrárias e ambientais*, 1(2), pp. 11-19.
- Cumbe, H. d. C. B., 2020. Estado de conservação da vegetação do mangal na zona costeira da cidade da Maxixe. Lionde: s.n.
- Cumbula, S., 2015. Análise multi-temporal da dinâmica de cobertura do mangal entre 1990-2014 (Estudo de caso: Estuário do Limpopo). Maputo: s.n.
- FAO, 2005. Thematic Study on Mangroves – Mozambique Country Profile. Rome (Italy): Forestry Department.

FAO, F. a. A. O. o. t. U. N. -, 2007. The world's mangroves 1980-2005. 153 ed. Rome: FAO Forestry Paper.

Fatoyinbo, T. E., Simard, M., Washington-Allen, R. A. & Shugart, . H. H., 2008. Landscape-scale extent, height, biomass, and carbon estimation of Mozambique's mangrove forests with Landsat ETM+ and Shuttle Radar Topography Mission elevation data. *Journal of Geophysical Research*, 133(G02S06, doi:10.1029/2007JG000551), pp. 1-13.

Finger, Z., 2008. Fitossociologia de comunidades arbóreas em savanas do Brasil Central. Santa Maria, RS, Brasil: s.n.

Francisco, L., Ribeiro , N. & Siteo , A., 2019. Análise de Mudança de Cobertura do Mangal na Baía de Sofala, Moçambique. *CAPTAR*, 8(1), pp. 51-60.

Giotto, E., 1981. Aplicabilidade de imagens RBV do LANDSAT 3 em uso de levantamento da terra no município de Tapera - RS. Santa Maria: Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria..

Giri, C. O. E., Tieszen, L. Z. Z., Singh, A. T. & Masek, J. e. D. N., 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, Volume 20, pp. 154-159.

INPE, I. N. D. P. E. -, 2008. Manuais: tutorial de geoprocessamento SPRING. s.l.:s.n.

Jardim, F. C. d. S. & Quadros, L. C. L., 2016. Estrutura de uma floresta tropical dez anos após exploração de madeira em Moju, Pará. Em: *Ceres*. s.l.:s.n., pp. 427-425.

Jardim, F., Sena, J. & Miranda, I., 2018. Dinâmica e estrutura da vegetação com DAP e" 5 cm em torno de clareiras da explo- ração florestal seletiva, em Moju Pará. *Revista de Ciências Agrárias*, Volume 49, pp. 41-52.

João, S. S., 2016. Avaliação da composição florística, estrutura horizontal e estoques de carbono em duas formações florestais na província de Sofala. Maputo: s.n.

Kiel, R., 2008. Detecção de mudanças no uso e na cobertura do solo em uma série temporal de imagens da região da campanha do rio grande do sul. Rio Grande do Sul: Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Grande do Sul - Porto Alegre.

KNIGHT, D. H., 1975. A phytosociological analysis of species-rich tropical forest on Barro Colorado Island. Em: *Ecological Monographs*. Panama: s.n.

Lamprecht, H., 1990. Silvicultura nos Trópicos. Eschborn: Cooperação Técnica-RFA.

LANDIS, J. R. & KOCH, G. G., 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. s.l.:Biometrics.

Macamo, C. & Siteo, A., 2017. Governança e gestão de mangais em Moçambique. Em: Relatório de Governança Ambiental 2016. Maputo: Centro Terra Viva, p. 63.

Machado, I. E. S. et al., 2019. Florística e fitossociologia de um fragmento de Cerrado lato sensu, Gurupi, TO. *Pesquisa Florestal Brasileira*, pp. 1-12.

MAE, 2014. Perfil do Distrito de Morrumbene - Província de Inhambane. 2014 ed. Maputo – Moçambique: Copyright © 2012 Ministério da Administração Estatal. Direcção Nacional de Administração Local.

Maio, A. D. et al., 2008. Sensoriamento Remoto. s.l.:s.n.

Malik, A. et al., 2019. Biodiversity assessment of mangrove vegetation for the sustainability of ecotourism in West Sulawesi, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 12(4), p. 1458.

Mandlate, L., 2013. Mangal da Baía de Sofala: Caracterização Ecológica e Estimativa do Carbono sequestrado. Universidade Eduardo Mondlane. 99p ed. Maputo: Dissertação de mestrado em Educação e Ciências Agrárias-ramo sivilcultura. FAEF.

Marzoli, A., 2007. Inventário Florestal Nacional. Maputo: DNTEF.

Mather, P., 1987. Computer Processing of Remotely Sensed Images: an Introduction. s.l.:St Edmundsburi Press Ltd.

Meneses, P. R. & Almeida, T. d., 2012. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. BRASÍLIA: s.n.

MICOA, M. p. a. C. d. A. A. –, 2012. Panfleto de Mangal. s.l., s.n., p. 2.

MICOA, M. p. a. C. d. A. A. –, 2012. Perfil ambiental e mapeamento do uso actual da terra nos distritos da zona costeira de Moçambique. Distrito de Morrumbene: Impacto.

MIMAIP, M. d. M. Á. I. e. P. -, 2018. Estratégia nacional e plano de acção para a gestão do mangal em moçambique 2018-2023. Maputo: s.n.

MITADER, 2018. Desflorestamento em Moçambique (2013 - 2016). Maputo: Direcção Nacional de Florestas.

MITADER, M. d. t. a. e. d. r. -, 2015. Estratégia e Plano de Acção Nacional para Restauração de Mangal 2015-2020. s.l.:Centro de Desenvolvimento Sustentável para as Zonas Costeiras.

Monteiro, J., 2019. Florística e estrutura do estrato lenhoso em ambiente de borda-interior em floresta ombrófila densa das terras baixas. Espírito Santo: s.n.

Moreira, M. A., 2001. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 1 ed. São José dos Campos-SP: s.n.

Novo, E. M. L. d. M. & Ponzoni, F. J., 2001. Introdução ao sensoriamento remoto. São José dos Campos: s.n.

Pimentel, M. T., Dias, R. R. & Pereira, E. Q., 2011. Mapeamento das mudanças da cobertura e uso da terra entre os anos de 1984 e 2009 utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento: estudo de caso do Município de Fátima – Estado do Tocantins. Curitiba: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR.

Pina, M. d. F. d. & Santos., S. M., 2000. Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde. 20 ed. Brasília: s.n.

PUYRAVAUD, J. P., 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. s.l.:Forest Ecology Management.

Ribeiro, N., Siteo, A. A., Guedes, B. S. & Staiss, C., 2002. Manual de silvicultura tropical. Maputo: FAO.

Saket, M. & Matusse, R. M., 1994. Estudo da determinação da taxa de desflorestamento da vegetação de mangal em Moçambique. Maputo: FAO/PNUD. Unudade de inventario florestal (DNFFB), Minitério da Agricultura, Maputo..

Seabra, V. d. S. & Cruz, C. M., 2013. Mapeamento da Dinâmica da Cobertura e Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio São João, RJ. Em: s.l.:s.n., pp. 412-426.

Silva, E. F. P., 2030. Alterações temporais da distribuição dos diâmetros de espécies arbóreas. Campinas, SP, Brasil: s.n.

Siteo, A., Salomão, A. & Wertz-Kanounnikoff, S., 2012. O contexto de REDD+ em Moçambique : causas, actores e instituições.. Publicação Ocasional 76 ed. Bogor, Indonesia.: CIFOR.

Souza, D. R. d., Souza, A. L. d., Leite, H. G. & Yared, J. A. G., 2006. Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. *Árvore*, 30(1), pp. 75-87.

UNEP, 2007. Mangroves of Western and Central Africa. 26 ed. s.l.:UNEP-Regional Seas Programme/UNEP-WCMC.

## **8. ANEXOS**

Província: \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_ Posto Administrativo: \_\_\_\_\_

Tipo de Floresta : \_\_\_\_\_ Parcela 10x10 n° : \_\_\_\_\_ Número de indivíduos: \_\_\_\_\_ Número de espécies: \_\_\_\_\_

Lat: \_\_\_\_\_ Log: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_. Número da ficha: \_\_\_\_\_

Nr°	Nome local	Nome científico	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	QF	ES	BF	Observação

Anexo 1: Ficha técnica para regeneração estabelecida (com DAP ≥ 5 cm)

Província: \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_ Posto Administrativo: \_\_\_\_\_

Tipo de Floresta : \_\_\_\_\_ Subparcela 5x5 n° : \_\_\_\_\_ Número de indivíduos: \_\_\_\_\_ Número de espécies: \_\_\_\_\_

Lat: \_\_\_\_\_ Log: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_. Número da ficha: \_\_\_\_\_

Nr°	Nome local	Nome científico	Quantidade	Observação

Anexo 2: Ficha técnica para regeneração não estabelecida (com DAP < 5 cm)

ANÁLISE DA DINÂMICA DE COBERTURA FLORESTAL DO MANGAL NO POSTO ADMINISTRATIVO DE MORRUMBENE, ENTRE OS ANOS DE 1998 – 2018

<b>Unidade Amostrал</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Unidade Amostrал</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
1	23°39'54.30"S	35°21'23.34"E	17	23°39'31.51"S	35°23'47.56"E
2	23°39'51.11"S	35°21'22.69"E	18	23°39'31.18"S	35°23'50.82"E
3	23°39'57.58"S	35°21'23.96"E	19	23°39'30.90"S	35°23'54.17"E
4	23°39'54.04"S	35°21'26.72"E	20	23°39'30.61"S	35°23'57.65"E
5	23°39'50.81"S	35°21'26.29"E	21	23°39'34.52"S	35°23'48.31"E
6	23°39'57.29"S	35°21'27.17"E	22	23°39'34.41"S	35°23'51.36"E
7	23°39'53.76"S	35°21'30.16"E	23	23°39'34.10"S	35°23'54.60"E
8	23°39'50.58"S	35°21'29.83"E	24	23°39'33.86"S	35°23'57.85"E
9	23°39'57.04"S	35°21'30.50"E	25	23°39'27.97"S	35°23'46.83"E
10	23°39'53.42"S	35°21'33.57"E	26	23°39'27.62"S	35°23'50.19"E
11	23°39'50.24"S	35°21'33.41"E	27	23°39'27.42"S	35°23'53.67"E
12	23°39'56.76"S	35°21'33.69"E	28	23°39'27.03"S	35°23'57.07"E
13	23°39'53.26"S	35°21'36.84"E	29	23°39'24.46"S	35°23'45.90"E
14	23°39'49.91"S	35°21'36.95"E	30	23°39'24.11"S	35°23'49.51"E
15	23°39'56.50"S	35°21'36.77"E	31	23°39'23.78"S	35°23'53.07"E
16	23°39'59.74"S	35°21'36.70"E	32	23°39'23.68"S	35°23'56.59"E

Anexo 3: Coordenas geográficas dos pontos de amostragem.

Anexo 4: Inquérito dirigido aos membros das comunidades locais

Número do inquérito: \_\_\_\_\_. Data do inquérito \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

Local de realização do inquérito: \_\_\_\_\_.

1. Características pessoais

a) Idade: \_\_\_\_\_. b) Sexo: \_\_\_\_\_. c) Estado civil: \_\_\_\_\_.

2. Qual é a principal forma de uso de mangais?

Produção de lenha e carvão (\_\_\_\_)

Material de construção (\_\_\_\_)

Madeira para construção de barcos e canoas (\_\_\_\_)

3. Qual é a principal causa de perda de mangal?

Abertura de machambas nas zonas do mangal (\_\_\_\_)

Abertura de salinas nas zonas do mangal (\_\_\_\_)

Produção de lenha e carvão vegetal (\_\_\_\_)

Construção de barcos e canoas (\_\_\_\_)

Desastres naturais (cheias ou ciclones) (\_\_\_\_)

4. Quais são as principais consequências da perda do mangal?

Escassez de peixe (\_\_\_\_)

Falta de lenha e carvão vegetal (\_\_\_\_)

Falta de matérias de construção (\_\_\_\_)

Aumento da erosão costeira (\_\_\_\_)

Desaparecimento de certas espécies de mangal (\_\_\_\_)

5. Existe uma fiscalização do mangal?

SIM! (\_\_\_\_)

NÃO! (\_\_\_\_)

6. Quem regulariza a fiscalização do mangal?

Comités comunitários de recursos naturais (\_\_\_\_)

Comités comunitários das pescas (\_\_\_\_)

Fiscais da agricultura (\_\_\_\_)

7. Qual é a frequência de fiscalização?

Permanente (\_\_\_\_)

Anual (\_\_\_\_)

Mensal (\_\_\_\_)

Ocasional (\_\_\_\_)

8. Na tua opinião como deve ser feito a conservação do mangal?

Proibir o corte do mangal (\_\_\_\_)

Pedir autorização para o corte do mangal (\_\_\_\_)

Intensificar a fiscalização do mangal nas áreas mais degradadas (\_\_\_\_)

Intensificar a fiscalização do mangal em toda área coberto pelo mangal (\_\_\_\_)

Delimitar a cobertura do mangal como área de conservação natural (\_\_\_\_)

9. Qual é a importância de conservação do mangal?

Prevenção da erosão nas margens das costas e estuários (\_\_\_\_)

Ajudam na reprodução de espécies marinhas (\_\_\_\_)

Ajudam na conservação da biodiversidade (\_\_\_\_)

MUITO OBRIGADO PELA ATENÇÃO DISPENSADA E COLABORAÇÃO PRESTADA À  
NOSSA PESQUISA!



Anexo 5: Corte da espécie *Sonneratia alba* para produção de lenha e suporte da estrutura de barcos de pesca.



Anexo 6: Uso de espécies de mangal como suporte de estrutura de barcos de pesca.



Anexo 7: Áreas de mangal desbastadas/áreas de mangal sem cobertura de mangal.



Anexo 8: Áreas de mangal desbastadas para estabelecimento de salinas.



Anexo 9: Salinas nas áreas de mangal abandonadas.



Anexo 10: Recolha de mangais para uso como combustível lenhoso.



Anexo 11: Placas de sinalização.