



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE CIÊNCIAS**  
**Departamento de Matemática e Informática**

---

Trabalho de Licenciatura em  
Ciências de Informação Geográfica

**Análise da Evolução Morfológica da Zona Costeira**  
**Caso de estudo: Posto Administrativo de Zongoene, Província de Gaza**

**Autor: Nelson Tomás Houana**

Maputo, Maio de 2025



**FACULDADE DE CIÊNCIAS**  
**Departamento de Matemática e Informática**

Trabalho de Licenciatura em  
Ciências de Informação Geográfica

**Análise da Evolução Morfológica da Zona Costeira**  
**Caso de estudo: Posto Administrativo de Zongoene, Província de Gaza**

**Autor:** Nelson Tomás Houana

**Supervisor:** Lic. Francesse Mauro Bacião, UEM

Maputo, Maio de 2025

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha esposa Nilsa Victorino Ussaca e às minhas filhas Crishen Ailla Houana e Shania Allana Houana, pelo amor e apoio incondicional ao longo desta jornada.

Com um carinho profundo, dedico também à memória dos meus Pais Ernesto Jorge Houana e Cecília João Munguambe , que com muito esforço, valores e dedicação, contribuíram imensamente para que eu me tornasse o homem que hoje sou. Esta conquista também é deles.

## **Declaração de Honra**

Eu, , declaro por minha honra que o presente Trabalho de Licenciatura é resultado da minha investigação e que o processo foi concebido para ser submetido apenas para a obtenção do grau de Licenciado em Ciências de Informação Geográfica, na faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, Maio de 2025

---

(Nelson Tomás Houana)

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde, força e sabedoria para enfrentar os desafios desta caminhada académica.

Aos meus irmãos, o meu profundo agradecimento pelo constante apoio, incentivo e companheirismo ao longo da minha trajetória. Esta conquista é de cada um de vós, pois sempre caminharam ao meu lado com firmeza e afecto.

À memória dos meus Pais Ernesto Jorge Houana e Cecília João Munguambe, que com sacrifício e dedicação, plantaram em mim os princípios que sustentam minha vida pessoal e profissional. Este trabalho é uma homenagem ao legado que deixaram em mim.

Ao meu supervisor Lic. Francese Mauro Bacião pela oportunidade de poder trabalhar com ele, pelos conselhos, orientação e exigências que me auxiliaram a concluir este trabalho. Manifesto minha gratidão por compartilhar sua sabedoria, experiência e tempo.

Aos meus Docentes, Colegas e à Universidade Eduardo Mondlane, pela partilha de conhecimentos, convivência e experiências enriquecedoras que tornaram possível a realização deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista, o meu muito obrigado.

## Resumo

A presente monografia, intitulada *Análise da Evolução Morfológica da Zona Costeira: Caso de Estudo: Posto Administrativo de Zongoene, Província de Gaza*, teve como objectivo analisar as alterações morfológicas ocorridas na linha de costa dessa região entre 1993 e 2023. Integrada no campo das Ciências de Informação Geográfica, a investigação articula-se com os domínios da geomorfologia costeira, detecção remota e sistemas de informação geográfica (SIG).

Zongoene destaca-se por sua importância ecológica e socioeconómica, sendo uma zona que sustenta actividades de pesca, agricultura e turismo. Sua localização na foz do rio Limpopo e a acção conjunta de factores naturais e antrópicos conferem elevada vulnerabilidade ambiental à região. Moçambique, cuja costa acolhe mais de 70% da população nacional, é reconhecido pela intensa dinâmica costeira e crescente pressão humana sobre seus recursos naturais.

O estudo teve como objetivo geral analisar a evolução morfológica da zona costeira de Zongoene, e como objetivos específicos mapear as alterações da linha de costa nos anos de 1993, 2003, 2013 e 2023, avaliar os factores que influenciaram essas alterações e propor recomendações de gestão ambiental. Para tal, foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI/TIRS, processadas digitalmente com recurso a SIG, bem como observações de campo e a aplicação do Sistema de Análise Digital de Linha de Costa (DSAS).

Os resultados indicaram alterações significativas na posição da linha de costa, com recuos expressivos em determinados sectores e avanços noutros. As áreas mais vulneráveis coincidiram com regiões de elevada intervenção antrópica e ausência de vegetação natural de protecção, como dunas e mangais. As imagens Landsat e os índices espectrais utilizados permitiram mapear essas alterações com elevada precisão espacial e temporal, evidenciando a eficácia das tecnologias geoespaciais no monitoramento ambiental.

A erosão costeira revelou-se o processo morfológico predominante, agravado por acções humanas inadequadas e eventos climáticos extremos. Recomenda-se a implementação de estratégias integradas de gestão costeira, envolvendo comunidades locais e autoridades, priorizando a recuperação de ecossistemas naturais e o ordenamento territorial. O estudo contribui para o conhecimento científico nacional sobre a dinâmica costeira e reforça a importância da utilização de dados geoespaciais no apoio à tomada de decisão ambiental e territorial.

**Palavras-chave:** Zona costeira, Detecção remota, SIG, Linha de costa, Erosão costeira, Zongoene, Moçambique.

## Lista de Abreviaturas

<b>CENACARTA</b>	Centro Nacional de Cartografia e Teledeteccção
<b>DR</b>	Detecção Remota;
<b>PA</b>	Posto Administrativo;
<b>DSAS</b>	Sistema de Análise Digital de Linha de costa (Digital Shoreline Analysis System);
<b>EPR</b>	End Point Rate (Taxa do Ponto Final);
<b>ERTS</b>	Earth Resources Technology Satellite;
<b>LRR</b>	Linear Regression Rate (Taxa de Regressão Linear);
<b>MAE</b>	Ministério de Administração Estatal;
<b>MIMAIP</b>	Ministério do Mar, Águas interiores e Pescas;
<b>MITADER</b>	Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural;
<b>MNDWI</b>	Modificação do Índice de Água de Diferença Normalizada;
<b>MSS</b>	Multispectral Scanner System;
<b>OLI</b>	Operacional Land Imager;
<b>SIG</b>	Sistema de Informação Geográfica;
<b>TIRS</b>	Thermal Infrared Sensor;
<b>TM</b>	Thematic Mapper;
<b>USGS</b>	United States Geological Survey.

# Índice

Dedicatória.....	i
Declaração de Honra.....	ii
Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Lista de Abreviaturas.....	v
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas.....	x
Introdução.....	1
1.1.    Contextualização .....	1
1.2.    Definição do Problema .....	2
1.3.    Justificativa .....	2
1.4.    Relevância.....	3
1.5.    Objectivos .....	3
Área de estudo.....	4
2.1.    Localização Geográfica .....	4
2.1.1.    Actividades Económicas.....	5
2.1.2.    Agricultura.....	6
2.1.3.    Pesca .....	6
2.1.4.    Aspectos Físico-ambientais .....	6
2.1.5.    Clima.....	7
2.1.6.    Hidrografia.....	7
2.1.7.    Vegetação.....	8
Revisão de Literatura.....	10
3.1.    Zonas costeiras .....	10
3.2.    Problemas da Zona Costeira .....	10

3.2.1.	Causas Naturais .....	11
3.2.2.	Causas Antrópicas.....	11
3.3.	Linha da Costa.....	12
3.3.1.	Alteração da Linha da Costa.....	13
3.3.2.	Monitorização da Linha de Costa.....	13
3.4.	Erosão Costeira .....	14
3.5.	Ecosistemas .....	15
3.5.1.	Dunas.....	15
3.6.	Lagunas.....	18
3.7.	Mangais.....	18
3.8.	Estuário.....	19
3.9.	Praias .....	19
3.10.	Praias arenosas.....	20
3.11.	Detecção Remota .....	21
3.11.1.	Aplicação da Detecção Remota .....	22
3.11.2.	Espectro Electromagnético .....	23
3.11.3.	Radiação Electromagnética.....	24
3.11.4.	Comportamento Espectral em Água .....	24
3.12.	Sistema de Informação Geográfica .....	26
3.12.1.	Componentes de um SIG.....	27
3.12.2.	Geoprocessamento .....	28
<b>3.13.</b>	<b>Satélite Landsat.....</b>	<b>28</b>
3.13.1.	Imagem Landsat 5 TM.....	29
3.13.2.	Imagem Landsat 8 OLI.....	29
	Material e Métodos .....	33
4.1.	Material .....	33
4.2.	Pré- Processamento .....	33
4.3.	Processamento.....	34

4.4.	Metodologia para o Mapeamento da Influência da Actividade Antrópica na Zona Costeira	34
4.5.	Metodologia para o Mapeamento das Feições Morfológicas .....	34
4.6.	Metodologia para o Mapeamento da Linha da Costa .....	36
4.7.	Fluxograma metodológico .....	38
	Resultados e Discussão .....	39
5.1.	Mapeamento da Influência da Abertura das Vias de Acesso sobre a Zona Costeira.....	39
5.2.	Mapeamento da Linha da Costa .....	39
	Conclusões e Recomendações .....	45
6.1.	Conclusão .....	45
	Referências Bibliográficas .....	46

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Mapa de Localização da área de estudo (Adaptado pelo autor, 2025).....	5
<b>Figura 2:</b> Designação de várias artes constituintes das zonas costeiras. <b>Fonte:</b> Fontes (2011).....	12
<b>Figura 3:</b> Elementos principais do processo de deteção remota. <b>Fonte:</b> Amorin (2015) .....	21
<b>Figura 4:</b> O espectro electromagnético. <b>Fonte:</b> Sinha, et al, 2018.....	243
<b>Figura 5:</b> Radiação electromagnética. <b>Fonte:</b> Souza e Silva, 2011.....	24
<b>Figura 6:</b> Assinatura espectral de objectos geográficos. <b>Fonte:</b> (Chahdi, 2017).....	25
<b>Figura 7:</b> Componentes de Sistema de Informação Geográfica. <b>Fonte:</b> (Ferreira, 2006).....	26
<b>Figura 8:</b> Estrutura de um SIG. <b>Fonte:</b> Davis (1999) citado por (Alfredo, 2015).....	27
<b>Figura 9:</b> Mapa da Delimitação dos Sectores de Análise das Feições Morfológicas. Imagem Landsat 8 (Sensor OLI, 2023).....	35
<b>Figura 10:</b> Delimitação dos Sectores de Análise da Zona Costeira. Imagem Landsat 8 (Sensor OLI, 2023).....	36
<b>Figura 11:</b> Fluxograma metodológico do presente estudo.....	38
<b>Figura 12:</b> Avanço e Recuo da linha da costa para os anos compreendidos entre 1993 a 2003.....	41

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Tipos de Dunas (Adaptada de Orocio e Hesp, 2014).....	16
<b>Tabela 2:</b> Classificação das Dunas de acordo com as suas características topográficas e a forma como se movem (Adaptada de Orocio e Hesp, 2014).....	17
<b>Tabela 3:</b> Regiões do Espectro electromagnético utilizadas em Detecção Remota <b>Fonte:</b> Sinha, et al, 2018.....	23
<b>Tabela 4:</b> Características do sensor TM do satélite Landsat-5. <b>Fonte:</b> NASA 2013.....	29
<b>Tabela 5:</b> Características dos sensores OLI do satélite Landsat-8. <b>Fonte:</b> NASA (2013).....	30
<b>Tabela 6:</b> Características dos satélites Landsat. <b>Fonte:</b> (USGS, 2021).....	32
<b>Tabela 7:</b> Características dos dados adquiridos.....	33
<b>Tabela 8:</b> Delimitação dos Sectores de Análise da Linha de Costa.....	40

## Introdução

Neste capítulo apresentam-se a contextualização do tema, bem como a definição do problema, justificativa, relevância e objectivos.

### 1.1. Contextualização

A zona costeira é um dos ambientes mais dinâmicos e vulneráveis do planeta, caracterizada por uma complexa interação entre processos naturais e antropogênicos. A análise da evolução morfológica da zona costeira torna-se, portanto, um tema de relevância crescente, especialmente em regiões como o Posto Administrativo de Zongoene, Província de Gaza, em Moçambique. Em Moçambique, a zona costeira define-se como sendo áreas compreendidas entre o limite interior terrestre ou continental de todos os distritos costeiros (Chemane et al., 1997). Esta é caracterizada por extensões de praias arenosas, dunas recentes, lagoas, baías, vegetação, pântanos de mangal, recifes de coral, praias rochosas e ilhas. De acordo com Hogue (2007) mais de 70% da população moçambicana vive na zona costeira, o que faz com a pressão sobre os recursos naturais seja cada vez mais crescente, e dada a fragilidade dos ecossistemas nestas áreas, os efeitos da super utilização desses recursos são visíveis. No caso específico da zona costeira do posto administrativo de Zongoene, os factores naturais ligados às actividades antrópicas fazem com que esta região apresente problemas relacionados a destruição dos ecossistemas e a erosão provocando variações na sua morfologia no decorrer do tempo.

A transformação dessa área, impactada por variáveis climáticas e actividades humanas, é tema de interesse para diversos pesquisadores. Segundo Woodroffe (2002), a morfologia costeira é influenciada por factores como a dinâmica das ondas e correntes, enquanto Harvey (2010) enfatiza o impacto das intervenções humanas e da urbanização desordenada. Riley (2008) destaca a importância dos sistemas de informação geográfica (SIG) na análise espacial dessas transformações, contribuindo para o entendimento das vulnerabilidades e potencialidades costeiras. Para Pereira (2019), a Detecção remota é uma ferramenta essencial para monitorar mudanças morfológicas, complementando os dados obtidos por SIGs. Por fim, as obras de Oliveira (2021) mostram que a compreensão da evolução costeira é crucial para o planeamento ambiental e a mitigação de riscos associados a desastres naturais.

O foco do presente trabalho é de contribuir para o conhecimento das mudanças de comportamento costeiro utilizando Imagens de Satélite Landsat 5 e 8, aliadas à observações de campo, através do

processamento digital de imagens para identificação dos padrões de mudança relacionados com a morfologia da zona costeira do posto administrativo de Zongoene, província de Gaza nos últimos 30 anos.

## **1.2. Definição do Problema**

O problema de pesquisa que norteia o presente estudo refere-se à falta de dados actualizados sobre as transformações morfológicas da zona costeira do Posto Administrativo de Zongoene, o que dificulta o planeamento e a gestão sustentável dos seus recursos. Diversos autores, como Santos (2015) e Gonçalves (2017), apontam que a escassez de estudos voltados para essa região acarreta a perda de oportunidades de intervenção e melhorias socioeconômicas. Nesse contexto, o presente trabalho, busca responder à seguinte questão:

***“Quais foram as principais mudanças morfológicas na zona costeira do Posto Administrativo de Zongoene entre 1993 e 2023, e de que forma essas alterações impactaram o meio ambiente e as comunidades locais?”***

## **1.3. Justificativa**

Justifica-se a escolha do tema pela necessidade premente de compreender e documentar as variações na morfologia costeira, uma vez que tais alterações têm implicações directas nas actividades pesqueiras, turismo e agricultura, essenciais para a subsistência das comunidades locais. Além disso, os dados obtidos poderão contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes, como apontam Nascimento (2016) e Lima (2020), que destacam a importância de informações precisas para uma gestão costeira sustentável.

As ferramentas de geoprocessamento, como a Detecção Remota e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), serão utilizadas nesta pesquisa devido à sua capacidade de fornecer informações detalhadas e actualizadas sobre as mudanças na superfície terrestre. Segundo Silva (2018), a Detecção Remota permite a observação de grandes áreas em curtos períodos, enquanto os SIGs facilitam a análise e a visualização dos dados espaciais.

O período de estudo, que se estende de 1993 a 2023, foi escolhido para capturar as variações morfológicas em intervalos de dez anos, permitindo uma análise temporal robusta e integrada. Essa abordagem, conforme defendido por Almeida (2019), proporciona insights sobre tendências de longo prazo e ciclos que podem ser fundamentais para a compreensão da evolução costeira na área.

A escolha do Posto Administrativo de Zongoene como área de estudo se justifica por sua significativa importância ecológica, econômica e social. Primeiramente, esta região costeira apresenta uma biodiversidade rica, incluindo ecossistemas frágeis, como manguezais e dunas, que são vitais para a

manutenção da saúde ambiental e a protecção contra processos de erosão e inundações. A dinâmica da linha de costa nessa área é particularmente interessante devido às suas variações acentuadas, que refletem tanto factores naturais quanto acções antrópicas, especialmente as influências geradas pela abertura de vias de acesso.

#### **1.4. Relevância**

A relevância deste estudo se expressa em várias dimensões. A nível social, a investigação das alterações na zona costeira é fundamental para entender como as comunidades locais interagem com o ambiente e respondem a mudanças que afectam suas formas de vida, conforme abordam autores como Freitas (2020) e Andrade (2021). Economicamente, as implicações incluem a avaliação de riscos para sectores essenciais, como pesca e turismo, com contribuições de estudos como os de Costa (2016) e Ribeiro (2022). Por último, no âmbito científico, a pesquisa enriquece o corpo de conhecimento sobre dinâmica costeira em Moçambique, sendo que, como afirmam Rocha (2020) e Silva (2021), a integração de métodos de Detecção Remota e SIG impulsiona o desenvolvimento de estudos aplicados na gestão dos recursos naturais.

#### **1.5. Objectivos**

##### **1.5.1. Objectivo Geral**

Analisar a evolução morfológica da zona costeira do Posto Administrativo de Zongoene, Província de Gaza, no período de 1993 a 2023.

##### **1.5.2. Objectivos Específicos**

- Mapear as mudanças morfológicas ocorridas na zona costeira entre os anos de 1993, 2003, 2013 e 2023 utilizando ferramentas de Detecção Remota e SIG;
- Avaliar os factores naturais e antropogênicos que influenciam a morfologia costeira na região;
- Modelar a dinâmica da linha de costa com recurso as imagens de satélite (Landsat).
- Propor recomendações para o manejo sustentável da zona costeira de Zongoene, considerando as mudanças identificadas.

## Área de estudo

O presente capítulo descreve a área de estudo, apresentando a sua localização, geomorfologia, geologia, solos, clima e Economia.

### 2.1. Localização Geográfica

O posto administrativo de Zongoene localiza-se no baixo Limpopo, onde o rio desagua, em forma de estuário, no Oceano Índico (Balidy & Mahumana, 2008). De acordo com os mesmos autores, este posto administrativo situa-se a Sul do Distrito de Xai-Xai, Província de Gaza, aproximadamente entre as coordenadas de 25°0'30" e 25°17'0" de latitude Sul e 33°19'00" e 33°40'30" de longitude Este.

Tem como limites a Norte, o Posto Administrativo de Chicumbane, a Sul o Oceano Índico, a Este o Posto Administrativo de Patrice Lumumba (Município de Xai-Xai) e a Oeste o distrito de Bilene. Ocupa uma superfície de 505 km<sup>2</sup> e tem uma extensão de linha de costa de cerca de 50 km.

Segundo INE (2017), o Posto Administrativo de Zongoene é constituído por duas localidades, nomeadamente Zongoene Sede e Novela. Tem 18 aldeias/povoados: Piombo, Armando Tivane, Gutuine, Mahilane, Nhabanga, Chicundzo, Tivane, 24 de Julho, Voz da FRELIMO, Chibilene, Maboia, Nhocuene, Zimilene, Mahelene, Salvador Allende, Bundzulane, Nhacomene e Cumbane (vide a figura 1).



Figura 1: Mapa de Localização da área de estudo (Adaptado pelo autor, 2025)

### 2.1.1. Actividades Económicas

Devido ao seu enquadramento geográfico, o Posto Administrativo de Zongoene possui solos de fertilidade alta. De acordo com MICOA (2008), O PA de Zongoene tem boas condições para a prática de agricultura e isso faz com que ela seja a principal actividade económica. A Foz do Limpopo tem um regime estuarino, havendo condições apropriadas para o desenvolvimento de floresta mangal. Tem condições adequadas para a reprodução, alimentação, crescimento e desenvolvimento de espécies de peixes, algumas das quais de valor económico.

Segundo o entrevistado 1, a agricultura, a pesca (apontadas como as principais), artesanato e pecuária, são actividades económicas exercidas na região.

### **2.1.2. Agricultura**

De acordo com o entrevistado 1, a prática da agricultura é realizada por adultos de ambos sexos. Jovens e crianças participam em algumas fases da actividade como no afugentamento dos pássaros nos arrozais, no plantio e na colheita.

Os entrevistados 2 e 3, afirmam que em Zongoene não existe agricultura industrializada, sendo a de subsistência a mais comum. A finalidade principal da produção é o consumo familiar mas, uma parte desta é vendida para satisfazer as necessidades básicas diárias. Os entrevistados afirmam ainda que durante a seca não há rendimentos sendo que a finalidade da produção nesta época do ano é o consumo familiar.

O milho é apontado como a principal cultura, seguida do arroz e mandioca. Cultiva-se também o feijão nhemba, feijão manteiga, hortícola, amendoim, tomate e cebola. O cultivo é principalmente em zonas baixas, que são muito férteis com uma alta potencialidade agrícola, pois são constituídos por solos fluviais de alta fertilidade (machongos) (MICOA, 2008). Mas, também é praticada nas dunas interiores apesar de apresentarem uma fertilidade relativamente baixa. Cultiva-se principalmente o milho, mandioca, feijões e batata-doce.

### **2.1.3. Pesca**

Segundo o entrevistado, a actividade pesqueira é exercida pelos homens e rapazes, as mulheres participam através da venda do pescado. Esta actividade é desenvolvida ao longo do rio Limpopo (na foz, no caudal, nos canais e afluentes), no mar e nas lagoas interiores (MICOA, 2008). A pesca é uma das actividades economicamente importantes no PA de Zongoene. Isso deve-se à sua localização geográfica e estratégica, na foz do Rio Limpopo na zona costeira da província.

### **2.1.4. Aspectos Físico-ambientais**

O Posto Administrativo de Zongoene enquadra-se nas características gerais da zona costeira Sul, que se estende do sul de Chiloane, percorre as províncias de Inhambane, Gaza, Maputo até Ponta de Ouro (MICOA, 2008). Esta zona caracteriza-se por praias arenosas, com dunas muito altas e cobertas por uma vegetação bastante frágil, lagoas costeiras alongadas e paralelas à linha da costa, acompanhando a orientação das dunas (Langa, 2007). Possui também alguns mangais especialmente em estuários e algumas áreas com colónias de corais. No geral, as características físico-ambientais de Zongoene assemelham-se às do seu distrito, Xai-Xai e o distrito de Bilene, pela sua proximidade.

### **2.1.5. Clima**

O clima da zona Sul enquadra-se no clima de Moçambique que é, de um modo geral, tropical húmido com duas estações distintas: seca ou de inverno e húmida ou de verão (Hoguane, 2007). Inserido no distrito de Xai-xai, o PA de Zongoene é influenciado pelos anticiclones dos oceanos Índico e Atlântico, pela célula continental de alta pressão durante a época fresca e, pela depressão continental de origem térmica durante a época quente (MAE, 2014). Segundo o mesmo autor, pela sua localização geográfica Zongoene encontra-se na zona de preponderância de sistemas frontais que transportam massas de ar polar marítimo que podem originar chuvas e aguaceiros na época fresca, aguaceiros e trovoadas na época quente.

A maioria da chuva ocorre durante a estação quente, com o pico em Janeiro e Fevereiro. A precipitação média anual varia de 825 mm a 1140 mm, decrescendo muito rapidamente da costa para o interior. Os valores da evapotranspiração mensal são ligeiramente mais elevados no interior que na costa, devido à baixa precipitação e às elevadas temperaturas.

### **2.1.6. Hidrografia**

A hidrografia de Zongoene caracteriza-se por baixas de inundação do Rio Limpopo, que acumulam água durante a época chuvosa. O rio Limpopo, pela extensão da sua bacia hidrográfica, é o rio mais importante do Sul de Moçambique atravessando todo distrito de Xai-Xai na direcção Norte-Sul, com 2 afluentes importantes (Lumane e Munhuana) (MICOA, 2012).

O Rio Lumane localiza-se na margem direita do PA e se junta ao rio Limpopo a um pouco mais de 15 km da sua foz, no limite entre os postos administrativos de Chicumbane, Zongoene e Município de Xai-Xai (Gove e Boane, 2001). O Rio Inguluxane um dos mais importantes da região, nasce nas baixas de Chongoene, recolhe o excesso de água nos campos agrícola daquela zona, atravessa a EN1, na cidade de Xai-Xai, atravessa a localidade de Chilaulene e desagua na margem Leste do Limpopo (Gove e Boane, 2001). Para além dos dois afluentes, a área de estudo conta com outros 3 rios (Munhuana, Chégua e Nhancuchuane) são sazonais, mas mantêm uma certa quantidade de água permanente disponível (MICOA, 2012). Existem, ainda, cerca de 20 lagos permanentes, a maioria na costa, que são importantes para a actividade pesqueira, captação de água para uso doméstico, banho, abeberamento do gado, recreação e, em alguns casos, para irrigação.

Na área de estudo predominam aquíferos intergranulares, contínuos geralmente não consolidados, com uma produtividade moderada, fraca permeabilidade (Ferro e Bouman, 1992). Estes possuem estrutura de argila interstratificações arenosas de origem aluvial, esporadicamente com lentes de calcário lacustre, areias médias a finas, por vezes muito finas, de origem eólica e marinha (Ferro e Bouman, 1992). A

qualidade da água varia com a precipitação recebida a Norte da bacia hidrográfica. Na estação seca a sua água é salgada devido à intrusão salina (MICOA, 2012).

### 2.1.7. Vegetação

O Distrito de Xai-Xai no geral, possui diferentes tipos de vegetação: Arbustos, floresta artificial mista e floresta natural, em constante transformação devido a sua exploração para aquisição do material de construção, lenha e prática de artesanato (MICOA, 2012). No PA de Zongoene, ocorrem cinco tipos diferentes de vegetação, nomeadamente, a vegetação das dunas costeiras, brenha costeira ou matagal baixo, a floresta ribeirinha e Pradaria ou Graminal arbóreo das planícies e dunas interiores (Gove e Boane, 2001 e DINAGECA, 1994).

A vegetação das dunas, localiza-se junto às dunas costeiras estas que são características da zona Costeira do Sul de Moçambique, com uma extensão de cerca de 850 km, do Arquipélago do Bazaruto a Ponta do Ouro (26° 52' S), atingindo o Rio Mlalazi (28° 57' S), na África do Sul (Langa, 2007). As espécies mais abundantes, nas diferentes áreas da região costeira dunar são: *Cyperus maritimus*, *Ipomea pes-caprae*, *Launea sarmentosa*, *Scaevola thunbergii* e *Sporobolus virginicus* (Tinley, 1971; Hatton, 1995). As dunas secundárias por sua vez, são compostas por diversas espécies, maioritariamente lenhosas, as mais dominantes são *Diospyros rotundifolia*, *Euclea natalensis*, *Mimusops caffra* (Louro, 2005).

O matagal ocorre no topo das dunas interiores, ao redor das lagoas onde é mais desenvolvida e, algumas espécies comuns são: *Afzelia quazensis*, *Dialium schlereti*, *Apodites dimidiata*, *Brachylaena discolor*, *Olax dissidiflora*, *Garcinia livingstonei*, *Tricalysia sp.*, *Asystasia gagea*, *Rhus natalensis*, *Deimboldia oblongifolia*, *Ozoroa obovata*, *Albizzia adiantifolia*, *Albizzia versicolor*, *Euphorbia tyrucalli*, *Mimusops caffra* e *Phoenix reclinata* (MICOA, 2008). Partes destas florestas ainda encontram-se intactas, porém, uma parte significativa foi modificada pela agricultura familiar.

A vegetação ribeirinha que ocorre ao longo do vale do Limpopo, como nativa, inclui espécies arbóreas como o *Fycus syracuse*, *Trichilla emética*, *Xanthocercis zambesiaca*, *Cobretum spp*, *Ekebergia capensis* e ainda algumas acácias como a *Acacia xanthophloea*. Nos pântanos ocorrem caniçais dominados por *Phragmites australis* e *Typha capensis*, ou ocasionalmente por manchas de *Cyperus papyrus* (MICOA, 2012). Recentemente a zona ribeirinha foi transformada em campos agrícolas (Gove e Boane, 2001).

O PA de Zongoene é constituído também pela savana arbórea seca, pradarias alagadas na orla da flora de florestas aquáticas no delta e aluviões de grandes rios. É uma vegetação sublitoral caracterizada por espécies lenhosas *Albizzia spp.*, *Afzelia quazensis*, *Sclerocarya birea* e algumas espécies herbáceas comuns *Hyperrhemia spp.*, *Themeda spp.*, *Panicum maximum* e *Helichrysum spp* (Gove e Boane, 2001).

### 2.1.7.1. Vegetação Aquática

A floresta de mangal na província de Gaza, encontram-se apenas no estuário de Limpopo, antes da foz do mesmo no Oceano Índico. Em termos de ocupação de terra a área de mangal cobre cerca de 2 ha (ou seja cerca de 0,1 % da área do distrito) (MAE, 2012). Segundo o mesmo autor as espécies que ocorrem no estuário de Zongoene: *Sonneratia alba*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Xylocarpus granatum*, *Ceriops tagal*, *Avicennia marina* e *Heritiera littoralis*.

A principal ameaça identificada inclui o corte de mangal para diversos fins (fonte primária de combustível lenhoso e material de construção e vedação) (MICOA, 2008).

Os mangais são importantes na prevenção da erosão costeira e das margens dos rios, na atenuação das cheias e na reprodução de diversas espécies. Constituem habitats para uma variedade de espécies nomeadamente pássaros, crustáceos, peixes e moluscos. São também fonte de medicamentos tradicionais, material de construção e combustível lenhoso. Moluscos e crustáceos colectados nos mangais constituem uma importante fonte de proteínas para as populações.

## Revisão de Literatura

Neste capítulo são abordados os principais temas do presente trabalho, ajudando dessa forma o leitor a melhor se enquadrar no tema e sobre as técnicas que serão usadas durante o processo de execução.

### 3.1. Zonas costeiras

As zonas costeiras são zonas que podem ser classificadas como a interface entre a terra e a água, zona onde acaba a influência do mar, rios ou lagos e começa a influência da terra ou vice-versa, zona intermédia entre terra e superfícies aquática (MITADER, 2005).

As zonas costeiras possuem uma cultura e um modo de vida com muitos séculos de existência, servindo os interesses da humanidade, e desempenhando um papel estratégico na resposta às necessidades e aspirações das actuais e futuras populações. Desde sempre que as zonas costeiras estão relacionadas com a criação de postos de trabalho, com o crescimento económico e com a qualidade de vida (Reis, 2010).

As zonas costeiras são constituídas por diversos elementos morfo-sedimentares, interdependentes através de processos hidrodinâmicos, sedimentares, morfológicos e ecológicos. Estas características conferem à orla costeira uma dinâmica natural complexa, que nem sempre é compatível com os usos a que está sujeita. A sua intensa ocupação e pressão antrópicas tornam cada vez mais vulnerável à acção de factores naturais (tempestades, tsunamis, subida do nível médio do mar) e, também, à própria acção do Homem (redução de fontes sedimentares, dragagens, extracção de inertes, destruição de sistemas dunares, introdução de fontes de poluição) (Fortunato, *et al.*, 2008).

As zonas costeiras como áreas particularmente vulneráveis às alterações climáticas, nomeadamente no que refere à subida do nível médio das águas do mar, proclamando uma atenção internacional para este problema (Pinto, 2008).

Segundo Sorensen (1991) citado por (Marizane, 2020), em todo o mundo, as políticas de desenvolvimento integrado de zonas costeiras têm buscado apoio em Geotecnologias, como a Detecção Remota e o sistema de informações geográficas, aquando da tomada de decisões que envolvem as crescentes demandas de exploração em contraponto à protecção e conservação ambiental.

### 3.2. Problemas da Zona Costeira

As zonas costeiras são áreas altamente energéticas, muito activas e dinamicamente complexas (Pinto, 2008). Em Moçambique, a costa não é apenas um dos activos naturais mais valiosos do país, mas também a sua frente mais vulnerável (Achimo *et al.*, 1997). No nosso país, cerca de 70% da população vive ao

longo da costa (Hoguane, 2007), este facto é devido ao acesso facilitado aos recursos que está aliado a existência de oportunidades de emprego gerados através do desenvolvimento de actividades turísticas, comércio e portos. Daí, a pressão sobre os recursos naturais é cada vez mais crescente, e dada a fragilidade dos ecossistemas nestas áreas, os efeitos da super utilização desses recursos são visíveis (CDS-ZC, 2004). O autor Brambati (2004) divide os factores indutores dos problemas de zonas costeiras em dois grupos: os que são naturalmente induzidos e os provocados pela actividade antrópica.

### **3.2.1. Causas Naturais**

- i) Subida do nível médio das águas do mar – comumente apontada como um dos problemas mais importantes da zona costeira;
- ii) Aluimento <sup>1</sup>de terras – causado pela consolidação de solo macio e em alguns casos pela exploração de petróleo, podendo contribuir para a subida do nível das águas;
- iii) Movimentos tectónicos de pequena e larga escala – directamente relacionados com a presença de falhas;
- iv) Presença de zonas lagunares – interrompem o normal comportamento da deriva litoral, retendo os sedimentos e provocando erosão a sotamar;
- v) Manifestações directas de erosão – destruição de dunas causadas pelas marés de tempestade; e
- vi) Acumulação sedimentar na foz dos rios – provocada por razões hidrodinâmicas, pode conduzir a fortes assoreamentos e interrupção de canais de navegação.

### **3.2.2. Causas Antrópicas**

- i) Canais de navegação – constituem barreiras à deriva litoral através da acumulação de sedimentos importantes para o equilíbrio a sotamar;
- ii) Infra-estruturas de protecção costeira – constituem também barreiras à deriva litoral, com efeito semelhante ao anterior. Segundo o autor, estas estruturas produzem mais erosão que acreção;
- iii) Exploração extensiva dos recursos – durante séculos os recursos minerais e marinhos foram considerados como um bem comum, actualmente constata-se que as comunidades costeiras chamam a si o direito de exploração destes bens;
- iv) Poluição – resíduos industriais e das actividades portuárias muitas vezes lançados para o mar junto da costa;

---

<sup>1</sup> **Aluimento** é o acto de ou efeito de aluir, ou seja, fazer cair algo.

- v) Descargas no mar – resíduos industriais, esgotos e dragados são transportados e despejados em alto mar e;
- vi) Acidentes de navegação graves – acidentes em navios que podem resultar em descargas de óleos e outras substâncias perigosas para o mar. A probabilidade destes acidentes é mais elevada junto a portos, estreitos e rotas de navegação muito concorrida

### 3.3. Linha da Costa

A linha de costa é um elemento geomorfológico que apresenta alta dinâmica espacial decorrente de respostas aos processos costeiros de diferentes magnitudes e frequências. Suas mudanças de posição são de natureza complexa, envolvendo diversos processos ligados a elevação do nível do mar em curto e longo prazo, balanço de sedimentos, movimentos tectônicos entre outros (Brezolin, 2011).



**Figura 2:** Designação de várias artes constituintes das zonas costeiras. **Fonte:** Fontes (2011).

Define-se linha de costa como sendo o limite entre o continente e a porção adjacente ao mar onde não há efectiva acção marinha no alcance máximo das ondas, concretizando-se pela presença de falésias, no limite entre a vegetação e a praia, ou nos costões rochosos, ou por qualquer outra feição que marque o início da área continental. A percepção de que localmente esta linha não é estável, podendo erodir ou progredir, é uma decorrência clara e direta do aumento da ocupação da zona costeira (Krueger, *et al.*, 2002).

Devemos entender a linha de costa como um limite móvel, cuja posição espacial é variável a todas as escalas temporais. Os critérios que a definem devem por isso ser rigorosos, de forma a tornar comparáveis os resultados obtidos. Naturalmente que, consoante ao tipo de costa em estudo, podem traduzir-se em recuos de apenas alguns milímetros por ano ou serem da ordem dos vários metros. Deve-se ponderar

por isso qual o proxy (referência) mais adequado tendo em linha de conta, naturalmente, o rigor posicional pretendido (Oliveira, 2005).

Diversos métodos podem ser empregados na determinação destas linhas de costa, como: por fotografias aéreas, por fotografias terrestres tiradas de um mesmo ponto de observação, por levantamentos convencionais com teodolitos ou estações totais; por imagens de satélites e com o Sistema de Posicionamento Global (GPS) (Krueger, *et al.*, 2002).

### **3.3.1. Alteração da Linha da Costa**

As alterações ambientais vinculadas à dinâmica da ocupação e uso da terra e suas relações com a alteração da linha de costa precisam ser compreendidas e monitoradas para subsidiar planos de gestão voltados à preservação e manutenção dos ambientes costeiros (Delamare e Sato, 2015).

A dinâmica dos oceanos, associada aos movimentos de materiais sólidos por acção dos ventos, tem determinada significativa transformação das linhas de costa, nos continentes, numa escala de tempo bem definida. Conhecer e dominar este processo costeiro implica estabelecer um domínio completo dos impactos causados pela presença física das mais variadas obras marítimas, o que representa um dos grandes desafios encontrados pelos engenheiros e cientistas que tratam de resolver problemas relacionados com a dinâmica costeira (Vieira e Souza, 1996).

A dinâmica costeira, que condiciona a construção geomorfológica da linha da costa, é a principal responsável pelo desenvolvimento das praias arenosas, pelos processos de erosão e deposição que as mantêm em constante alteração. A morfologia dos perfis praias em uma determinada região é função do nível energético das ondas, uma vez que essa energia é liberada nas zonas costeiras (Cunha, 2010).

Na maior parte do estuário a zona costeira esta muito artificializada, existindo grande troços em que a linha de costa foi fixada pelo homem. Desta forma as alterações na posição da linha de costa estão muito condicionadas pela actividade humana, nomeadamente pela construção de aterros e diques ou pelo abandono de estruturas já existentes. Embora com alguns retrocessos e avanços, a evolução tem sido claramente no sentido da perda de área estuarina. A fixação da linha de costa diminui a capacidade de “*rollover*” do estuário, ou seja, a sua capacidade de migrar para o interior à medida que o nível do mar sobe. A reduzida capacidade de migração do estuário, promove o estreitamento ou mesmo a supressão das zonas de transição, nomeadamente as áreas de sapal (Brito, 2009).

### **3.3.2. Monitorização da Linha de Costa**

Há necessidade de compreender os processos que norteiam a evolução da linha de costa e a erosão costeira e o possível impacto da subida do nível médio das águas do mar, como resultado das mudanças

climáticas, aparecem como as principais razões por detrás das acções de monitorização da linha da costa apresentadas. As acções antrópicas são também citadas como estando a condicionar a evolução da costa, contribuindo para o aparente incremento das taxas de erosão com causas naturais (Palalane e Oliveira, 2013).

O monitoramento sistemático da linha de costa e o acompanhamento de suas mudanças representam ferramentas para a geração de informações de grande valor para o planeamento e gerenciamento costeiro, pois oferecem subsídios para a determinação de faixas de recuos da zona litorânea, permitem a cálculos de áreas de risco de erosão costeira e contribuem também com informações para a implantação de obras de intervenção directa na linha de costa (Vieira e Souza, 2006).

A análise e processamento de dados de detecção remota apresentam-se como ferramentas importantes para monitoramento de fenómenos que acontecem sobre a superfície da terra e de qualquer corpo celeste, e neste caso específico na zona costeira, visto o baixo custo e escala grande das imagens de satélite e a possibilidade de se obter informações espaço-temporais anteriores aos levantamentos de dados em campo (Luís, 2011).

Um plano de monitorização tem como perspectiva, intervenções que visem não só a manutenção estrutural das obras de protecção costeira instalada ou a construir, como também um conjunto de medidas de médio a longo prazo que possibilitem o estudo e conhecimento do conjunto de fenómenos influentes na dinâmica costeira, com repercussão e impacto na interacção entre a agitação e a linha de costa (Langa e Gomes, 2001).

### **3.4. Erosão Costeira**

A erosão costeira resulta de um conjunto de processos complexos que têm lugar na orla costeira, cuja dinâmica envolve escalas temporais muito distintas entre si. Os principais agentes erosivos são os ventos, as marés e a agitação marinha. Contudo, existem outras causas relacionadas com a origem de processos erosivos recentes (Dias, 2019):

- Elevação do nível médio da superfície oceânica;
- Diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral;
- Degradação antropogénica das estruturas naturais; e
- Alterações induzidas pelas obras pesadas de engenharia costeira, nomeadamente as que são implantadas para defenderem o litoral.

A elevação do nível médio do mar pode relacionar-se com a variabilidade climatológica natural da Terra e com as perturbações induzidas pelas actividades humanas; a elevação acontece devido ao aumento do

volume de água que é induzido pelo aumento da temperatura atmosférica causando, assim, a expansão térmica do oceano (Coelho e Pinto, 2018).

Os impactos no litoral causado pela elevação do nível médio das águas do mar são diversificados, entre muitos estão: a salinização dos aquíferos costeiros; o aumento da frequência e intensidade das inundações e dos danos provocados pelas tempestades; o assoreamento de lagunas e de estuários; a erosão de praias e arribas (Alves e Pinto, 2017).

A diminuição da quantidade de sedimentos está relacionada às muitas atividades humanas em zonas ribeirinhas ou no interior, das quais se destacam as barragens, as dragagens e a extração de inertes (Coelho e Pinto, 2018).

A degradação antropogénica das estruturas naturais de defesa (dunas ou arribas), que constituem as melhores defesas contra o recuo da linha de costa, onde a sua progressiva destruição devido a ações antropogénicas (práticas agrícolas, pisoteio, corredores eólicos, ocupação urbana e exploração de areias) propiciam a fragilidade do sistema dunar como barreira natural, facilitando galgamentos oceânicos, destruição da vegetação para retenção de areias e inundações de terrenos. As obras pesadas de engenharia criam desequilíbrios locais, causando perturbações nos trechos costeiros em que são inseridas (Alves e Pinto, 2017).

### **3.5. Ecossistemas**

Segundo Kallesoe et al., (2008) estes ecossistemas interconectados e interdependentes, formando um mosaico de ambientes associados que são vitais para a sobrevivência e manutenção de diversas espécies. Os ecossistemas costeiros são ambientes dinâmicos e altamente produtivos, por isto estima-se que cerca de 80% de toda captura mundial de peixes esteja directa ou indirectamente ligada a estas áreas (Sullivan, 2005). Devido a sua dinâmica, diversos ambientes são formados tais como: estuários, manguezais, dunas costeiras, lagunas, praias, entre outros.

#### **3.5.1. Dunas**

Segundo Fernandez, et al., (2017) referem que as dunas são acumulações sedimentares associadas ao vento, em que a partir do empilhamento de sedimentos passam a assumir feições morfológicas distintas. Os sedimentos passíveis de serem transportados por acção eólica apresentam uma ampla gama de variação granulométrica, mas a formação de dunas é maioritariamente composta por sedimentação arenosa, ou seja, são sedimentos cujo diâmetro varia entre 0,062 e 2,00 mm, na escala Uden-Wentworth (1922).

Alguns autores, como por exemplo Cardozo e Seelie (1988); Cadaval e Albuquerque (2015), argumentam que as dunas são caracterizadas como sendo depósitos de sedimentos que são formadas pela acção do vento sobre a areia com a presença ou não de vegetação.

### 3.5.1.1. Tipos de Dunas

Os autores Orocio e Hesp (2014), argumentam que há dois tipos de dunas, as costeiras e interiores nomeadamente. As dunas costeiras estão localizadas, como o nome diz, nas margens, e as dunas interiores são principalmente nos desertos. A tabela 1 elucida-nos sobre os tipos de dunas e as respectivas características na perspectiva dos autores Orocio e Hesp (2014).

Tabela 1: Tipos de Dunas (Adaptada de Orocio e Hesp, 2014).

<b>Tipos de Dunas</b>	<b>Localização</b>	<b>Características</b>
<b>Interiores</b>	Interior (desertos)	Apresentam oxidação mais antiga; Há escassez de nutrientes e de água; Cor vermelha e/ou amarela na maioria dos casos.
<b>Costeiras</b>	Ao longo da costa	Expostas directamente para a praia, isto é, adjacentes à costa, por conta disso, há influências marinhas nas formas de salinidade e tempestades

### 3.5.1.2. Dunas Costeiras

As Dunas Costeiras são ambientes formados a partir da interacção entre sedimentos de origem marinha, o vento, que transporta tais sedimentos em direcção ao continente, e a vegetação, que actua como barreira física aos sedimentos transportados (Jura, 2012). Estas compõem ambientes litorâneos associados a praias e restingas, muitas vezes na forma de extensos campos gerados por acção eólica.

Inseridas no sistema costeiro, dunas morfológicas resultantes da acumulação de areias transportadas pelo vento, constituindo um ambiente transicional entre os sistemas marinho e terrestre no qual exercem múltiplas funções. Dentre elas destacam-se a protecção dos ecossistemas costeiros e complexos urbanos adjacentes, as actividades de recreação (Guimarães et al., 2014).

Segundo Balidy & Jacinta (2011), dunas costeiras são “montanhas” de areia, localizadas na costa, junto à praia, formadas por acumulação de sedimentos (ou areia) provenientes de outros locais, que foram arrastados por correntes marítimas e ventos. Segundo Orocio e Hesp (2014), de acordo com as suas características topográficas e a forma como se movem, as dunas foram classificadas em cinco grandes grupos: Dunas embrionárias ou frontais, Cavidades, Parabólicas, Barcanas e Transgressivas.

Tabela 2: Classificação das Dunas de acordo com as suas características topográficas e a forma como se movem (Adaptada de Orocio e Hesp, 2014).

<b>Tipos de Dunas</b>	<b>Características</b>	<b>Mecanismos de Formação</b>
<b>Embrionárias ou Frontais</b>	São Pequenas e isoladas Montes de areia. Localizado com uma orientação paralela para a Costa (mais perto do mar).	A sua formação começa quando o sedimento transportado pelo vento é preso por algum obstáculo (vegetação, toras ou animais), e à medida que o sedimento é aprisionado levam à sua formação.
<b>Cavidades</b>	Encontrados nas partes inferiores dos sistemas de dunas e são resultado de processos erosivos. Possuem uma grande variedade de formas, mas a maioria são classificadas como hondadas.	A formação das cavidades começa quando ocorre uma diminuição na cobertura da planta e, subsequentemente, a acção do vento ou ondulação acelera os processos de erosão.
<b>Parabólicas</b>	São em forma de “U” invertidas assemelhando-se a uma parábola; possuem dois braços e uma cúpula, que é a parte mais alta e onde os braços se encontram	São formadas repetitivamente, resultando em campos de dunas parabólicas que, vistos de cima, assemelham-se a um telhado com telhas.
<b>Barcanas</b>	Assemelham-se as dunas parabólicas. No entanto, há uma diferença muito importante entre os dois tipos de dunas, como nos barjanes os braços apontam para onde os ventos prevalecentes estão avançando, o que é contrário ao que acontece nas dunas parabólicas	Geomorfologistas não entendem exactamente como são os estágios iniciais na formação dos barjanes mas, pensa-se que, inicialmente, um barján origina-se de um monte de areia. Se o Monte permanece seco, em seguida, os braços gradualmente avançar na direcção do vento são formados.

---

<b>Transgressivas</b>	<p>Ao falar sobre campos de dunas transgressivas, faz-se referência a conjuntos de dunas que avançam para o interior ou ao longo da costa e que têm uma cobertura vegetal muito pequena ou nenhuma.</p>	<p>Resultam em uma grande quantidade de sedimentos sendo transportados para as praias. Embora tenhamos esse conhecimento básico dos campos das dunas transgressivas, os mecanismos ou factores directamente responsáveis por sua formação exigem mais pesquisas.</p>
-----------------------	---	--

---

### 3.6. Lagunas

Lagunas são corpos de água alongados, geralmente estreitos, com eixo principal paralelo à costa e ligados ao mar por barras que permanecem fechadas durante certo período (Juras, 2012).

De acordo com Barros (2011), as lagunas são definidas como um corpo d'água separado do mar por um cordão litorâneo (beach barrier) ou pontal. A circulação dentro de uma laguna é regida principalmente pela amplitude de maré, responsável pela renovação de suas águas, transferindo sedimento e matéria orgânica entre o sistema lagunar e marinho, além da topografia da bacia, a variação climática e o regime de ventos.

O autor Almeida (2009), argumenta que as lagunas têm sido classificadas principalmente com base em dois critérios, o da sua inserção no espaço costeiro e o do jogo ou confronto entre as transferências litorais e as marés. No primeiro caso, destacam-se as lagunas associadas a ilhas-barreira, as lagunas sobre a frente de deltas, os fundos de baías barrados pelas restingas, as embocaduras de rios fechadas por restingas. No segundo caso, distinguem-se as lagunas estuarinas, as lagunas abertas, as lagunas semifechadas e as lagunas fechadas.

### 3.7. Mangais

De acordo com Draft (2015), o mangal é um ecossistema costeiro, situado nas regiões tropicais e subtropicais, ocorrendo junto a desembocadura de rios, estuários e lagunas costeiras, até onde houver influência de marés.

Segundo Balidy & Jacinta (2011) os mangais são plantas com adaptações específicas para sobreviver em condições de submersão em águas salobras. Viviparia e pneumatóforos são principais adaptações. Ocorre na zona entre marés, onde há pouca acção das ondas do mar. O mangal é composto por árvores tolerantes à salinidade, e que crescem em solos com pouco arejados ou mesmo sem ar (anaeróbios), tendo, por isso, raízes aéreas (pneumatóforos) para respirar. Para viver num ambiente salgado, possuem membranas nas

raízes que reduzem a entrada de sal, e expõem o excesso de sal pelas folhas. Segundo os mesmos autores, em Moçambique ocorrem 8 espécies de mangal, nomeadamente: *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Ceriops tagal*, *Heritiera littoralis*, *Lumnitzera racemosa*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*, e *Xylocarpus granatum*.

### **3.8. Estuário**

Os estuários são sistemas costeiros parcialmente fechados, onde ocorre a mistura da água salgada do mar, formando uma massa de água salobra (Juras, 2012). Grande quantidade de animais buscam esse ecossistema costeiro para a reprodução e alimentação pois a grande quantidade de nutrientes que é transportada pelos rios é assimilada pelo fitoplâncton, permitindo o progresso de grande biomassa de zooplâncton. Estuários são baías ou áreas abrigadas onde os rios desaguam no mar, misturando sua água doce com a água salgada (Freir, 2016). O transporte de sedimentos finos pelos rios favorece outra característica comum nos estuários. Com o acúmulo dos sedimentos, há a formação de áreas rasas e de fundos lamosos ricos em matéria orgânica, sendo um local de refúgio para peixes pequenos e muitos juvenis de espécies de grande porte. Os autores Duarte e Vieira (1997), definem os estuários como sendo ambientes complexos com grande importância económica, social e ecológica. A alta reactividade biogeoquímica das zonas de grande turvação, resultantes da acção da maré, transformam num habitat privilegiado de numerosos organismos pelágicos e bênticos.

Segundo os autores supra citados, a definição de estuário com maior aceitação foi proposta por Pritchard (1967), tendo-a clarificado posteriormente (1971) face à complexidade dos ambientes estuarinos. Esta definição assenta em três aspectos fundamentais, conjugando a geomorfologia da área afectada ao sistema com as características físico-químicas da água:

- O estuário é uma massa de água costeira semifechada, todavia, sendo um elemento da linha de costa não a define;
- O estuário tem um contacto directo e permanente com o mar, verificando-se uma diluição mensurável da água salgada, que provoca um gradiente de densidade característico da circulação da água em estuários;
- O estuário está sujeito a acção de maré, que determina oscilações no volume da massa hídrica estuarina e nos respectivos teores de salinidade.

### **3.9. Praias**

Segundo Juras (2012), as praias constituem depósitos de areias acumuladas pelos agentes de transporte fluvial ou marinho, que apresentam largura variável em razão da maré. Estas acompanham todo o litoral

e estão sempre acompanhadas pelos outros ecossistemas como os estuários, deltas, restingas, mangues, dunas, rios e lameiros intertidais.

De acordo com Balidy & Jacinta (2011) praias são margens do mar ou de grandes lagos (área de transição da água para a terra) e constitui a zona costeira mais utilizada para recreação pelas comunidades costeiras e não só. Os autores citam a existência de quatro tipos de praias:

- Arenosa, composta sobretudo por areia, são desprovidas de vegetação e a fauna é também escasso devido a acções antropológicas que estão expostas. A costa Sul do País (de Bazaruto até a Ponta de Ouro) é composta sobretudo por praias arenosas.
- Lodosa, composta sobretudo por lodo, tornando-a mais estável que as praias arenosas. O lodo fornece substrato para fixação de inúmeros animais como conchas, amêijoas, caranguejos, camarão e peixes. A costa central do País, entre Angoche e Ilha de Bazaruto, com cerca de 900 Km, é composta por praias, pântanos e estuários (as praias entre Pebane e a foz do Zambeze são de areia preta).
- Rochosa, composta sobretudo por rochas, estas têm sido afectadas pelo movimento das areias, devido aos factores naturais e a erosão das dunas, resultando numa acumulação de areia na praia rochosa, também têm sido afectadas pela remoção das pedras e destruição de outras para uso na construção de casas, o que periga a estabilidade da costa.

### **3.10. Praias arenosas**

Praias arenosas são ambientes de transição entre o continente e oceanos, e possuem grande importância ecológica e económica, sendo habitat de uma diversa biota terrestre (Mclachlan & Erasmus, 1983).

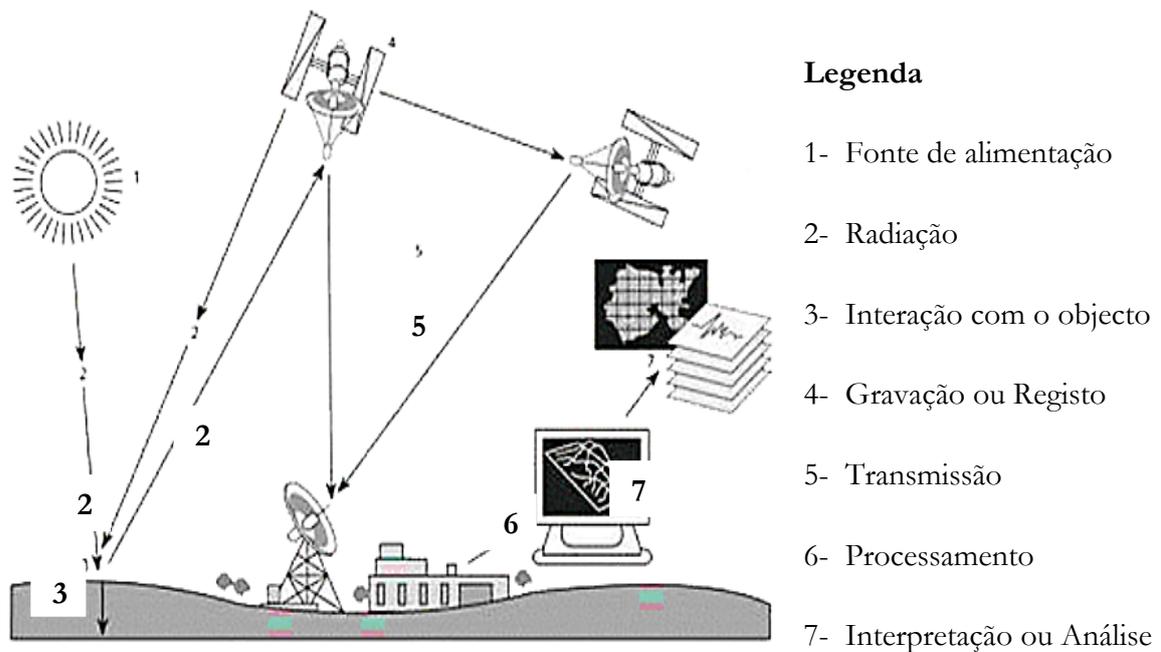
De acordo com Freir (2016), Praias arenosas são ambientes dinâmicos que recebem influência directa das ondas e marés. A vegetação aí é formada por espécies rasteiras, herbáceas, capazes de conviver com a salinidade elevada, a exposição directa ao sol, aos ventos e aos extremos térmicos, sem falar da extrema Pobreza em nutrientes do solo arenoso.

### 3.11. Detecção Remota

Detecção Remota é a ciência de adquirir e analisar informações acerca de um objecto ou fenómeno a distância. Comparado com outras formas de monitoramento a partir do solo, as vantagens da Detecção Remota por satélite são (Ray, 2010) :

- Potencial para levantamento rápido;
- Capacidade de obter uma visão sinótica;
- Capacidade de cobertura repetitiva para detecção de mudanças;
- Envolvimento do baixo custo;
- Alta acurácia;
- Uso de dados multiespectrais para maior informação;
- Cobertura de área inacessível;
- Capacidade para todas as condições climáticas (dia e noite);
- Observação simultânea de uma única plataforma em diferentes resoluções ou ângulos, regiões espectrais na terra, atmosfera e oceanos.

A Detecção Remota é um conjunto de técnicas de aquisição, processamento e análise de imagens da superfície do planeta, captadas por sistemas de satélite ou meios aéreos (Amorim, 2007).



**Figura 3:** Elementos principais do processo de detecção remota. **Fonte:** Amorim (2015)

A informação extraída por meio da Detecção Remota constitui uma fonte confiável para produção de mapas temáticos como os que representam o uso e cobertura do solo, porque fornece uma reprodução da superfície da Terra que é espacialmente contínua e altamente consistente, e está disponível em várias escalas espaciais e temporais (Manuela, 2003).

Detecção Remota como a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações (Novo, 2010).

### **3.11.1. Aplicação da Detecção Remota**

A DR pode ser usada em várias aplicações em três sentidos diferentes (Ray, 2010):

- Mapeamento/monitoramento dos recursos naturais;
- Recuperação de parâmetros biogeofísicos, que é usado em modelos para prever as mudanças na biosfera e geosfera;
- Gestão / apoio à decisão, onde a informação derivada de DR é usada para se chegar à decisão para a gestão sustentável dos recursos naturais.

Existem vários campos nos quais as aplicações de DR têm se mostrado altamente úteis, que incluem agricultura, recursos hídricos, floresta e ecossistema, gestão de desastres, infra-estrutura de desenvolvimento, atmosfera e ciências oceânicas e muitos outros (Ray, 2010).

A detecção remota no monitoramento da linha da costa envolve o uso de tecnologias avançadas, como satélites, drones e sensores, para coletar dados sobre a dinâmica costeira. Esta abordagem tem diversas vantagens em comparação com métodos tradicionais de monitoramento, incluindo maior cobertura espacial, acesso a áreas remotas e a capacidade de coletar dados em intervalos de tempo regulares (Medeiros, 2009).

São amplamente utilizadas para monitorar mudanças na linha da costa ao longo do tempo. Satélites como o Landsat, Sentinel e Terra/Aqua fornecem imagens multiespectrais que podem ser analisadas para identificar erosão, deposição de sedimentos e mudanças no uso do solo costeiro (Nunes, 2017).

A detecção remota, portanto, desempenha um papel crucial no monitoramento e na gestão das zonas costeiras, oferecendo uma ferramenta poderosa para a preservação e o desenvolvimento sustentável dessas áreas sensíveis (Santos, 2013).

### 3.11.2. Espectro Electromagnético

O espectro está dividido em regiões ou bandas cujas denominações estão relacionadas com a forma com que as radiações podem ser produzidas ou detectadas (Steffen, 2013). O espectro eletromagnético é a distribuição da intensidade da radiação electromagnética em todo o seu intervalo, com relação ao seu comprimento de onda ou frequência (Sousa e Silva, 2011).

De uma forma resumida podemos definir o espectro electromagnético como sendo o conjunto de todos os comprimentos de onda onde se apresenta a radiação electromagnética.

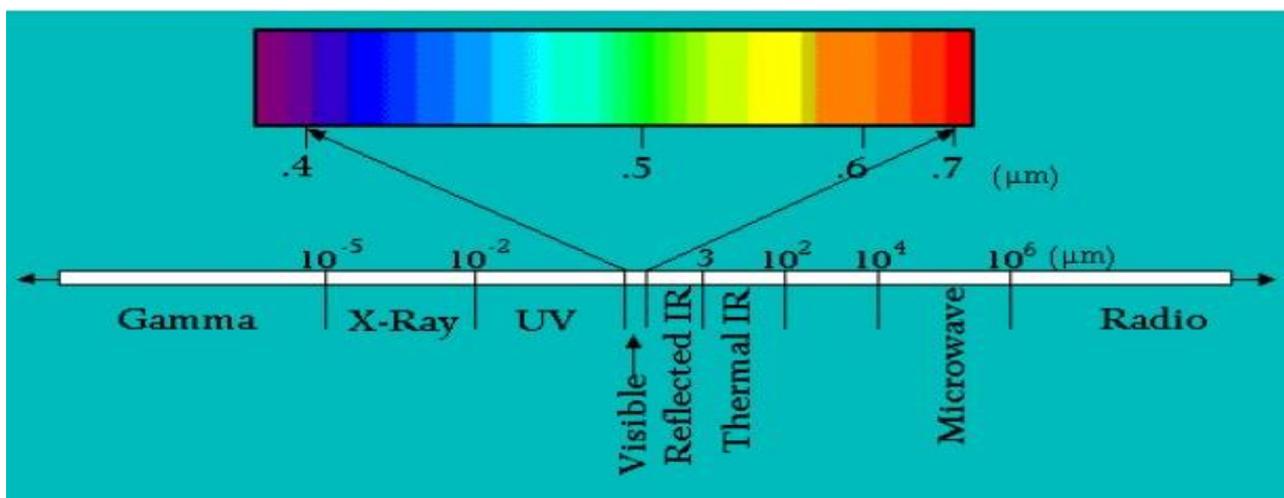


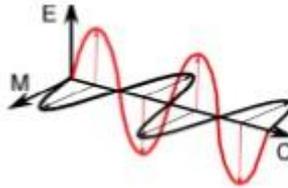
Figura 4: O espectro electromagnético. Fonte: Sinha, *et al*, 2018.

Tabela 3: Regiões do Espectro electromagnético utilizadas em Detecção Remota Fonte: Sinha, *et al*, 2018.

Região do espectro		Intervalo do comprimento de onda (μm)
Ultravioleta	-----	0.30-0.38
	Azul	0.42-0.49
Visível	Verde	0.49-0.58
	Vermelho	0.58-0.70
	IV próximo (IVP)	0.70-1.30
Infravermelho (IV)	IV médio (IVM)	1.30-3
	IV térmico (IVT)	>3
Microondas	-----	1mm-1m

### 3.11.3. Radiação Electromagnética

De acordo com (Bakker, *et al.*, 2001), a radiação electromagnética consiste num campo eléctrico (E) que varia em magnitude na direcção perpendicular à direcção em que a radiação viaja, e um campo magnético (M) formando um ângulo recto com o campo eléctrico. Ambos os campos viajam à velocidade da luz (c).



**Figura 5:** Radiação electromagnética. **Fonte:** Souza e Silva, 2011.

De acordo com (Silva e Sousa, 2011), em Detecção Remota, a radiação electromagnética é normalmente caracterizada pela localização dos comprimentos de onda,  $\lambda$  no espectro de radiação electromagnética. A unidade do Sistema Internacional (SI) é o micrómetro ( $\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$ ). O espaço ocupado pela radiação visível, abrange apenas a gama dos  $0,40 \mu\text{m}$  aos  $0,7 \mu\text{m}$  que equivale a sensibilidade espectral da visão humana. O comprimento de onda e a frequência encontram-se relacionados através da seguinte equação:

$$C = \lambda\nu \quad (1)$$

onde: C é a velocidade da luz.

$\lambda$  é o comprimento de onda (m).

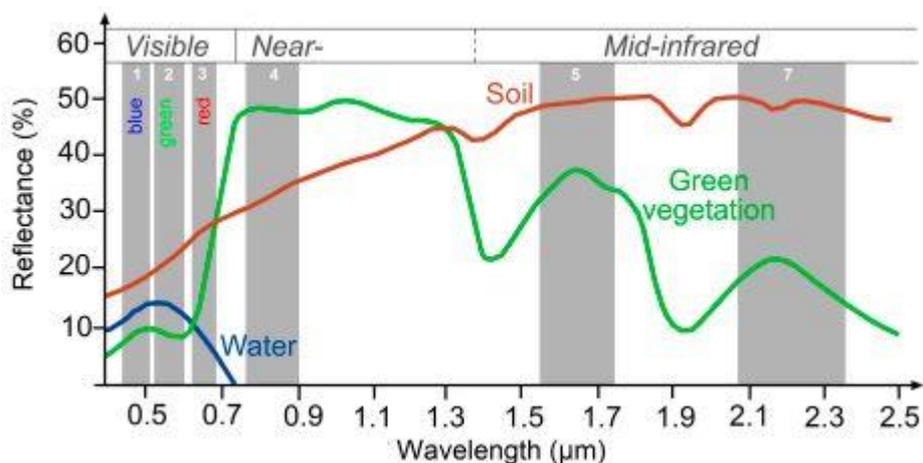
$\nu$  é a frequência (ciclos por segundo, HZ).

### 3.11.4. Comportamento Espectral em Água

A assinatura espectral de qualquer objecto e/ou sua condição compreende um conjunto de valores pela sua reflectância e/ou sua emissão nas diferentes bandas espectrais. Isso leva directa ou indirectamente à identificação de um objeto e /ou sua condição. De acordo com (Ray, 2010) existem quatro principais características da assinatura espectral:

- Variações espectrais - mudanças em função do comprimento de onda;
- Variações espaciais - determinadas pela forma, tamanho e textura do alvo;
- Variações temporais - mudanças diurnas e / ou sazonais na relutância;
- Variações de polarização - causadas pelo grau de polarização.

A reflectância espectral de um corpo de água depende das propriedades espectrais de seus componentes. Os componentes de um volume de água que afectam seu comportamento espectral podem ser classificados em: pigmentos e complexos protéicos responsáveis pela fotossíntese, substâncias orgânicas dissolvidas, e material particulado em suspensão (Cabral *et al*, 2003). Os principais responsáveis pelo espalhamento da radiação na água são as partículas suspensas como bactérias, células dos fitoplânctons e os detritos orgânicos e inorgânicos, enquanto os principais absorvedores da radiação são os pigmentos fotossintéticos, os detritos orgânicos e a matéria orgânica (Ferreira e Filho, 2009).



**Figura 6:** Assinatura espectral de objectos geográficos. **Fonte:** (Chahdi, 2017).

Os corpos de água se distinguem também, dos demais alvos por apresentarem, em geral, baixas porcentagens de reflectância, o que implica em baixas radiâncias e, portanto, baixa probabilidade de que as diferenças detectadas pelos sensores estejam acima do ruído do sensor, para a maioria dos sensores de primeira e segunda geração e para a maioria dos sensores de alvos terrestres, como é o caso dos sensores TM/Landsat e HRV/SPOT (Novo e Ponzoni, 2001).

Os trabalhos de comportamento espectral da água baseiam-se na aquisição simultânea de dados espectrorradiométricos e dados in situ de parâmetros de qualidade da água e concentram-se, principalmente, na faixa espectral correspondente à radiação fotossinteticamente ativa, entre 350 e 700nm. De um modo geral, a reflectância da água limpa diminui com o aumento dos comprimentos de onda. Verificam-se as maiores reflectâncias na região do visível, mais especificamente, nos comprimentos de onda do azul e verde, decrescendo gradualmente na direção do infravermelho, limitando-se os estudos de qualidade da água ao espectro visível (Robert *et al*, 2005).

Os comprimentos de onda infravermelho próximo e infravermelho médio são importantes para discriminar a água. Nesses intervalos a radiação é absorvida. Contrariamente, o solo que possui uma alta reflectância e baixa absorção no infravermelho aparece em tons claros na imagem de satélite. Esse

contraste entre a água pura, solos e rochas, é muito importante para o Sensoriamento Remoto, pois permite diferenciar a água dos demais alvos geográficos (Ferreira e Filho, 2009).

O comportamento espectral da água é resultado dos processos de absorção e espalhamento da radiação no seu interior, e a radiação detectada pelo sensor fornece informações sobre características físico-químicas e biológicas da região estudada (Cabral *et al*, 2003)

### 3.12. Sistema de Informação Geográfica

Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas computacionais que permitem a integração de informação diversa, e a sua manipulação, sendo espacialmente adequadas para análise de problemas de natureza espacial, tanto ao nível global como regional ou local. É um conjunto de ferramentas para recolha, armazenamento, organização e seleção, transformação e representação da informação de natureza espacial do mundo real, para um determinado conjunto de circunstâncias (Fortes e Souto,2012).

O termo Sistema de Informação Geográfica é frequentemente aplicado a computação orientada geograficamente e é integrado em sistemas com as mais diversas aplicações e tratando-se de um conceito ou assunto que está em uso generalizado por um grupo heterogêneo de usuários é difícil de definir o termo. Os SIG são vistos como casos especiais de sistema de informação generalizada, onde a informação é derivada da interpretação dos dados que são a representação simbólica de recursos (Machado, 2011).

As características de Sistema de Informações Geográficas podem ser divididas em software, hardware, dados, metodologias e recursos humanos (Lazzarotto, 2003).



**Figura 7:** Componentes de Sistema de Informação Geográfica. **Fonte:** (Ferreira, 2006).

Os SIG combinam mapas (em formato digital) com todos os dados de todas as instituições relevantes. Por exemplo, em vez de usar um plano de uso da terra em uma grande folha de papel e pesquisar separadamente os dados demográficos para descobrir a melhor localização para uma nova escola, uma

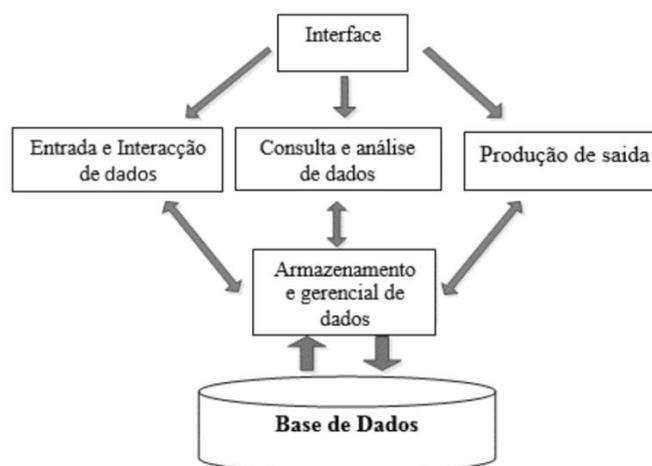
consulta pode ser enviada para o computador que produz directamente um mapa mostrando a localização perfeita (Wehrmann e Glavina, 2009).

As principais formas de utilização de um SIG estão no campo do gerenciamento de serviços, nos estudos científicos, na integração de áreas de conhecimento, na formação e tomada de decisões, caso da gestão compartilhada de Bacias Hidrográficas e grandes empreendimentos. Os dados a serem utilizados por um SIG podem ter origem em várias fontes, e podem ser classificados em primários e em secundários; os dados primários são aqueles que têm sua origem directa do campo ou sobre produto de Detecção Remota. Os dados secundários envolvem mapas e estatísticas. A coleta dos dados pode ser auxiliada pelo uso de fotografias aéreas e outras imagens de Detecção Remota (Ferreira *et al.* 2014). De um ponto de vista diferente, um SIG pode ser considerado como composto por cinco elementos principais: Dados; Análise; Visualização; Tecnologia; Organização (Olaya, 2018).

### 3.12.1. Componentes de um SIG

O termo Sistema de Informação Geográfica é frequentemente aplicado a computação orientada geograficamente e é integrado em sistemas com as mais diversas aplicações e tratando-se de um conceito ou assunto que está em uso generalizado por um grupo heterogêneo de usuários é difícil de definir o termo. Os SIG são vistos como casos especiais de sistema de informação generalizada, onde a informação é derivada da interpretação dos dados que são a representação simbólica de recursos (Machado, 2011).

Numa visão abrangente SIG pode ser composto por cinco componentes independentes, porém interligados uns aos outros através de funções específicas. Cada sistema, em função de seus objectivos e necessidades, mas todos os subsistemas citados devem estar presentes num SIG (Câmara, 1989).



**Figura 8:** Estrutura de um SIG. **Fonte:** Davis (1999) citado por (Alfredo, 2015)

### 3.12.2. Geoprocessamento

O geoprocessamento pode ser entendido como o conjunto de ferramentas que integram, colecta e processamento de dados espaciais e não espaciais a cerca da Terra. Envolve ferramentas de Detecção Remota, geodesia por satélite (sistema de posicionamento global - GPS), cartografia digital, topografia automatizada, SIG, manipulação de base de dados (Marques, 2006).

O bom desempenho dos SIG's e a obtenção de dados confiáveis depende do correto estabelecimento dos procedimentos a serem seguidos. Tais procedimentos vão desde a colecta de dados até sua análise final. Os SIG armazenam a geometria e atributos de dados que estão georreferenciados através de um sistema de coordenadas.

### 3.13. Satélite Landsat

O Satélites Landsat teve sua primeira versão lançada em 1972, no entanto, grande parte dos trabalhos desenvolvidos a partir das imagens deste satélite são da versão Landsat 5 sensor *Thematic Mapper* (TM), por apresentar abrangência temporal maior, e do Landsat 8 sensor *Operational Land Imager* (OLI), a versão mais recente deste satélite. Ambos os satélites apresentam resolução espacial de 30 m e temporal de 16 dias, com orbita polar síncrona (Wulder, *et al.*, 2016).

Os satélites da série Landsat fazem parte de um programa de estudos dos recursos terrestres e no dia 23 de Julho de 1972, a NASA lançou nos Estados Unidos um primeiro satélite chamado ERTS 1 no quadro do Programa Espacial *Earth Resources Technology Satellite*. Este Programa Espacial e os satélites que o compõe foi em seguida rebatizado "Landsat" para melhor sugerir o enfoque do seu esforço sobre a Detecção Remota de recursos naturais terrestres. Foram lançados 8 satélites do Programa Landsat, desde 1972 (Ferrão, 2005).

Segundo Siteo (2013), os satélites da série Landsat fazem parte de um programa de estudos dos recursos terrestres, sendo que as imagens captadas ao longo destes anos promovem estudos abordando vários aspectos e colaborando para a avaliação da dinâmica de mudanças causadas por processos naturais e humanos.

Quanto à resolução temporal, o intervalo de tempo do estudo dependerá das datas em que houver disponibilidades de imagens assim, e atendendo a estas características, as imagens mais usadas para este tipo de análise são as do satélite Landsat, que apresentam uma resolução espacial e temporal de 30 m e 16 dias respectivamente (Oiveira, 2009).

### 3.13.1. Imagem Landsat 5 TM

O Landsat 5, uma duplicata do Landsat 4, foi lançado em 1984 e retornou dados cientificamente viáveis por 28 anos - 23 anos além de sua vida útil de 5 anos (USGS, 2016). O sensor TM (*Thematic Mapper*) do satélite Landsat 5 e possui sete bandas, com numeração de 1 a 7, sendo que cada banda representa uma faixa do espectro electromagnético captada pelo satélite.

O sensor TM foi lançado a bordo dos satélites Landsat 4 e Landsat 5. Possui separação espectral adequada para oferecer subsídios aos mapeamentos temáticos na área de recursos naturais. Operou nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal. Os dados do sensor TM foram utilizados em pesquisas e definições de metodologias em amplas áreas do conhecimento científico e tiveram importância singular para a evolução das técnicas desenvolvidas e utilizadas na detecção remota mundial (Embrapa, 2013).

Em uma imagem Landsat/TM cada pixel pode abranger diversos tipos de cobertura, e a radiância resultante contém a integração de todos os alvos contidos nessa área abrangida. A técnica denominada Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) permite a geração de imagens fracção, estimando a proporção de componentes previamente definidos dentro de cada pixel. O modelo utiliza a informação do comportamento espectral dos chamados “pixels puros” (*end members*) de cada um desses elementos, para estimar suas proporções dentro de cada um dos pixels da imagem (Timberlake e Chidumayo, 2011).

**Tabela 4:** Características do sensor TM do satélite Landsat-5. **Fonte:** NASA 2013.

TM (Thematic Mapper)		
Número Da Banda	Comprimento De onda ( $\mu\text{m}$ )	Resolução Espacial(m)
1	0,45-0,52	30
2	0,52-0,60	30
3	0,63-0,69	30
4	0,76-0,90	30
5	1,55-1,75	30
6	10,42-12,50	120
7	2,08-2,35	30

### 3.13.2. Imagem Landsat 8 OLI

O Landsat 8 foi lançado pela NASA no dia 11 de fevereiro de 2013 e é o mais novo satélite de observação da terra. A expectativa é que tenha uma vida útil de 40 anos de observação da superfície terrestre vista do espaço. A plataforma espacial do Landsat 8 fornece energia suficiente para o controle da órbita, altitude, comunicação e armazenamento de dados. O satélite é composto basicamente por um subsistema mecânico (estrutura primária e 5 mecanismos de implantação), um subsistema de gestão e controle de

dados, um subsistema de controlo de altitude, um subsistema de energia eléctrica, um subsistema de frequência de rádio (RF), um sistema de propulsão e um subsistema de controlo térmico (USGS, 2013).

A plataforma Landsat-8 opera com dois instrumentos imageadores: *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Produtos OLI contêm nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 e 9). As faixas térmicas do instrumento TIRS são úteis no fornecimento de temperaturas de superfície mais precisas e os dados são coletados no pixel de 100 metros. A banda 8 do instrumento OLI é a pancromática e possui uma resolução espacial de 18 metros como mostra a tabela 2. A banda 1 (ultra-azul) é útil para estudos costeiros. A banda 9 é útil para a detecção de nuvens (USGS, 2021). O tamanho aproximado da cena Landsat-8 é de 170 km ao norte-sul por 183 km a Leste-Oeste.

**Tabela 5.** Características dos sensores OLI do satélite Landsat-8. **Fonte:** NASA (2013).

<b>OLI (Operational Land Imager)</b>		
<b>Número Da Banda</b>	<b>Comprimento De onda (µm)</b>	<b>Resolução Espacial(m)</b>
<b>1</b>	0,433-0,453	30
<b>2</b>	0,450-0,515	30
<b>3</b>	0,525-0,600	30
<b>4</b>	0,630-0,680	30
<b>5</b>	0,845-0,885	30
<b>6</b>	1,560-1,660	60
<b>7</b>	2,100-2.300	30
<b>8</b>	0,500-0,680	15
<b>9</b>	1,360-1,390	30

**Missão Land Remote Sensing Satellite (Landsat)**

<b>NASA (National Aeronautics and Space Administration) e USGS (U.S. Geological Survey)</b>									
<b>Instituições Responsáveis</b>									
<b>País/ Região</b>	Estados Unidos								
<b>Satélite</b>	Landsat 1	Landsat 2	Landsat 3	Landsat 4	Landsat 5	Landsat 6	Landsat 7	Landsat 8	Landsat 9
<b>Lançamento</b>	23/07/1972	22/01/1975	05/03/1978	16/07/1984	01/03/1984	05/10/1993	15/04/1999	11/02/2013	27/09/2021
<b>Local de Lançamento</b>	<i>Vandenberg Air Force Base</i>	<i>NASA Kennedy Space Center (KSC)</i>	<i>Vandenberg Air Force Base</i>						
<b>Veículo Lançador</b>	Delta 900	Delta 2910	Delta 2910	Delta 3920	Delta 3920	Titan II	Delta-II	Atlas-V 401	Atlas- V 401
<b>Situação Atual</b>	Inativo (06/01/1978)	Inativo (25/02/1982)	Inativo (31/03/1983)	Inativo (1993)	Inativo (22/11/2011)	Inativo (05/10/1993)	Inativo (Interrompeu no Brasil em 31/05/2003)	Ativo	Ativo
<b>Órbita</b>	Polar, helios-síncronas	Circular	Polar, helios-síncronas						
<b>Altitude</b>	917 Km	917 Km	917 Km	705 Km	705 Km	705 Km	705 Km	705 Km	705 Km
<b>Inclinação</b>	99.2°	99.2°	99.2°	98.20°	98.20°	98.20°	98.20°	98.20°	98,20°
<b>Tempo de Duração da Órbita</b>	103.3 min	103.3 min	103.3 min	99 min	99 min	98.9 min	98.9 min	99 min	99 min
<b>Horário de Passagem</b>	9:30 AM	9:30 AM	9:30 AM	9:45 AM	9:45 AM	10:00 AM	1:00 AM	1:40 PM	1:40 PM
<b>Período de Revisita</b>	18 dias	18 dias	18 dias	16 dias	16 dias	16 dias	16 dias	16 dias	16 dias
<b>Tempo de vida Projetado</b>	1ano	1 ano	1 ano	3 anos	3 anos	5.d	5 anos	5 anos	5 anos
<b>Instrumentos Sensores</b>	RBV e MSS	RBV e MSS	RBV e MSS	MSS e TM	MSS e TM	ETM	ETM+	OLI e TIRS	OLI-2 e TIRS-2

**Tabela 6:** Características dos satélites Landsat. **Fonte:** (USGS, 2021).

<b>Landsat 1</b>	Lançado em 23/07/72	Desactivado em 06/01/78
<b>Landsat 2</b>	Lançado em 22/01/75	Desactivado em 22/02/82
<b>Landsat 3</b>	Lançado em 05/03/78	Desactivado em 31/03/83
<b>Landsat 4</b>	Lançado em 16/07/82	Semi-desactivado
<b>Landsat 5</b>	Lançado em 01/03/84	Activo até o momento
<b>Landsat 6</b>	Lançado em 05/10/93	Perdido após o lançamento
<b>Landsat 7</b>	Lançado em 15/04/99	Activo até o momento, mas com anomalias
<b>Landsat 8</b>	Lançado em 11/02/2013	Activo até o momento
<b>Landsat 9</b>	Lançado em 27/09/2021	Activo até o momento

De acordo com Ferrão (2005) a primeira geração do programa Landsat, composta de 3 satélites, Landsat 1-2-3, tinha 2 instrumentos: a Câmara RBV e o MSS, em razão de problemas técnicos no RBV e da superioridade técnica do MSS com 4 bandas, do ponto de vista espectral e radiométrico, o sensor RBV foi muito pouco utilizado. Segundo o mesmo autor, segunda geração foi iniciada em 1982 com o lançamento do satélite Landsat 4, que levou a bordo o instrumento TM do MSS, o Landsat 5, de acordo com as previsões técnicas baseadas na performance actual do satélite, deverá operar por mais alguns anos, o Landsat 6 foi infelizmente perdido logo após o seu lançamento e o Landsat 5 marca o início da terceira geração do programa Landsat, abordo o sensor ETM+ com 8 bandas.

Segundo (USGS, 2021), Landsat 8 leva dois sensores: o OLI e Sensor TIRS, ambos de qual provê sinal melhorado a relação ao ruído e 16 bits resolução radiométrico, produtos OLI consistem de nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 e 9), a banda 8 do instrumento OLI é a pancromática, possui resolução espacial de 18 metros. Segundo a mesma fonte as faixas térmicas do instrumento TIRS são úteis no fornecimento de temperaturas de superfície mais precisas e os dados são coletados no pixel de 100 metros, a banda 1 (ultra-azul) é útil para estudos.

## Material e Métodos

Neste capítulo são descritos os materiais e a metodologia aplicada neste estudo.

### 4.1. Material

Com vista a alcançar os objectivos deste trabalho, foram obtidos dados vectoriais e *raster*. Para a monitoria da alteração da linha da costa no PA de Zongoene, foram adquiridas três imagens de satélite Landsat correspondentes aos anos de 2003, 2013 e 2023 respectivamente.

As imagens do satélite Landsat são disponibilizadas gratuitamente na página de *United States Geological Survey* (USGS). Foi também necessária a obtenção de dados da divisão administrativa do País, para que sirva como base para a extração da área de estudo, dados esses que foram fornecidos pelo Centro Nacional de Cartografia e Teledeteção (CENACARTA).

**Tabela 7:** Características dos dados adquiridos.

Dados	Formato	Modelo	Fonte	Estação/ Período	Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Resolução Temporal
Imagem Landsat 5 TM- 1993	<i>Geotiff</i>	Matricial	USGS	Est. Seca (Jun–Ago)	30	8	16 dias
Imagem Landsat 5 TM- 2003				Est. Seca (Mai–Jul)			
Imagem Landsat 5 TM- 2013				Est. Seca (Jun–Ago)			
Imagem Landsat 8 OLI- 2023				Est. Seca (Mai–Set)			
Divisão Administrativa	<i>Shapefile</i>	Vectorial	CENACARTA	Gratuita			

### 4.2. Pré- Processamento

O pré-processamento das imagens consistiu na aplicação de técnicas de correcção e reprojecção para garantir a compatibilidade espacial e a precisão na análise multitemporal. Inicialmente, foram corrigidas as distorções espaciais inerentes às imagens de satélite, resultantes de factores como rotação da Terra, variação de altitude da plataforma e efeitos atmosféricos.

Em seguida, todas as imagens Landsat e variáveis espaciais utilizadas no estudo foram reprojectadas para o sistema de referência **WGS 1984 UTM Zona 36S**, de forma a assegurar o alinhamento espacial e

facilitar a sobreposição das diferentes séries temporais. Este procedimento foi essencial para garantir a coerência dos dados geográficos e a fiabilidade das análises subsequentes.

#### **4.3. Processamento**

O processamento das imagens foi realizado no software Arcgis versão 10.3 utilizando-se o sistema de coordenadas UTM, Zona 36 Sul. O processamento dos dados para o Mapeamento da influência da actividade antrópica na zona costeira, mapeamento das feições morfológicas assim como a linha de costa podem ser utilizadas diferentes metodologias dependendo do tipo de dados que serão utilizados bem como a finalidade do estudo. Para o alcance dos objectivos do presente estudo, fazer-se-á o uso de três, metodologias, nomeadamente análise de proximidade, Classificação Supervisionada de Imagens e o Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI).

#### **4.4. Metodologia para o Mapeamento da Influência da Actividade Antrópica na Zona Costeira**

Nesta etapa fez-se a análise de proximidade que foi utilizada para obtenção do grau de influência de algumas actividades antrópicas sobre a zona costeira. Antes de implementar as técnicas para a análise houve necessidade de definir a zona costeira que será usada ao longo de trabalho, neste caso, “zona costeira” pode ser entendida como uma Porção do território que é directa ou indirectamente influenciada pelo mar com uma extensão de 500m para o lado da terra a partir da linha de costa e 500m para o lado do mar a partir da linha de costa como ilustra a figura 9.

Após a definição da zona costeira, foi inserida no ArcMap a base cartográfica referente às aldeias e vias de acesso que fazem parte do Posto Administrativo de Zongoene. A base cartográfica correspondente às vias de acesso tem disponível somente as principais vias de acesso (estradas principais) daí que houve a necessidade de recorrer a técnica da vectorização onde, foi possível vectorizar através da imagem Landsat correspondente ao ano de 2023 as vias de acesso visíveis na mesma (estradas secundarias e ruas).

Feita a vectorização das vias de acesso, recorreu-se a técnica “*Multiple Ring Buffer*” do software Arcgis 10.3 de modo a definir as unidades das distâncias a serem aplicadas para cada análise. Feito o buffer, os resultados apresentaram-se com um número elevado de pixéis causando distorções nos resultados, portanto, foi necessário habilitar a ferramenta “*Rasample*” para reduzir o número de píxeis. Para avaliar o grau de influência foi necessário reclassificar os resultados do *Multiple Ring buffer* de acordo com as informações das distâncias definidas para a análise.

#### **4.5. Metodologia para o Mapeamento das Feições Morfológicas**

Antes de aplicar as técnicas para o Mapeamento das feições morfológicas, houve necessidade de delimitar área de interesse e dividi-la em dois sectores (vide a figura 9). A divisão dos sectores está aliada ao facto

de que os dados a serem usados (Imagens Landsat) tem uma extensão que cobre não só a área de estudo mas que vai desde a praia de Bilene até Zandamela. Para uma boa análise dos resultados, foi alterado o norte geográfico de modo a colocar a imagem numa posição que facilita a compreensão do comportamento das feições morfológicas.

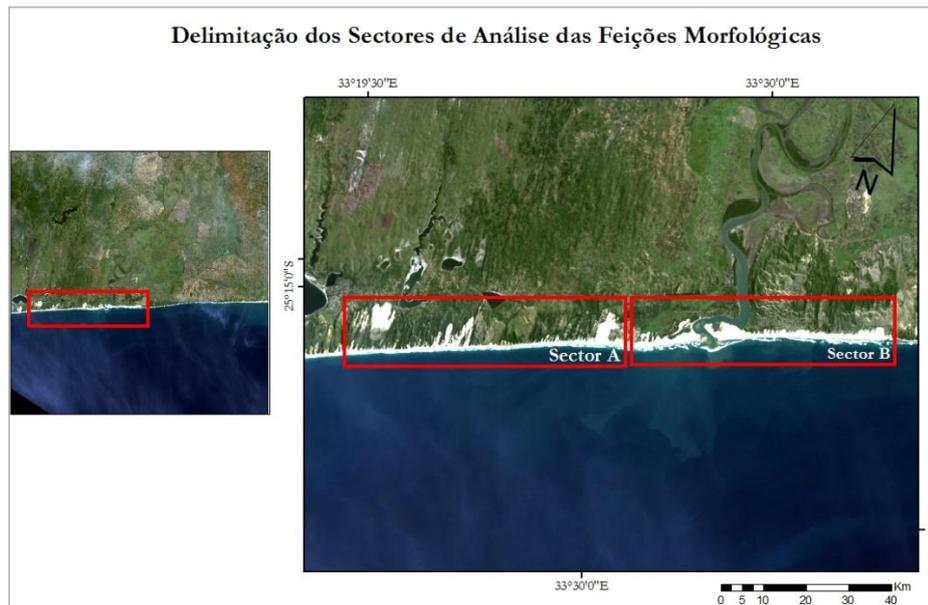


Figura 9. Mapa da Delimitação dos Sectores de Análise das Feições Morfológicas. Imagem Landsat 8 (Senor OLI, 2023).

Feita a delimitação dos sectores de interesse, fez-se uma classificação de imagens de satélite que foi utilizada para obtenção de padrões dos tipos de superfície terrestre, por intermédio da extracção de informações importantes nas imagens, de forma automatizada, para criação de mapas digitais temáticos da unidade de estudo. O resultado final da classificação é uma imagem digital formada por um mapa de pixéis classificados, representando os padrões homogéneos de classes de alvos (mapa digital temático). Antes de prosseguir com a implementação dos métodos de classificação, houve necessidade de classificar as imagens em duas classes:

- **“Água”** onde estão incluídos corpos lagunares e rios;
- **“Terra”** onde estão incluídas as dunas costeiras e a cobertura vegetal.

O processamento digital de imagem, associa-se a cada píxel a assinatura espectral mais similar. Portanto, a classificação supervisionada compreende em definir as feições morfológicas, amostrar e criar assinaturas dos pixels considerados da mesma classe, para assim aplicar o método de classificação de probabilidade máxima e, por fim, realizar a filtragem e refinamento dos agrupamentos.

Prioritariamente realizou-se a selecção das amostras de treinamento com base em quatro classes informacionais (Dunas, Cobertura Vegetal, Rios e Corpos Lagunares). O número de amostras de treinamento por classe foi estabelecido considerando o critério de que este número deveria ser de cinco a dez, sendo que para este estudo utilizou-se o número de sete amostras de treinamento por classe. De seguida, para cada classe, foram seleccionados sete amostras representativa afim de colher e agrupar as amostras. As amostras representativas foram digitalizadas para polígono e por fim fez-se a classificação.

#### 4.6. Metodologia para o Mapeamento da Linha da Costa

Antes de aplicar as técnicas para o Mapeamento da Linha da Costa, houve também a necessidade de delimitar área de interesse e dividi-la em três sectores (vide a figura 10) pois, extracção da mesma é de difícil compreensão devido a sua dinâmica. Neste caso, houve necessidade de alterar a orientação do norte geográfico de modo a colocar a imagem na vertical pois esta facilitará na interpretação dos resultados.



Figure 10: Delimitação dos Sectores de Análise da Zona Costeira. Imagem Landsat 8 (Sensor OLI, 2023)

Antes de implementar qualquer método de classificação, com o objectivo de classificar as imagens em duas classes, “terra” e “água”, dois aspectos, para extracção da linha de costa posterior, foram levados em consideração:

- Classe “terra” incluirá áreas de areia, praias e dunas de areia;
- Zona intertidal deve ser classificada com “água”;
- Zona intertidal considerada como terra deve ser mínima ou nenhuma.

A zona intertidal (entre-marés) situa-se entre o nível mais alto da praia-mar e o nível mais baixo da baixa-mar, apresentando condições ambientais variáveis devido a emersões e imersões alternadas como resultado do ciclo das marés (Vieira *et al.*, 2010). Como ilustra a tabela 7, as imagens foram adquiridas em diferentes estações e diferentes períodos, daí que não há informações que mostram que a maré estava alta ou baixa. Como tal, esta foi considerada como classe de água.

Para classificar as imagens e delinear o litoral recorreu-se a discriminação da interface terra e água onde, para imagens Landsat 5 foram usadas a banda 2 (verde) e banda 7 (Infravermelho Médio) e, para as imagens Landsat 8 foram usadas a banda 3 (verde) e banda 7 (Infravermelho Médio) respectivamente. Desse modo, os valores de NDWI variaram entre -1 e 1. Sendo assim, para  $NDWI \geq 0$  tem-se áreas com presença de água e, para  $NDWI \leq 0$  não ocorre a presença de água na superfície do terreno. O resultado do índice de diferença normalizada da água (NDWI) foi obtido através do cruzamento das bandas. Embora as imagens sejam produtos de satélites diferentes, a fórmula da equação utilizada foi a mesma:

$$MNDWI = \frac{GREEN - MIR}{GREEN + MIR}$$

Com base nesse procedimento chegou-se aos valores do índice de diferença normalizada da água nos períodos pré-determinados. Os dados numéricos foram realçados com atribuição de falsa cor, composições coloridas que destacam os objectos de observação, e com a utilização de outras ferramentas para melhorar a análise dos dados em questão. Posteriormente, foi feita uma reclassificação sobre as imagens MNDWI para criar duas classes, terra e água e gerou-se assim um mapa raster onde, converteu-se de raster para polígono e de polígono para linha e a partir da qual o litoral foi extraído directamente.

#### 4.7. Fluxograma metodológico

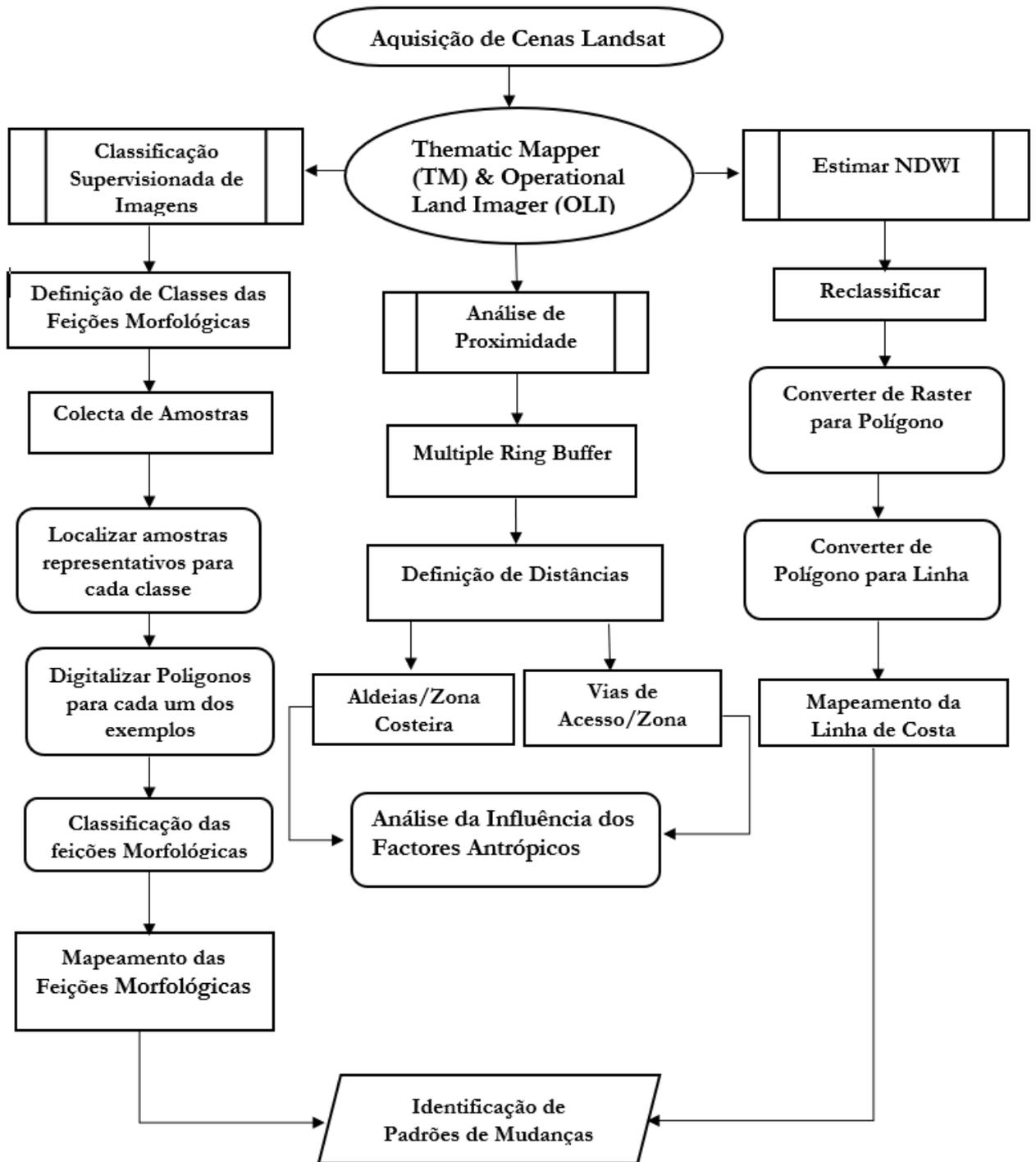


Figura 11. Fluxograma metodológico do presente estudo.

## Resultados e Discussão

O presente capítulo apresenta a análise e a discussão dos resultados obtidos a luz da metodologia descrita no quarto capítulo desta pesquisa.

### 5.1. Mapeamento da Influência da Abertura das Vias de Acesso sobre a Zona Costeira

O Mapa da Influência das Vias de Acesso sobre a Zona Costeira, desenvolvido através de uma análise de proximidade, delinea as principais áreas afetadas por essas infraestruturas. As vias de acesso exercem um impacto significativo sobre as zonas costeiras, especialmente devido à proximidade de comunidades e à implementação de complexos turísticos. Para otimizar o deslocamento para áreas de interesse, é essencial a abertura de vias de acesso secundárias.

A análise revela que as vias localizadas a 100 m da zona costeira possuem um alto grau de influência, pois se encontram em áreas com concentrações significativas de recursos costeiros, resultando em maior pressão sobre estas regiões. Por outro lado, as vias que se situam a 200 m da costa apresentam um grau de influência moderado, ainda por estarem em regiões adjacentes à zona costeira. De acordo com o constatado, a abertura de vias de acesso entre 2002 e 2008 resultou no desaparecimento de dunas em certas localidades. Essa intervenção ocorreu sem a realização de estudos de impacto ambiental, e na época havia pouca conscientização sobre os efeitos ambientais associados.

Conforme Louro (2005), o uso de veículos 4x4 impacta significativamente a dinâmica das praias e dunas, afetando a vegetação, a geomorfologia e a biodiversidade local, incluindo espécies como aves costeiras, caranguejos e tartarugas marinhas.

### 5.2. Mapeamento da Linha da Costa

Os mapas de Variação da Linha de Costa, derivados do cálculo do Índice Normalizado de Água (NDWI) utilizando dados dos sensores TM e OLI, evidenciam mudanças significativas ao longo dos 30 anos analisados. As alterações na Linha de Costa do Posto Administrativo de Zongoene são notórias, refletindo a natureza dinâmica da costa moçambicana, conforme apontado por Hogueane (2007). Esta região está sujeita a mudanças rápidas, influenciadas tanto por fenômenos climáticos quanto por atividades antrópicas.

A linha de costa nas áreas adjacentes às desembocaduras exemplifica a extrema dinâmica das zonas costeiras, que sofrem alterações em intervalos de tempo curtos, independentemente da intervenção humana, embora tais mudanças possam ser aceleradas por estas (Araújo, 2017). As variações observadas

durante o período de estudo permitem a identificação de três sectores com comportamentos distintos, conforme ilustrado na tabela 6. Os valores positivos indicam avanço da linha de costa, enquanto os valores negativos refletem recuo.

Tabela 8: Delimitação dos Sectores de Análise da Linha de Costa

<b>Período</b>	<b>Sector A</b>	<b>Sector B</b>	<b>Sector C</b>
<b>1993 - 2003</b>	120 m	220 m	125 m
<b>2003 - 2013</b>	150 m	213 m	189 m
<b>2013 - 2023</b>	-139 m	-239 m	-226m
<b>1993 - 2023</b>	5 m	40 m	18 m

### **Sector A: Modificações da Linha de Costa**

O Sector A apresenta a maior estabilidade em relação aos Setores B e C. Nos últimos anos, verificou-se um avanço médio de 5 m nesta área (Tabela 8), com um máximo de 150 m registrado entre 2003 e 2013. Enquanto que, de 2013 a 2023, observou-se um recuo significativo de -139 m, resultado do aumento na deposição de sedimentos na barra arenosa, o que contribuiu para a erosão das dunas adjacentes.

### **Sector B: Desembocadura do Rio**

O Sector B abrange a desembocadura do rio e é caracterizado por apresentar as mais drásticas modificações na posição da linha de costa. Este setor registrou um avanço médio de 40 m (Tabela 8). As maiores alterações ocorreram entre 1993 e 2003, com um máximo de 220 m, seguido por um avanço de 213 m entre 2003 e 2013. Esses avanços são atribuídos ao facto de a região ser um ponto de confluência e estar sujeita a grandes flutuações ambientais, como ciclos de maré, salinidade e temperatura. Além disso, as tempestades registradas em 2003 e 2013 provocaram inundações que afectaram o nível médio das águas nesta área. Entretanto, entre 2013 e 2023, o setor enfrentou um recuo de -239 m, impulsionado pelo crescimento de pontais arenosos e pela redução da energia da carga fluvial nos últimos anos.

### **Sector C: Estabilidade da Linha de Costa**

O Sector C demonstra uma considerável estabilidade, com um avanço médio de 18 m (Tabela 8) e um máximo de 189 m observado entre 2003 e 2013. No entanto, no período de 2013 a 2023, registrou-se um recuo de 220 m, também resultante do aumento na deposição de sedimentos na barra arenosa, o que contribuiu para a erosão das dunas existentes.

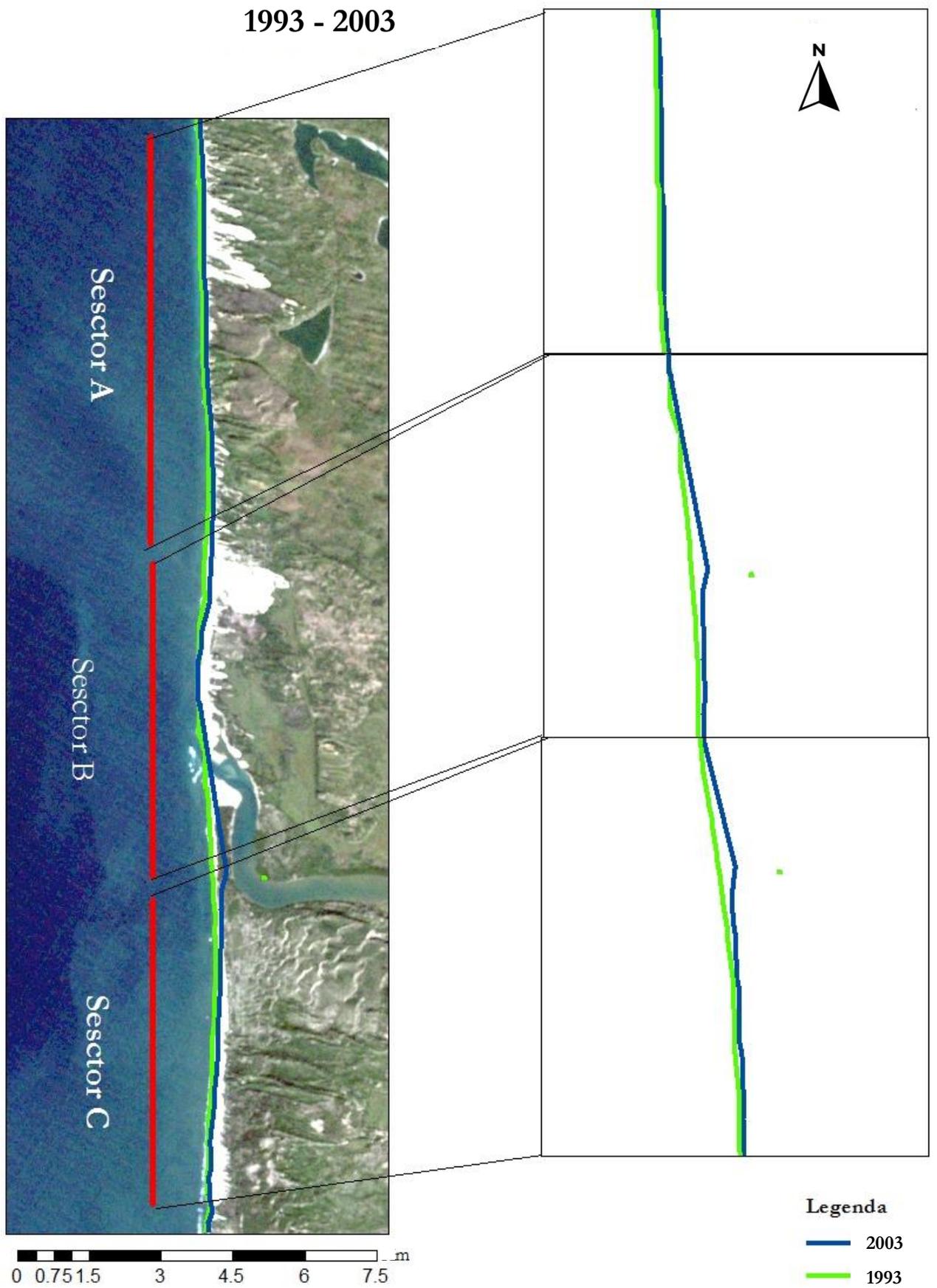
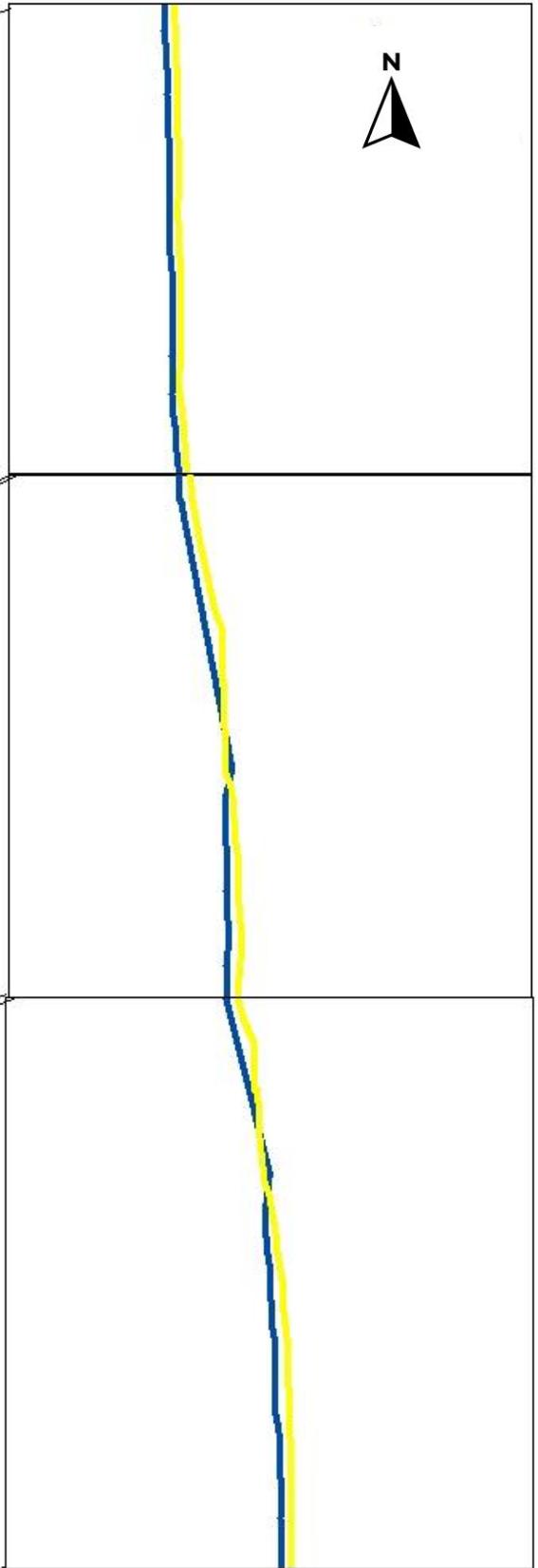
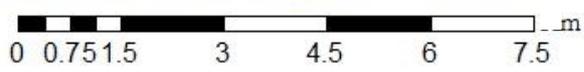


Figura 12: Avanço e Recuo da linha da costa para os anos compreendidos entre 1993 a 2003

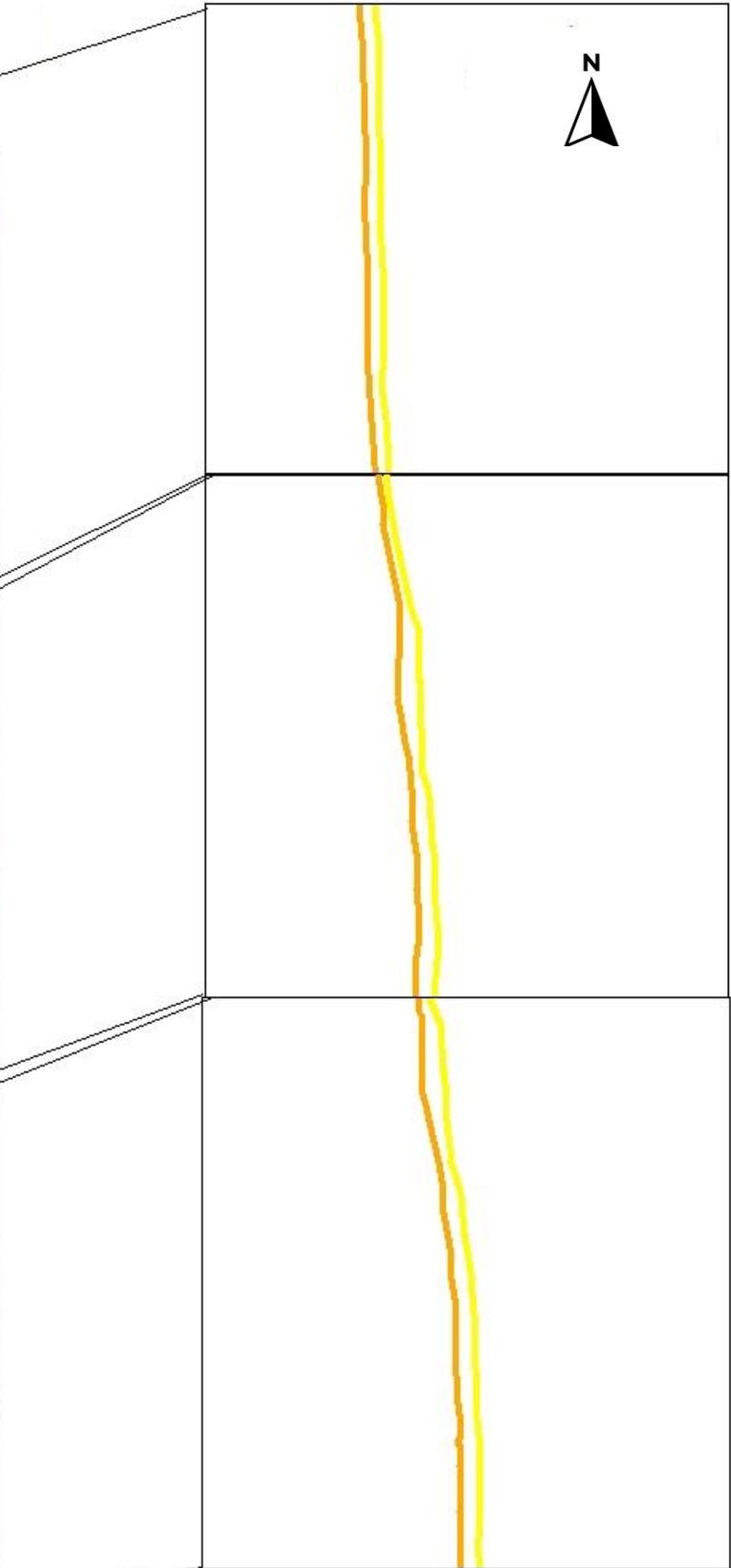
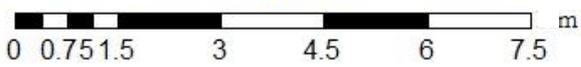
2003 - 2013



Legenda

- 2013
- 2003

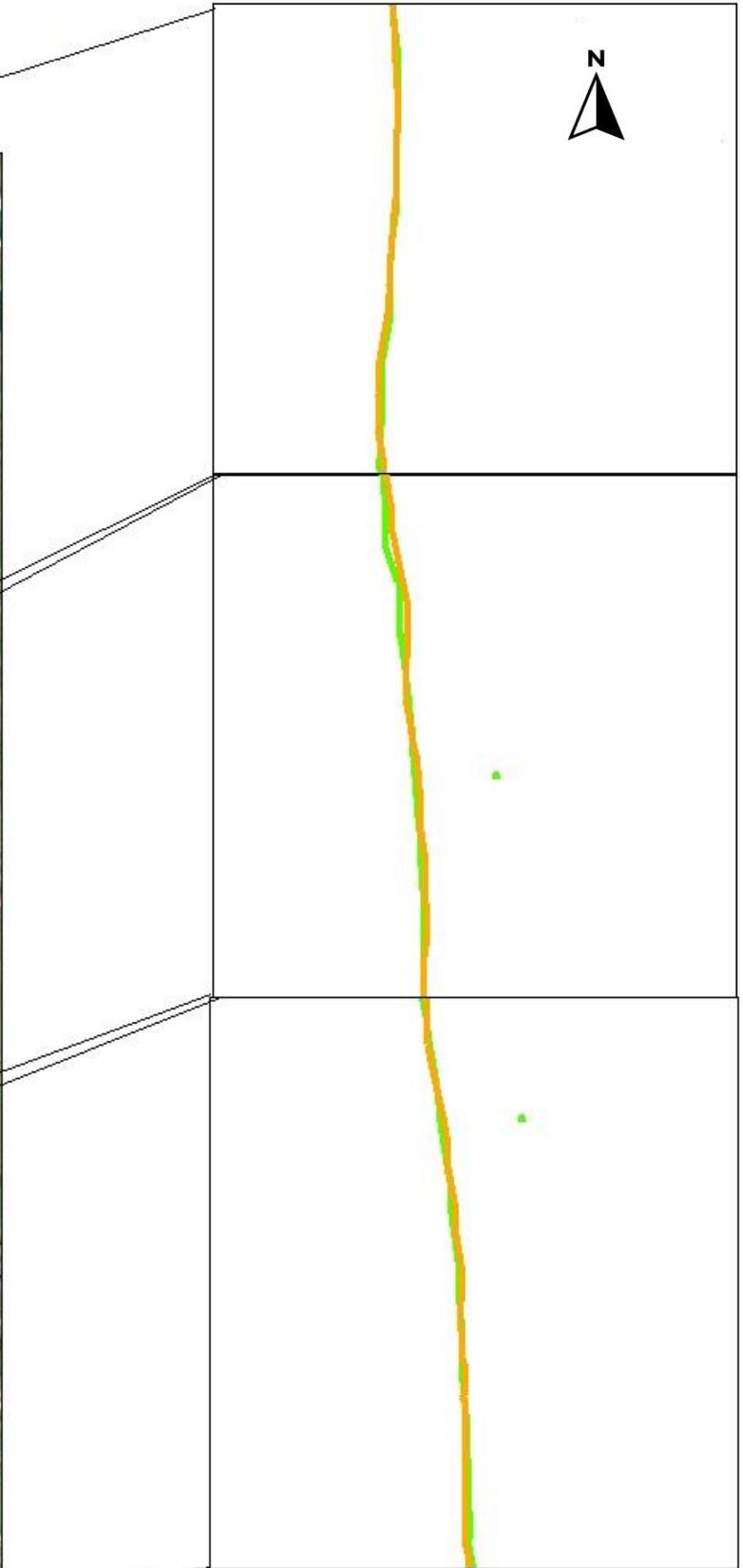
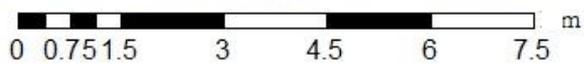
2013 - 2023



**Legenda**

- 2023
- 2013

1993 - 2023



**Legenda**

- 2023
- 1993

## Conclusões e Recomendações

### 6.1. Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho levam a várias conclusões importantes sobre a evolução da zona costeira do Posto Administrativo de Zongoene. Primeiramente, a dinâmica dessa área está intimamente relacionada a factores naturais e antrópicos. Os factores naturais incluem as mudanças climáticas globais, que tornam a zona costeira mais susceptível a eventos extremos, como tempestades e elevação do nível das águas de rios e mares. Essa situação resulta em inundações, erosão e perda de habitat. Embora as inundações tenham uma origem natural, suas consequências são frequentemente acentuadas por actividades humanas, especialmente considerando o aumento da densidade populacional na região, que leva à degradação dos ecossistemas costeiros. O impacto dessa pressão sobre os ecossistemas é sério, com a erosão sendo uma consequência comum e preocupante.

Ademais, a pressão exercida nesta região torna os ecossistemas ecologicamente sensíveis, ressaltando a necessidade de uma análise detalhada do estado atual de conservação deles. Entre os ecossistemas que requerem maior atenção estão os mangais, as dunas costeiras, as praias arenosas e os recifes de corais, cujas condições estão ameaçadas por acções humanas que podem resultar em problemas futuros para a zona costeira.

Através do mapeamento das feições morfológicas da região, foram observados padrões de mudança ao longo do período de análise. Esse mapeamento revelou como o corpo lagunar se comporta em relação às inundações ocorridas nos anos de 2003 e 2013, período em que houve uma alteração significativa no curso natural da foz do rio. O tamanho da laguna varia ao longo do tempo, facilitando o crescimento de pontais arenosos. Além disso, as inundações impactaram diferentes partes da região, com uma área sofrendo erosão em decorrência dos processos fluviais, enquanto a região das dunas experimentou erosão provocada por processos eólicos.

Por fim, a análise da linha de costa demonstrou que suas modificações são directamente influenciadas pelos processos que ocorrem na região. A divisão da área em sectores permitiu uma melhor compreensão das mudanças entre as áreas afectadas pela desembocadura do rio e aquelas influenciadas pelo crescimento de barras arenosas. Na região da desembocadura, as alterações na linha de costa estão associadas à energia do fluxo da foz do rio e às correntes de maré, sendo que as modificações mais significativas ocorreram nos períodos de inundações. Por outro lado, nos sectores afectados pelo crescimento das barras arenosas, as modificações mostraram-se mais estáveis, apresentando períodos de avanço médio e recuo na posição da linha de costa.

## Referências Bibliográficas

- Alfredo, I. J. (2015). DETECÇÃO REMOTA E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADOS NA ANÁLISE MULTI-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DA CIDADE DE MAPUTO. Maputo: UEM.
- Achimo, M., Motta, H., & Chemane, D. (1997). Vulnerability of coastal resources to climate changes in Mozambique: A call for integrated coastal zone management. *Ambio*, 26(7), 495–503.
- Alfredo, I. J. (2015). Detecção remota e sistema de informação geográfica aplicados na análise multi-temporal da cobertura vegetal da cidade de Maputo. Maputo: UEM.
- Araújo, J. (2017). Dinâmica das Zonas Costeiras: Impactos e Respostas das Comunidades. Editora do Ambiente.
- Almeida, C., & Cruz, S. (2013). Avaliação das taxas de variação da linha de costa através de imagens orbitais e levantamento GPS na praia de riacho doce Maceió. AL. Alagoas.
- Araujo, R. S., et al. (2013). Georreferenciamento De Fotografias Aéreas E Análise Da Variação Da Linha De Costa.
- Brezolin, P. T. (2011). Análise da variação e estabilidade da linha de costa da praia da armação, florianópolis- litoral sul da ilha de santa catarina. Itajaí: UNIVALI.
- Brigatti, N. (2008). Variação do nível do mar associada às situações sinóticas na gênese dos episódios extremos no município de Ubatuba/SP. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA.
- Brito, P. J. (2009). Impactos da elevação do nível médio do mar em ambientes costeiros: O caso do estuário do Sado. Portugal: Universidade de Lisboa.
- Ferrão, M. F. (2005). Manual de Teledetecção Fascículo I: Satélites e Princípios Físicos da Teledetecção. Maputo: CENACARTA.
- Harvey, N. (2010). Coastal management in Australia. Adelaide: University of Adelaide Press.
- Hoguane, A. M. (2007). Perfil diagnóstico da zona costeira de Moçambique. Maputo: MICOA.
- Olaya, V. (2018). Introduction to GIS. London: CreateSpace.

- Santos, A. R. (2013). Apostila de detecção remota. Alegre.
- Santos, M. S., et al. (2015). Metodologia para mapeamento de vulnerabilidade costeira à elevação do nível médio do mar em escala local. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 21(4), 691–705.
- Woodroffe, C. D. (2002). *Coasts: Form, process and evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Araújo, J. (2017). *Dinâmica das Zonas Costeiras: Impactos e Respostas das Comunidades*. Editora do Ambiente.
- Almeida, C., & Cruz, S. (2013). Avaliação das taxas de variação da linha de costa através de imagens orbitais e levantamento GPS na praia de riacho doce Maceió . AL. Alagoas.
- Araujo et al, R. S. (2013). Georreferenciamento De Fotografias Aéreas E Análise Da Variação Da Linha De Costa.
- Brezolin, P. T. (2011). Análise da variação e estabilidade da linha de costa da praia da armação, Florianópolis- litoral sul da ilha de santa catarina. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí- UNIVALI.
- Brigatti, N. (2008). VARIACÃO DO NÍVEL DO MAR ASSOCIADA ÀS SITUAÇÕES SINÓTICAS NA GÊNESE DOS EPISÓDIOS EXTREMOS NO MUNICÍPIO DE UBATUBA/SP. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA.
- Brito, P. J. (2009). Impactos da elevação do nível médio do mar em ambientes costeiros: O caso do estuário do Sado. Portugal: Universidade de Lisboa.
- Carvalho, B. C. (2016). Utilização de Imagens de Satélite Landsat para Análise da Variabilidade Morfológica de Pontais Arenosos na Planície Costeira de Caravelas (Ne do Brasil) .
- CFM, C. d. (2007). Estudo Ambiental Simplificado da Dragagem do Canal de Acesso ao Porto da Beira. Província de Sofala.
- Chacanza, M. S. (2022). ANÁLISE DA VARIACÃO DA LINHA DE COSTA NO TRECHO ENTRE AS PRAIAS DE PEROBA E REDONDA NO MUNICÍPIO DE ICAPUÍ-CEARÁ, BRASIL, A PARTIR DE IMAGENS DE SATÉLITE APLICANDO O DSAS. UNESP: revista geociências .
- Chahdi, H. (2017). Apports des ontologies à l'analyse exploratoire des images satellitaires.
- Chale, F. M. (2015). Gestão de Conjuntos em Moçambique: o caso da Baixa da Cidade da Beira. Maputo: UEM.

- Chimangue, D. B. (2018). Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica para o Mapeamento da Vulnerabilidade Costeira da Baía de Maputo. Maputo: UEM.
- Coelho, C., & Pinto, P. (2018). Definição das condições de risco de cheia, incêndios florestais, erosão costeira e industriais na área de intervenção da AMRIA. . Relatório inal de erosão costeira. 37p.
- Coelho, C., Alves, A. F., & Pinto, P. (2017). Definição das condições de risco de cheia, incêndios florestais, erosão costeira e industriais na área de ntervenção da AMRIA. . Aveiro.
- Cunha, C. S., Silveira, P. O., & Ruhoff, A. L. (2019). Índices de Vegetação, Água e Temperatura Utilizados na Busca de Padrões em Diferentes Classes DE uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria-RS entre 1990 A 2017. Anais Do XIX Simposio Brasileiro Remoto, 2868–2871.
- Cunha, E. (2010). CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ZONA COSTEIRA. Brasil.
- Delamare, T. O., Simon, A. L., & Sato, S. E. (2015). Dinâmica de uso da terra e alterações na linha de costa lagunar: estudo em uma Colônia de Pescadores de Pelotas. Brasil: Revista de Gestão Costeira Integrada, 15(2), 237–248. <https://doi.org/10.5894/rgci543> .
- Dias, J. M. (2019). Estudo de avaliação da situação ambiental e proposta de medidas de salvaguarda para a faixa costeira portuguesa (geologia costeira). Universidade do Algarve.
- EOS, E. O. (2020). Monitoramento De água Baseado Em Satélite. Obtido de Earth Observing System: <https://eos.com/pt/blog/monitoramento-de-agua-baseado-em-satelite/>.
- Epifânio et al, B. M. (2013). Instabilidade de Arribas e Avaliação da Perigosidade no Litoral da Lourinhã. Universidade de Lisboa Instituto.
- Fernandes, R. R. (2012). Uso De Geotecnologias No Mapeamento Do Uso Da Terra E Estudo De Fitofisionomias Em Áreas Úmidas Na Região Do Médio Araguaia. Universidade Federal de Mato. Geomorfologia costeira, (testimony of Aracy Losano Fontes).
- Ferrão, M. F. (2005). Manual de Teledetecção Fascículo I: Satélites e Princípios Físicos da Teledetecção CENACARTA.
- Ferreira, N. C. (2006). APOSTILA DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS. GOIÂNIA.
- Ferreira, T. A. (2019). APLICAÇÃO DE SISTEMA DE ANÁLISE DE LINHA DE COSTA (DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM) PARA AVALIAÇÃO DE MUDANÇAS COSTEIRAS NO DELTA DO PARNAÍBA. Natal: UFRN.

- Filipe, B., & Guimarães, C. (2012). Erosão Costeira e Produção de Blocos Para Obras de Proteção Com Enrocamento.
- Fortunato, A., Clímaco, M., Oliveira, F., Oliveira, A., Sancho, F., & Freire, P. (2008). Dinâmica Fisiográfica da Orla Costeira: Estudos de Reabilitação e Protecção. Portugal: Revista da Gestão Costeira Integrada 8(1):45-63.
- Gonçalves et al, R. M. (2012). O Laboratório de Cartografia Costeira da UFPE, Criação da Página na Internet e suas Generalidades. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias Da Geoinformação, 2010, 1–6.
- Hogwane, A. (2007). Modificações da Linha de Costa em Moçambique: Estudo de Casos em Áreas Costeiras. Universidade de Maputo
- Izaque, A. S. (2019). Estudo da Morfodinâmica Sedimentar na Praia de Wimbi na Província de Cabo Delgado (2006 - 2018). Quelimane.
- Krueger, C. P., CENTENO, J. A., MITSHITA, E. A., VEIGA, L. A., FILHO, C. A., JUBANSKI, J. J., & URAKAWA, M. J. (2002). DETERMINAÇÃO DA LINHA DE COSTA NA REGIÃO DE MATINHOS (PR) ATRAVÉS DE DIFERENTES MÉTODOS. São Paulo: Anais do Simpósio Brasileiro de Geomática p.206-211.
- Langa, J. Q., & Gomes, F. V. (2001). Erosão Costeira da Cidade de Maputo Causas, Impactos Ambientais e Monitorização. II Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia.
- Louro, F. (2005). O impacto do turismo no ambiente costeiro: uma análise crítica. Revista de Estudos Ambientais, 12(3), 45-58.
- Luís, A. d. (2011). Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica e Detecção Remota no Monitoramento do Mangal. GuGIK.
- Machado, R. P. (2011). Análise espacial e Geoprocessamento. .
- MAE, M. d. (2005). Perfil do Distrito de Chokwé. Beira.
- Maluvane, L. E. (2021). AS PAISAGENS CULTURAIS NO CONTEXTO DA PRESERVAÇÃO DOS CONCHEIROS DE CHONGOENE, NA COSTA DA PROVÍNCIA DE GAZA, NO SUL DE MOÇAMBIQUE. Maputo: UEM.
- Manuel, A. F. (2015). ANÁLISE DA PERIGOSIDADE DE TSUNAMI PARA A CIDADE DA BEIRA, MOÇAMBIQUE. Lisboa: UL.

- Manuela, M. (2003). Utilização De Detecção Remota Para A Monitorização Temporal . IEEE Transactions on Signal .
- Marizane, E. J. (2020). Monitorização da Alteração da Linha da Costa Oceânica com Recurso a Detecção Remota . Maputo: UEM.
- Marques, W. R. (2006). De Alta Resolução Para O Planejamento Do Ecoturismo No Morro Do Elefante. Santa Maria / Rs.
- Martins, L. R. (2004). Linha de Costa: problemas e estudos. Porto Alegre: Gravel.
- Martins, L. R., Tabajara, L. L., & Ferreira, E. (2004). Linha de costa: problemas e estudos . Porto Alegre: Gravel ISSN 1678-5975.
- Mazzer, A., & Dillenburg, S. (2009). Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas de sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Medeiros, M. G. (2009). Análise da Evolução da Ocupação da orla Costeira Usando Técnicas de Detecção Remota. Açores.
- MIMAIP. (2019). Elaboração de uma Estratégia para um Sistema de Monitoramento, Controle e Fiscalização(MCS) em Moçambique. Maputo.
- MITADER. (2005). Centro Desenvolvimento Sustentável Zonas Costeiras. Moçambique: <http://www.zonascosteiras.gov.mz/> .
- MITADER. (2016). Estratégia para a Gestão Integrada da Zona Costeira. Maputo.
- Mujovo, M., & Jacob, D. (2022). BEIRA UMA CIDADE ENTRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E CONSTRUÇÕES RESILIENTES.
- Nervino, M. R. (2018). Análise multitemporal do comportamento da linha de costa entre Busca Vida e Praia do Forte, no Litoral Norte do Estado da Bahia - Brasil. Salvador: UFB.
- Nhantumbo, E. S. (2020). Análise diferencial da Ocupação e Utilização do Espaço Suburbano da Beira. Maputo: UEM.
- Nhatsave, P. D. (2015). O ELEITORADO DA CIDADE DA BEIRA E À OPOSIÇÃO: um estudo sócio-histórico do voto aos partidos da oposição (RENAMO e MDM).Das Eleições Locais de 2003 às Eleições Locais de 2013. Maputo: UEM.
- Novo, E. M. (2008). Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. . São Paulo.

- Novo, E. M. (2010). Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações. 4ª edição – 2010, Editora Edgard Blücher.
- Nunes, A. C. (2017). Detecção Automática de Alterações com Imagens de Satélite de Grande e Muito Grande Resolução Espacia.
- Oiveira, M. G. (2009). Análise Da Evolução Da Ocupação Da Orla Costeira Usando Técnicas De Detecção Remota. Universidade dos Açores.
- Olaya, V. (2018). Introduction to GIS. London, England.
- Oliveira, S. (2005). Evolução recente da linha de costa no Troço Costeiro Forte Novo. 137p., Dissertação de Mestrado. Portugal: Universidade de Lisboa.
- Palalane, J., Grifoll, M., & Oliveira, T. (2013). Monitorização e Modelação da Evolução Costeira em Moçambique: Práticas e Desafios. 11 SILUSBA, 11.
- Pinho, T. R. (2019). Turismo e sustentabilidade em comunidades costeiras: reflexões sobre mudanças socioambientais em Jericoacoara (CE) e Barreirinhas (MA). São Paulo: Revista Brasileira de Ecoturismo.
- Pinto, P. M. (2008). SISTEMA DE APOIO À GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS- Aplicação de um modelo para simulação do crescimento urbano no trecho Ovar-Mira . Lisboa: Instituto superior de Estatística e Gestão de informação da Universidade Nova de Lisboa.
- Ray, S. S. (2010). Basic of Remote Sensing. New Delhi.
- Reis, E. M. (2010). Evolução da linha de costa e defesa das zonas costeiras – Análise custo/benefício . Brasil : Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Civil.
- Rocha et al, C. (2016). “Estudo e Análise Da Vulnerabilidade Costeira Face a Cenários de Subida Do NMM Devido Às Alterações Climáticas i . Cenários de Extremos Do Nível Do Mar.” (1): 1–18.
- Rocha, C., Antunes, C., & Catita, C. (2016). Estudo e Análise Da Vulnerabilidade Costeira Face a Cenários de Subida Do NMM Devido Às Alterações Climáticas . Cenários de Extremos Do Nível Do Mar.” (1): 1–18. .
- Samuel, H. M. (2017). Estudo da dinâmica da linha da costa da praia Nova na cidade da Beira desde 2005 a 2016. Maputo: UEM.
- Samuel, H. M. (2017). Estudo da dinâmica da linha da costa da praia Nova na cidade da Beira desde 2005 a 2016. Moçambique Maputo.

- Santos et al, M. S. (2015). Metodologia Para Mapeamento de Vulnerabilidade Costeira à Elevação Do Nível Médio Do Mar (NMM) Em Escala Local. *Boletim de Ciências Geodesicas* 21(4): 691–705.
- Santos, A. R. (2013). *Apostila do Detecção remota*. . Alegre.
- Santos, J. P. (2019). *Linha de Costa e Faixa de Proteção à Erosão Costeira: Estudo de Caso nas Praias do Saco, do Abaís e da Caueira*. Sul de Segipe: Universidade Federal de Sergipe.
- Seara, D. M. (2012). *Encontrando a Linha Divisória: Detecção de Bordas*.
- Silva, M., & Costa, R. (2020). Análise da linha de costa em ambientes dinâmicos: uma abordagem através de SIG e sensoriamento remoto. *Geografia e Sustentabilidade*, 5(1), 35-50.
- Tayob, L. J. (2005). *Análise da Ocorrências da Precipitação Máxima Diária Anual Na Cidade da Beira*. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.
- Uacane, M. S. (2014). *IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTE DA EROSÃO COSTEIRA NA ORLA MARÍTIMA DA CIDADE DA BEIRA (MOÇAMBIQUE)*. Brasil: Revista EDUCAmazônia.
- Uacane, M. S. (2019). *IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTE DA EROSÃO COSTEIRA NA ORLA MARÍTIMA DA CIDADE DA BEIRA (MOÇAMBIQUE)*. Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente, Humaitá.
- USGS. (2013). *Frequently Asked Questions about the Landsat Missions*.
- USGS. (2016). *Department of the interior u.s. Geological survey*.
- USGS. (2021). *Embrapa. (2013). Satélites de Monitoramento*. <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/>.
- Vieira, L. A., Pitombeira, E. d., & Souza, R. O. (1996). *Comprovação das Alterações da Linha de Costa e de Transporte de Sedimentos na Área Costeira do Porto do Pecém*. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 85, 1–17.
- Vieira, L. A., Pitombeira, E. d., & Souza, R. O. (2006). *COMPROVAÇÃO DAS ALTERAÇÕES DA LINHA DE COSTA E DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NA ÁREA COSTEIRA DO PORTO DO PECÉM*. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- Wehrmann, B., & Glavina, J. (2009). *Geographic Information Systems (GIS) The Spatial Dimension to Development Cooperation*. Eschborn /Germany.