



**ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS**

**Erosão na Margem do Estuário dos Bons Sinais - Região das  
Gazelas no Distrito de Quelimane**



**Autora:**

Suraya C. Vitaldas

Quelimane, 2019



**ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS**

Monografia para a Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

**Erosão na Margem do Estuário dos Bons Sinais - Região das  
Gazelas no Distrito de Quelimane**

**Autora:**

Suraya C. Vitaldas

**Supervisor:**

Noca B. Furacada Silva (*MSc*)

Quelimane, 2019

## **Declaração de Honra**

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

Quelimane, Maio de 2019

-----  
(Suraya C. Vitaldas)

## Dedicatória

*“O temor do Senhor é o princípio do conhecimento; os loucos desprezam a sabedoria e a instrução”*

(prov.1:7)

*“Mas, buscai primeiro o reino de Deus, e a sua justiça, e todas estas coisas vos serão acrescentadas”* (Mateus 6:33)

Dedico esse trabalho em primeiro lugar à Deus, aos meus pais Armando Carimo Vitaldas e Elisa Gentilal Vitaldas.

## **Agradecimentos**

Tudo quanto tem fôlego louve ao Senhor. Louvai ao Senhor. (Salmos 150:6)

Agradeço primeiramente ao Rei dos Reis, o Senhor dos Senhores, aquele que reina ontem, hoje e amanhã, ao Deus da eternidade, aquele que toda majestade pertence lhe, que é digno de toda honra, glória e toda exaltação.

Ao meu orientador Msc. Noca Bernardo Furaca por ter aceitado ser meu supervisor, mesmo com muitos afazeres sempre teve um tempo pra mim, louvo a Deus pela sua vida.

Aos docentes da Escola Superior Ciências Marinhas e Costeira (ESCMC) pelos ensinamentos e por darem o seu melhor para o meu aprendizado e a todo corpo da ESCMC.

Aos meus irmãos: Vanita, Carimo e Djetty.

Ao meu namorado José Cambule pela motivação.

À família Vitaldas e Maholele, ao MIEG- ministério internacional evangelho da graça pelas orações.

Aos meus companheiros da batalha, Sebastião Mariquel, Fernanda Cadeado e Carlota Covane, pelo suporte, comunhão, cumplicidade, ensinamento e por terem me suportado durante esta caminhada.

Aos meus colegas de Geologia 2015 em especial, Adélia, Alcardina, Geraldo, Luís, Adriano, Felismino, André, Chakanga, Nelson, Augusto, Alberto, Fátima, Muatama pelo ensino, comunhão e por muito mais que fizeram durante esses anos todos.

Aos meus colegas: António Cumbe, Leovistonia, Guilcia e Zuneid, enfim quero dizer MUITO OBRIGADO à todos que de alguma forma directa ou indirectamente me apoiaram.

## **Resumo**

A erosão tem sido um dos problemas que têm afetado as regiões costeiras no mundo assim como em Moçambique. A região das Gazela é uma delas que tem sido afetada por este problema a mais de 10 anos. Este problema está a afetar comunidades locais devido à perda de habitações, machambas e espaços de lazer. Um trabalho de campo com objetivo de identificar as causas da erosão nesta região, decorreu no período de maio dezembro de 2018. Foram monitorados vários parâmetros a citar: (i) intensidade das correntes, (ii) altura da maré, (iii) altura das ondas, (iv) intensidade dos ventos, (v) precipitação. Foram colhidos sedimentos para análises granulométricas e os resultados encontrados indicam que na região a velocidade da corrente atinge 123cm/s influenciada pelas marés semidiurnas com desigualdades de 3.5m na maré viva e 1m na maré morta que por vezes geram ondas de 0,4.m de altura. Do levantamento topográfico efetuado numa extensão de 70m indica que a região apresenta um declive suave de 2,45° no qual predominam sedimentos de areia muito fina. Das análises efetuadas indicam que apesar da ação das ondas, a fragilidade do transporte de sedimento devido as descargas pluviométricas, a velocidade da corrente é que tem sido o maior agente causador da erosão. Recomenda-se às autoridades competentes na tomada de decisão para a diminuição desta erosão, isto porque desde 2002 a dezembro de 2018 esta erosão afetou 68m considerando-se uma velocidade média de 4.1m/ano.

**Palavra-Chave:** Sedimentos, Erosão, Correntes de maré.

## **Abstract**

Erosion has been one of the problems that affect the coastal zones over the world as well as in Mozambique. The Gazela's area has been affected by erosion 10 years ago. This problem is affecting local communities, losing habitations, forming and leisure spaces. Field works with the objectives of identifying the causes of erosion in this area took place in between may to December 2018. Many parameters were evaluated such as current intensity, tidal height, wave height, wind intensity, precipitation and sediments analyses. The results points that current velocity reach 123cm/s conducted by semi-diurnal tides with inequality of 3.5m in high tide and 1m in low tide which sometimes generate waves of 0.4m of height. The topography in 70m of extension point that the region presents a slope of  $2.45^\circ$  in which waves, sediments fragility due to pluviometric discharge. The current velocity is been the main agent that causes erosion. It is recommended the competitive authorities to make decision as to reduce erosion, because since 2002 to December 2018, erosion affected 68m regarding a middle velocity of 4.1m/year.

**Key-word:** Erosion of the margins, associated causes, Bons Sinais estuary, Gazelles

## Lista de Abreviaturas e Símbolos

❖ $\phi$	Percentil
❖ %	Porcentagem
❖ °C	Graus Celsius
❖ Al	Alumínio
❖ CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de Cálcio
❖ cm	Centímetro
❖ Fe	Ferro
❖ H <sub>2</sub> O	Água
❖ HCl	Ácido Clorídrico
❖ km	Quilometro
❖ MICOA	Ministério para a Coordenação da Ação Ambiental
❖ mm	Milímetro
❖ Mn	Manganês
❖ s	Segundo
❖ UAF	Unidade da Atenuação da Formanzina
❖ UEM	Universidade Eduardo Mondlane
❖ UNT	Unidade Nefelométrica da Turbidez
❖ UTF	Unidade da Turbidez formanzina



## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Localização da área de estudo ((Produzido pela autora).....	10
<b>Figura 2:</b> Retrospectiva histórica do avanço da linha de costa (Produzido pela autora).....	16
<b>Figura 3:</b> Distância erodida em Gazelas de 2002 a 2018 (Produzido pela autora).....	16
<b>Figura 4:</b> Características da inclinação da margem (Produzido pela autora).....	17
<b>Figura 5:</b> Distribuição granulométrica de sedimentos na praia das Gazelas (Produzido pela autora).....	18
<b>Figura 6:</b> Curvas granulométricas das estações A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , B <sub>1</sub> e B <sub>2</sub> .....	18
<b>Figura 7:</b> Curvas granulométricas das estações C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , D <sub>1</sub> e D <sub>2</sub> , E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub> , F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> (Produzido pela autora).....	19
<b>Figura 8:</b> Variação da média, Seleção e Assimetria dos sedimentos colhidos na região das Gazelas.....	20
<b>Figura 9:</b> Marés e velocidade das correntes em Gazelas.....	21
<b>Figura 10:</b> Variação da altura e energia das ondas em função das alturas de maré em Gazelas no dia 17.05.18.....	21
<b>Figura 11:</b> Variação da turbidez em função da maré.....	22
<b>Figura 12:</b> Correlação do vento e altura significativa da onda.....	22
<b>Figura 13:</b> Avaliação da precipitação de maio a dezembro de 2018.....	23

## Lista de Equações

<b>Equação 1:</b> Cálculo do declive da praia $\alpha$ – é ângulo entre a cota do local e a distância da zona entre maré;.....	12
<b>Equação 2:</b> Equação para o cálculo da média. Onde: $Mz$ = Média; $\phi_{16}$ = Percentil 16;.....	14
<b>Equação 3:</b> Determinação da assimetria; Onde $S_{ki}$ = Assimetria; $\phi_5$ = Percentil 5; $\phi_{16}$ = Percentil 16; $\phi_{50}$ = Percentil 50; $\phi_{84}$ = Percentil 84. $\phi_{95}$ = Percentil 95.....	15
<b>Equação 4:</b> Determinação da Curtose; Onde $K_G$ = Curtose; $\phi_5$ = Percentil 5; $\phi_{25}$ = Percentil 25; $\phi_{75}$ = Percentil 75. $\phi_{95}$ = Percentil 95.....	15

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Classificação granulométrica de Udden-Wentworth (1922).....	8
<b>Tabela 2:</b> Materiais usados durante o estudo no campo e no laboratório.....	10
<b>Tabela 3:</b> Distância erodida e Precipitação na região das Gazelas.....	23

# Índice

<b>Declaração de Honra .....</b>	<b>a</b>
<b>Dedicatória.....</b>	<b>b</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>c</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>d</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>e</b>
<b>Lista de Abreviaturas e Símbolos .....</b>	<b>i</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>ii</b>
<b>Lista de Equações .....</b>	<b>ii</b>
<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>ii</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problematização .....	2
1.2 Justificativa .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivos Geral .....	2
1.3.2 Objetivos Específicos .....	2
<b>2. Revisão de Literatura .....</b>	<b>3</b>
2.1 Estuários e forçantes hidrodinâmicas .....	3
2.1.1 Classificação morfológica dos estuários.....	3
2.2 Mecanismo de transporte de sedimentos .....	4
2.2.1 Tipos de erosão .....	4
2.2.2 Elevação do nível do mar .....	5
2.2.3 Marés e correntes de marés em estuário .....	6
2.2.4 Turbidez da água .....	6
2.3 Diminuição do Fornecimento Sedimentar .....	7
2.4 Vento .....	7
2.5 Atuação da precipitação.....	7
2.6 Textura dos sedimentos .....	8

3.	Metodologia.....	9
3.1	Caracterização da área de estudo .....	9
3.2	Métodos .....	10
3.2.1	Avaliação do avanço da erosão.....	11
3.2.2	Análise laboratorial .....	12
2.13.	Cálculos dos parâmetros granulométricos.....	14
4.	Apresentação de resultados .....	16
4.1	Avaliação do avanço da linha de costa.....	16
4.2	Determinação da causa da erosão.....	17
4.2.1	Inclinação da Margem .....	17
4.2.2	Tipos de sedimentos .....	17
4.2.3	Parâmetros Granulométricos.....	18
4.2.4	Velocidade das correntes .....	20
4.2.5	Marés, altura e Energia das Ondas .....	21
4.2.6	Turbidez.....	21
4.2.7	Altura significativa da onda e velocidade do vento .....	22
4.2.8	Avaliação da precipitação.....	23
5.	Discussão de resultados.....	24
6.	Conclusão e Recomendações .....	26
7.	Referencias Bibliográficas .....	27

## 1. Introdução

Erosão é a remoção física da areia nas zonas costeiras, lacustres ou baías por agentes naturais e antropogénicas como as correntes, o vento, ou infraestruturas de proteção ambiental. Este problema é mais propenso em áreas desprotegidas naturalmente e também com atuação forte de agentes de erosão, áreas com maior intensidade da corrente e ventos de grande magnitude.

Em Moçambique a maioria dos distritos costeiros estão a sentir este efeito, A região das Gazelas é uma destas regiões que está a sofrer este problema.

Estudo sobre erosão costeira em Moçambique destaca-se os desenvolvidos por Mangoma (2017) e Sufiante (em progresso) nas zonas de praia, Sítoi (2017), Banze (2018) e Recilda (2018) nas regiões de estuário. Os trabalhos desenvolvidos na praia consideram as ondas como o maior agente responsável pela erosão ao passo que os trabalhos desenvolvidos no estuário consideram a corrente de maré como o maior agente responsável pela erosão.

Segundo Ministério para a Coordenação da Ação Ambiental (MICOA2008), em Moçambique, a erosão é um dos problemas ambientais que é agravado pelos níveis elevados de pobreza em que vive a maioria da população rural urbano do país. O efeito combinado da falta de recursos e a necessidade de satisfação das exigências básicas de sobrevivência conduza sobre exploração ou utilização indevida dos recursos disponíveis complicações graves para o ambiente (março, 2013).

A região das Gazelas, parte do estuário dos Bons Sinais não foge a esta pressão nas margens, pois a população tem usado a região de forma inadequada, removendo os vegetais que protegem a região dos agentes erosivos naturais. Outro pormenor está em torno da própria ação natural que ocorre ao longo de todo estuário.

A ação humana caracterizada pela destruição da vegetação típica da zona e a construção inapropriada de infraestruturas têm acelerado o processo de erosão em alguns locais. Erosão é um fenómeno que domina a dinâmica atual dos sistemas litorais de Moçambique, onde mais de 90% da extensão da costa é devido as causas naturais. A passagem de depressões e ciclones tropicais, e elevação recente do nível médio do oceano são as causas fundamentais (Moreira, 2005).

O objetivo deste trabalho é mostrar a dinâmica da erosão nas margens do estuário do bons sinas nas zonas das Gazelas, tal dinâmica é entendida como sendo resposta as mudanças nos processos físicos, os quais ainda precisam ser melhor estudadas naquela área.

Este estudo irá ajudar na compreensão da problemática da erosão ao longo do estuário pois estudos vêm sendo feitos anos atrás, por vários autores sendo que os métodos são diferentes, ou seja, neste estudo, procurou-se avaliar todas variáveis naturais que interferem na erosão.

## **1.1 Problematização**

Em meio a um contínuo aumento da busca e valorização do espaço na zona costeira, cresce também a preocupação sobre os processos erosivos característicos desta área. O maior problema nas zonas litorâneas é que urbanização ocorre de forma desordenada e insustentável, agravando ainda mais os problemas de correntes da dinâmica costeira (Nascimento, 2009).

O avanço do homem ocupando áreas litorâneas consideradas de risco é comum, e junto com esta ocupação normalmente vem outros agravantes, como a má destinação do lixo, inexistência de saneamento, destinação das águas pluviais e ampliação de processos erosivos ao longo da zona costeira. No bairro das gazelas, verifica-se esse fenómeno, que afeta negativamente os residentes daquele bairro.

## **1.2 Justificativa**

As zonas costeiras representam as áreas de interação entre o mar e continente. São áreas intensamente dinâmicas, que sofrem transformações constantes, em escala temporais e em escalas espaciais distintas, respondendo as forças humanas e naturais. Essa dinâmica as torna áreas de extrema sensibilidade ambiental (Dillenburg, 2009).

Para se quantificar os reais impactos em médio prazo da erosão em estuários e praias é importante o reconhecimento da realidade atual para se fazer comparações seguras e se estabelecer um plano de monitoramento.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivos Geral***

- ❖ Estudar da Erosão na margem do Estuário dos Bons Sinais na Zona das Gazelas Província da Zambézia.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- ❖ Avaliar o avanço da erosão no período 2002 a 2018.
- ❖ Identificar os agentes responsáveis pela erosão.

## **2. Revisão de Literatura**

### **2.1 Estuários e forçantes hidrodinâmicas**

Na perspectiva oceanográfica, designa-se estuário uma área de interação de massas de água doce e água salgada. Pritchard, (1963) define um estuário como uma porção de água costeira, parcialmente rodeada de terra, com comunicação livre com o mar, pelo menos intermitentemente, estendendo-se para o interior do rio até ao limite de influência da maré e onde a água do mar é diluída por água doce proveniente do escoamento de origem terrestre.

Estuários são também muito sensíveis às mudanças climáticas. Em algumas áreas do mundo, tem sido notada uma grande redução de escoamento de água doce, ao passo que os níveis do mar estão subindo, esses dois fatores resultam em aumento da salinidade dos estuários (Pinto-Coelho & Havens, 2014).

Segundo Oliveira,(2010) a descarga fluvial, as correntes de maré, o cisalhamento do vento e a geometria do estuário são os principais fatores que definem os processos de mistura, circulação e estratificação em um estuário.

A fricção gerada pela propagação da onda de maré produz macro turbulência (Maniqueet *al*, 2011). Esta tubulencia pode afectar a distribuição vertical e longitudinal da salinidade, implicações nos pcessos de transporte e retenção de materiais como sedimentos, nutrientes e poluentes.

A geometria e a topografia de um estuário são determinadas pela topografia do litoral e dos rios, e por forçantes tanto de longa variação temporal, como as variações do nível médio do mar e processos de origem tectónica, quanto por forçantes de pequena e média variação temporal, como os processos erosivos e deposicionais decorrentes da atuação das ondas, das correntes costeiras e das próprias correntes de maré que alteram a forma e profundidade do estuário (Oliveira, 2010).

#### **2.1.1 Classificação morfológica dos estuários**

Shepard (1973), desenvolveu uma classificação baseada na origem e morfologia, que procura contemplar todas as categorias possíveis de estuários na qual estes são classificados primeiramente em primários (cuja forma tem sido resultado de processos tectónicos) e secundários (forma observada é produto de processos marinhos). Posteriormente os classifica em: a) formados por vales fluviais (que se subdivide em estuários de planície costeira e rias); b) formados por vales glaciais (fiordes e fiardes); c) influenciados por rios (rios de maré e estuários de frente deltaica); d) estruturais (formados por processos neotectónicos); e) lagoas costeiras (corpo d'água paralelo a

costa separado do mar por uma barreira e conectado com o oceano por uma entrada que dependendo da sua natureza pode ser classificada segundo Kjerfve (1987) em: obstruído (apenas uma entrada rasa e longa), restrita (poucas enseadas ou uma desembocadura larga) e vazada (grande número de entradas separadas por pequenas ilhas de barreiras) (Barroso, 2016).

## 2.2 Mecanismo de transporte de sedimentos

### ❖ Transporte por carga de fundo

Carga de fundo é a arte da carga que está mais ou menos em contacto com o fundo durante o transporte. Inclui primariamente grãos que rolam, deslizam, saíram ao longo da carga. Este tipo de transporte é governado pela resistência efetiva das partículas (Ribeiro, 2011).

### ❖ Transporte por carga de suspensão

A carga suspensa é a arte da carga total que está movendo-se em suspensão sem contacto contínuo com o fundo como resultado da agitação da turbulência do fluido (Ribeiro, 2011). Muitos estuários depositam grandes proporções de sedimentos finos que são facilmente movidos por correntes de maré.

#### 2.2.1 Tipos de erosão

A erosão é classificada pelo agente atuante, podendo esse agente ser o vento, água ou geleira. Quanto às formas de desgastar o solo tem-se a erosão *superficial e a subterrânea*.

- a) A **erosão superficial** pode ocorrer em estágios distintos, a erosão por embate acontece durante o contanto entre a energia de impacto e o agente em direção ao solo, além de desintegrar parcialmente os agregados naturais, libertam as partículas finas, projetando-as para fora do maciço.
- b) A **erosão hídrica** pode manifestar-se de três formas principais: erosão laminar, em sulcos ou voçorocas. A erosão laminar caracteriza-se pelo desgaste e arraste uniforme e suave em toda a extensão sujeita ao agente. A matéria orgânica e as partículas de argila são as primeiras porções do solo a se desprenderem, sendo as partes mais ricas e com maiores quantidades de nutrientes para as plantas. Apesar de ser de difícil observação ela pode ser constatada pelo decréscimo de produção das culturas, pelo aparecimento de raízes ou mesmo marcas no caule das plantas, onde o solo tenha sido arrastado. Em superfície, a erosão depende da ação da precipitação e do escoamento superficial difuso. Segundo (Christofeletti, 1999) a erosão pode subdividir se em quatro partes essências que são:
- c) **Erosão fluvial** aquela erosão causada pela ação das águas dos rios sobre as superfícies de cursos de água e de encostas. Atuam também no desgaste do solo durante enchentes

periódicas. Tem tendência de intensificar-se com a retirada da vegetação localizada nas margens dos rios.

- d) **Erosão pluvial** aquela que ocorre em razão da ação da água da chuva, que desgasta a superfície e transporta sedimentos. Este processo atua também na lavagem dos solos e também, quando as águas da chuva encontram um solo sem vegetação, passam a ser responsáveis pela formação de graves tipos de erosão.
- e) **Erosão costeira** é um fenómeno de proporções globais que vem se agravando com o aumento do nível dos mares provocado pelo aquecimento do planeta e o conseqüente degelo das regiões polares. Em muitos lugares, a taxa de recuo da costa e da degradação ambiental é rápida, quando comparada com as alterações ocorridas no passado, nas mesmas áreas e para períodos equivalentes. A intensificação da taxa de degradação das zonas costeiras é atualmente traduzida maioritariamente pelos efeitos da erosão costeira. A erosão costeira é um problema grave e visível ao longo da costa Moçambicana, em muitas zonas a taxa de recuo da costa verifica-se pela degradação ambiental com conseqüentes perdas económicas. Embora os processos da alteração natural estejam a ocorrer já desde os tempos primórdios da formação dos oceanos, atualmente tem-se verificado que a ação humana tem contribuído com a maior percentagem para a degradação das zonas costeiras. (Langa, 2003)

### **2.2.1.1 Erosão das margens dos estuários**

A retirada da vegetação, o manejo inadequado do solo e a ocupação urbana acelerada próximos às margens de rios e estuários são alguns dos fatores que prejudicam o homem e o meio ambiente.

A capacidade de previsão da dinâmica sedimentar e das variações morfológicas é um elemento fundamental para uma gestão adequada das zonas costeiras. A modelação matemática da hidrodinâmica e da dinâmica sedimentar de sistemas estuarinos e costeiros, constitui uma ferramenta de enorme valia uma vez que estes processos envolvem uma grande diversidade de variáveis, condicionadas pela atuação da maré, vento, agitação marítima, correntes oceânicas e descargas fluviais, entre muitas outras (Almeida, 2015).

### **2.2.2 Elevação do nível do mar**

O aumento do nível do mar está relacionado com as mudanças climáticas naturais da Terra e com as perturbações induzidas pelas atividades humanas. Os estuários respondem à subida do nível do mar reduzindo as exportações de materiais dentro dos estuários, de modo a adaptarem-se ao novo nível de base. Convertem-se, assim, preferencialmente, em locais de recepção e deposição de sedimentos (nomeadamente de materiais provenientes da deriva litoral) (Dias A. J., 1993).



A concentração de sedimentos em suspensão varia significativamente de um estuário para outro, no tempo e no espaço para um mesmo estuário e ocorre normalmente em estado de floculo (Manique *et al*, 2011).

### **2.2.3 Marés e correntes de marés em estuário**

Ao se aproximar da zona costeira a maré sofre alterações em suas características devido as bruscas mudanças na profundidade do fundo marinho e as interações com a linha de costa. A contínua alteração na estrutura da onda de maré conforme ela se propaga em direção ao estuário e para dentro do mesmo, faz com que a maré tenha influência dominante na dinâmica estuarina (Santos et al, 2005).

As correntes de maré são determinadas pelo gradiente horizontal do nível de água e não pelo valor absoluto deste nível em determinado local. Nos estuários, geralmente a maré é a combinação de uma onda de maré progressiva com uma onda de maré estacionária, e deste modo as velocidades máximas de corrente de maré são encontradas aproximadamente no meio da vazante e da enchente, e a mudança da direção da corrente ocorre na baixa-mar e na preamar(Oliveira, 2010).

### **2.2.4 Turbidez da água**

Turbidez ou turvação da água é uma propriedade física dos fluidos que se traduz na redução da sua transparência devido a presença de material em suspensão que interferem com a passagem da luz através do fluido.

Segundo (PAVEY, 2006) a turbidez também pode estar associada a problemas como arraste de nutrientes e contaminantes, e degradação de ambientes aquáticos em função de cada período da maré, pois estes estão associados ao transporte de sedimentos e conseqüente a ocorrência do processo da erosão.(SADAR, 2002) Afirma ainda que as principais fontes geradoras de alta turbidez são argila, areia, matéria orgânica, material mineral, proveniente do processo erosivos e que são carregados para os cursos de água através do escoamento superficial pelas condições locais e pela granulometria dos sedimentos.

Embora os métodos da determinação da turbidez por atenuação estejam hoje na quase totalidade obsoletos, deram origem, entre outras, as seguintes escalas mais comuns:

- ❖ **Unidade Nefelométrica da turbidez (UNT)**, medição a noventa graus conforme os EUA, o mesmo com a FTU.
- ❖ **Unidade da turbidez formanzina (UTF)**, usada para o tratamento da água, semelhante ao anterior.
- ❖ **Unidade da Atenuação da Formanzina(UAF)**, usada para transmissão da luz com o ângulo de zero graus.

### **2.3 Diminuição do Fornecimento Sedimentar**

Está direta ou indiretamente relacionada com as atividades antrópicas. À medida que a capacidade tecnológica do homem para intervir no ambiente em que vive vai aumentando, vai diminuindo, simultaneamente, a quantidade de areias que, por via fluvial, alimentam a deriva litoral (Dias A. J., 1993).

A título exemplificativo referem-se as florestações, os aproveitamentos hidroelétricos, as obras de regularização dos cursos de água, as explorações de inertes nos rios, nas zonas estuarinas, nos campos dunares e nas praias, as dragagens, as obras portuárias e muitas das obras de engenharia costeira. Frequentemente, estas atividades são imprescindíveis para o desenvolvimento económico e social do país. Todavia, estas atividades iniciam-se e desenvolvem-se sistematicamente sem se efetuarem avaliações dos impactes que induzem no litoral e, obviamente, sem preocupações de monitorização desses impactos.

A diminuição do fornecimento de sedimentos pode também ser influenciada por atividades como dragagens principalmente em zonas estuarinas; barragens através de instalações hidroelétricas; destruição das estruturas naturais como dunas, cobertura vegetal e exportações de areias; Obras de engenharias costeiras e outros (Dias A. J., 1993).

### **2.4 Vento**

O vento não constitui agente capaz de erodir grandes massas de rocha dura, no entanto, torna-se eficaz quando atua em rochas degradadas pela ação do intemperismo, que pode levar à perda de coesão e à desintegração, quando então atua, basicamente, no arrancamento dos grãos minerais (Barroso J. , 2009). Sua velocidade é muito variável e pode reduzir-se a níveis tais em que o processo de transporte passa a ser de deposição, embora, posteriormente, os depósitos formados voltem a ser alvo de erosão e transporte.

### **2.5 Atuação da precipitação**

É de grande importância as forçantes atmosféricas para avaliação do caudal fluvial, elas são responsáveis pelo regime dos ventos alísios e das precipitações, e que determina a alternância das estações climáticas e a hidrologia dos rios locais (Berrêdo *et al*, 2008). As forçantes caracterizam-se por periodicidades próprias e, também, por variabilidades que se exprimem segundo escalas de tempo e de espaço diferenciadas e múltiplas, cujos impactos são determinantes no funcionamento e na estruturação dos espaços litorâneos.

## 2.6 Textura dos sedimentos

Os solos formados sob influência de sedimentos de natureza aluvionar são geralmente pouco evoluídos, cuja natureza, granulometria e composição são bastantes heterogéneas. As classes texturais mais comuns dos solos aluviais são: franco-arenosa, franco-argilosa, argilossiltosa e franco. Possui predomínio de areia fina, com faixa de 10 a 70%, da fração areia. Nas frações mais finas, o silte normalmente ocorre em proporções mais elevadas que as da fração argila (Santana *et al*, 2015).

A formação dos sedimentos constitui um processo natural dos quais um dos fatores é o material de origem, isto é, o material geológico do qual os solos se formam em decorrência de transformações físicas, químicas e biológicas, e de processos de adições, perdas, transformações e translações, que operam ações modificadoras, controladas pelos fatores climáticos, biológicos, relevo e tempo (França *et al*, 2006).

### 2.6.1 Granulometria dos sedimentos estuarinos

A análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras (presumivelmente representativas dos sedimentos) e no tratamento estatístico dessa informação.

Classicamente, a granulometria dos sedimentos muito grosseiros (cascalhos, seixos, balastros, etc.) é efetuada medindo (ou pesando) individualmente cada um dos elementos e contando-os. Contudo, para sedimentos menos grosseiros (cascalhos finos, areias), tal forma de mensuração não é prática, sendo nas areias muito difícil e extremamente morosa, e praticamente impossível nos siltes e argilas. Para estes sedimentos, a análise clássica recorre à separação mecânica em classes dimensionais e à determinação do seu peso. No que se refere aos sedimentos luctíficos (siltes e argilas), a forma de determinar a distribuição granulométrica de forma compatível com as das outras classes texturais é ainda mais difícil e problemática (Dias, 2004).

**Tabela 1:** Classificação granulométrica de Udden-Wentworth (1922)

Nome	Limites de classe (mm)	Limites de classe ( $\phi$ )
Matacão ( <i>boulder</i> )	4096 a 256	-12 a -8
Bloco ( <i>cobble</i> )	256 a 64	-8 a -6
Seixo ( <i>pebble</i> )	64 a 4,0	-6 a -2
Grânulo ( <i>granule</i> )	4.0 a 2.0	-2 a -1

Areia muito grossa ( <i>verycoarsesand</i> )	2.0 a 1.0	-1 a 0
Areia grossa ( <i>coarsesand</i> )	1.0 a 0.5	0 a 1
Areia média ( <i>médium sand</i> )	0.5 a 0.25	1 a 2
Areia fina ( <i>fine sand</i> )	0.25 a 0.125	2 a 3
Areia muito fina ( <i>very fine sand</i> )	0.125 a 0.0625	3 a 4
Silte grosso ( <i>coarsesilt</i> )	0.0625 a 0.031	4 a 5
Silte médio ( <i>médium silt</i> )	0.031 a 0.0156	5 a 6
Silte fino ( <i>fine silt</i> )	0.0156 a 0.0078	6 a 7
Siltemuito fino ( <i>very fine silt</i> )	0.0078 a 0.0039	7 a 8
Argila ( <i>clay</i> )	0.0039 a 0.00006	8 a 14

### 3. Metodologia

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi feito na região das Gazelas (Latitude 17°18'38.0"S e Longitude 36°57'03.4"E). Esta região faz parte do canal principal do estuário Bons Sinais. Situado a 3km da boca do estuário e a 21km da cidade de Quelimane, Gazela é uma região influenciada pelas marés semidiurnas com desigualdades de 5m na fase da maré viva e 1m na fase da maré morta (Caetano, 2017).

Pela influência das ondas, é possível registrar na região das gazelas ondas de 50cm. A região das gazelas está localizada no estuário Bons Sinais. O clima da região é baseado no clima da cidade de Quelimane que é tropical, marcado por uma estação fria e seca (abril a outubro) e uma estação quente e húmida (novembro a março).

A região é maioritariamente composta por camponeses e pescadores com construções de baixo custo e maioritariamente coberto por chapas de zinco e as paredes revestidas com estacas e argila.



Figura 1: Localização da área de estudo (Produzido pela autora).

Tabela 2: Materiais usados durante o estudo no campo e no laboratório.

### 3.2 Métodos

O estudo foi desenvolvido com revisão bibliográfica, trabalho de campo, monitoramento de parâmetros e uso de imagens de satélite.

Esta fase é indispensável quando se trata de realizar um trabalho de pesquisa. Fez-se consultas em várias literaturas, teses, dissertações e páginas eletrônicas referentes ao tema do trabalho, definindo conceitos básicos sobre processos oceanográficos, granulometria de sedimentos e monitoramento da alteração da linha da costa.

<i>Material do Campo</i>	<i>Material Laboratorial</i>
❖ Marégrafo;	❖ Cápsula de alumínio;
❖ Correntometro;	❖ Estufa;
❖ Corda;	❖ Crivos;
❖ Boias;	❖ Copos;
❖ Teodolito;	❖ Agitador;
❖ Régua;	❖ Funil;
❖ Fita métrica;	❖ Pipeta;
❖ GPS;	❖ Provetas;
❖ Anemómetro;	❖ Balança;
❖ Telemóvel;	
❖ Bloco de notas	

### **3.2.1 Avaliação do avanço da erosão**

Para determinar o avanço da erosão na margem de Gazelas, foi feito um monitoramento da alteração da linha de costano mês de julho, outubro e dezembro através da função *track* do *GPS Astra 220*. O monitoramento era feito na fase de maré morta. Os dados foram baixados no *MapSouce* e transformados na extensão *kml* para a visualização da linha no *Google Earth Pro*.

Foi também digitalizado o limite da costa da região das Gazelas dos anos, 2002,2009,2013,2015 e 2018atravésdas imagens visualizadas no*Google Earth*. O limite da costa foi ilustrado através da ferramenta*addpath*do *Google Earth Pro* e sobrepostas na imagem de Google Earth de 2018.

#### **3.2.1.1 Identificação dos agentes responsáveis pela remoção dos sedimentos**

Nesta fase de modo a se relacionar os processos costeiros com a erosão (remoção dos sedimentos), primeiro foi realizada uma saída ao campo no dia 17.05.2018 na zona das gazelas onde foi determinado o perfil topográfico da região, a altura de maré, a velocidade da corrente de maré, a altura das ondas, a intensidade do vento e de modo a identificar o tipo de sedimento mais presente na região.

##### **a) Levantamento topográfico**

O levantamento topográfico foi efetuado numa extensão de 70m perfis separados a10m. Este levantamento foi efetuado com auxílio de um Teodolito e *GPS Essential*. Os dados das cotas do local foram processados no Excel e ilustrados a inclinação de cada perfil.

##### **b) Medição da altura de maré e ondas**

No trabalho de campo foi ancorado um Marégrafo TWR no fundo que fazia medição a cada 10 minutos durante o intervalo das 6:00h as 18:00h. Para além dos dados de maré foi também registado amáxima altura das ondas, altura significativa das ondas e a energia das ondas. Estes dados foram extraídos do instrumento usando o software *Ruskin* que facilitou a visualização dos dados na planilha do Excel onde foram produzidos o respetivográfico da variação da maré durante o dia 17 de junho de 2018.

##### **c) Medição da intensidade e direção da corrente de maré**

No mesmo ancoramento do TWR também foi fixado o correntometro RCM *SeaGuardAANDERAA* a 1m de profundidade com o propósito de medir as intensidades e direção da velocidade da corrente. O RCM foi configurado na mesma frequência de medição do TWR. O processamento destes dados foi feito no Excel depois de terem sido extraídos do instrumento com o Software *Seaguard*.

#### **d) Medição da Intensidade do vento**

Foi também registado a intensidade do vento em intervalos de 10 minutos através de um Anemómetro analógico da marca *Norway 70.5007*. Estes dados foram registados num bloco de nota e a posterior digitalizados na mesma planilha do Excel onde foram processados os dados das ondas de modo a correlacionar a intensidade do vento e a altura e energia das ondas.

#### **e) Monitoramento da precipitação**

O monitoramento da precipitação foi feita com auxílio dos dados e precipitação da plataforma digital [www.tabuademaes.com/af/mozambique/morrubone#lugares-pesca](http://www.tabuademaes.com/af/mozambique/morrubone#lugares-pesca), da região de Marrubone que dista a 3km da região de Gazelas. Para além destes dados foram também usados dados da estação meteorológica de Quelimane referentes ao somatório mensal de precipitação.

$$tg\alpha = \frac{Cota}{Distância}$$

*Equação 1: Cálculo do declive da praia  $\alpha$  – é ângulo entre a cota do local e a distância da zona entre maré;*

#### **3.2.1.2 Determinação da granulometria dos sedimentos existentes na margem do estuário**

No limite da água da baixa-mar da maré dos perfis de levantamento topográficos, foram colhidas amostras dos sedimentos, foi feita uma saída ao campo no dia 17.05.2018, a colheita foi feita na maré vazante de modo a encontrar linha de água mais baixa. As amostras eram colhidas a primeira camada de 20cm guardadas em sacos plásticos catalogados de modo a facilitar a identificar cada ponto de amostragem. Nos pontos de colheita eram registadas as coordenadas com ajuda de um GPS essencial que a posterior foram submetidos a análises laboratoriais.

#### **3.2.2 Análise laboratorial**

Para analisar a granulometria dos sedimentos, foi necessário levar as amostras de sedimentos ao laboratório do solo no departamento de Engenharia Rural na Faculdade da Agronomia e Engenharia Florestal da UEM. Primeiro separou-se as amostras numa limpa cápsula de alumínio de modo a evitar a contaminação, antes codificou-se todas as cápsulas em formato de números de modo a se ter maior controle das amostras no laboratório em seguida para reduzir a humidade dos sedimentos, foram submetidas numa estufa a 65°C durante 24 horas, o tratamento das amostras de sedimentos foi feita com HCl e H<sub>2</sub>O, com ajuda desses reagentes eliminou-se o material que contribuiu para a formação e manutenção dos agregados de partículas. O H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (água oxigenada) ataca a matéria orgânica e destrói o material a 80%, o HCL dissolve o CaCO<sub>3</sub> e a ligação de Fe, Al e Mn.

Para destruir os agregados e separar os elementos constituintes destes foi com ajuda de um agente dispersante hexametáfosfato de sódio e carbonato de sódio (calgon). Agentes dispersante ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub>+  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (calgon).

Para a areia determinou-se por crivagem e o Silte pelo método de pipetagem segundo a técnica de Robison, baseada na Lei de Stokes.

### **3.2.2.1 Modo operativo**

Pesou-se 20g de a amostra de sedimento seco ao ar, rigorosamente e deitou-se para um copo de 100ml juntar 200ml de agente dispersante, tapou-se o copo e deixou-se em contacto durante 24 horas. No dia seguinte pôs-se a suspensão no copo de agitador com auxílio de água destilada durante 1 minuto, havendo cuidado de não encher demasiadamente o copo para evitar perdas durante a agitação.

#### **❖ Separação das frações**

A suspensão transferiu-se para uma proveta de 1000 ml, a qual colocou-se um funil com um crivo com malha adequada e não rasgada, por meio da injeção da água destilada até que o volume da água que passava o crivo atinge-se 1000 ml na proveta.

#### **❖ Frações de areia**

Pôs-se a fração de areia numa cápsula de peso conhecido, e colocou-se na estufa a 105°C. No dia seguinte poe-se a areia no exsicador e depois de uma hora deixou-se passar por um crivo de 200 mesh. Pesou-se as frações.

#### **❖ Frações de Argila e Silte**

As suspensões nas provetas colocaram-se em fila sobre a bancada destinadas as colheitas, em cima de qual encontrava-se o aparelho de pipetagem. Para determinar a fração de argila e silte, as provetas foram agitadas e pipitadas separadamente. Registou-se a temperatura num cilindro de água destilada. Agitou-se a solução na proveta com um agitador manual num movimento regular de vaivém do alto para baixo, durante 30 segundos. Não se mexeu mais as provetas até o fim da análise.

Depois de 90 segundos pipitou-se em 6 segundos no centro da proveta, 20 ml da suspensão e recebeu-se a suspensão em pesa-filtro de peso conhecido. A profundidade dependeu da temperatura. Lavou-se a pipeta com água destilada depois de cada colheita e adicionou-se ao pesa-filtro com a



suspensão. Secou-se a suspensão na estufa a 105°C de um dia para o outro. Retirou-se os pesa-filtros da estufa, deixou-se arrefecer num exsicador durante 2 horas e pesou-se. Pipitou-se, secou-se na estufa a 105°C por no exsicador e pesou-se depois 2 horas o resíduo. Corrigiu-se a fração de argila.

#### ❖ **Fração de Argila**

Depois de 18 horas leu-se a temperatura e pipitou-se numa profundidade que dependeu da temperatura, a fração de argila em 12 segundos. Seguidamente recebeu-se a suspensão em pesa-filtro, de peso conhecido. Secou-se a suspensão na estufa a 105°C, de um dia para o outro. Tirou-se os pesa-filtros da estufa, deixou-se arrefecer num exsicador durante 2 horas e pesou-se.

#### ❖ **Representação gráfica e classificação dos sedimentos**

A representação gráfica dos parâmetros granulométricos foi feita através de curvas de frequência acumulada, chamadas de curvas granulométricas. As curvas mostram o percentual de peso da amostra em função do tamanho do grão ou do phi ou seja, o gráfico é formado por dois eixos onde no eixo das ordenadas encontra-se o percentual do peso acumulado e nas abcissas, os valores do phi (Anexos). A partir do gráfico obtido é possível calcular os parâmetros granulométricos usando as fórmulas estabelecidas por Folk e Ward (1957). A classificação dos sedimentos foi feita a partir da tabela de classificação Udden-Wentworth (Tabela 1), onde para cada valor do diâmetro ou phi existe um tipo de sedimentos correspondentes.

### **2.13. Cálculos dos parâmetros granulométricos**

A média, assimetria, seleção e curtose são obtidos através da curva granulométrica dos valores do Phi correspondentes a determinados percentis. Os parâmetros granulométricos foram calculados com as fórmulas desenvolvidas por Folk e Ward (1957) na planilha Excel.

#### ❖ **Média**

Consiste no tamanho médio das partículas, também designado como diâmetro médio. A granulometria dos sedimentos de praia em geral, varia de areia muito fina a média, enquanto a granulometria dos sedimentos fluviais varia de areia média a grossa (Jesus & Andrade, 2013). Portanto, o tamanho do grão depende da energia da onda, ou seja, os sedimentos finos tendem a se acumular em ambientes de baixa energia enquanto os sedimentos de tamanho maior como a areia depositam-se em ambientes de alta energia.

$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

*Equação 2: Equação para o cálculo da média. Onde:  $M_z$  = Média;  $\phi_{16}$  = Percentil 16;*

$\phi_{50}$  = Percentil 50;  $\phi_{84}$  = Percentil 84.

### ❖ Assimetria

A assimetria representa o grau de deformação da curva de frequência simples para a direita ou para a esquerda, analisando-se a relação entre a moda, a média e a mediana. Quando os valores da moda, da média e da mediana forem iguais, a distribuição é considerada simétrica. No caso de esses valores serem diferentes, a distribuição é assimétrica (Jesus & Andrade, 2013). A assimetria positiva ocorre quando o valor da média é superior ao valor da mediana que por sua vez é superior ao valor da moda e caracterizado por grãos mais finos). A assimetria negativa ocorre quando o valor da média é inferior ao valor da mediana que por sua vez é inferior ao valor da moda, caracterizado por grãos grossos.

$$S_{ki} = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

*Equação 3: Determinação da assimetria; Onde  $S_{ki}$  = Assimetria;  $\phi_5$  = Percentil 5;  $\phi_{16}$  = Percentil 16;  $\phi_{50}$  = Percentil 50;  $\phi_{84}$  = Percentil 84.  $\phi_{95}$  = Percentil 95.*

### ❖ Curtose

A curtose consiste no grau de achatamento de uma curva em relação à curva representativa de uma distribuição normal. A curva de distribuição da curtose pode ser classificada como: platicúrtica (achatada), mesocúrtica (normal) ou leptocúrtica (alongada). Os valores de curtose muito altos ou muito baixos podem sugerir que um tipo de material foi transportado de uma determinada área fonte e depositado sem perder suas características originais (Jesus & Andrade, 2013).

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

*Equação 4: Determinação da Curtose; Onde  $K_G$  = Curtose;  $\phi_5$  = Percentil 5;  $\phi_{25}$  = Percentil 25;  $\phi_{75}$  = Percentil 75.  $\phi_{95}$  = Percentil 95.*

## 4. Apresentação de resultados

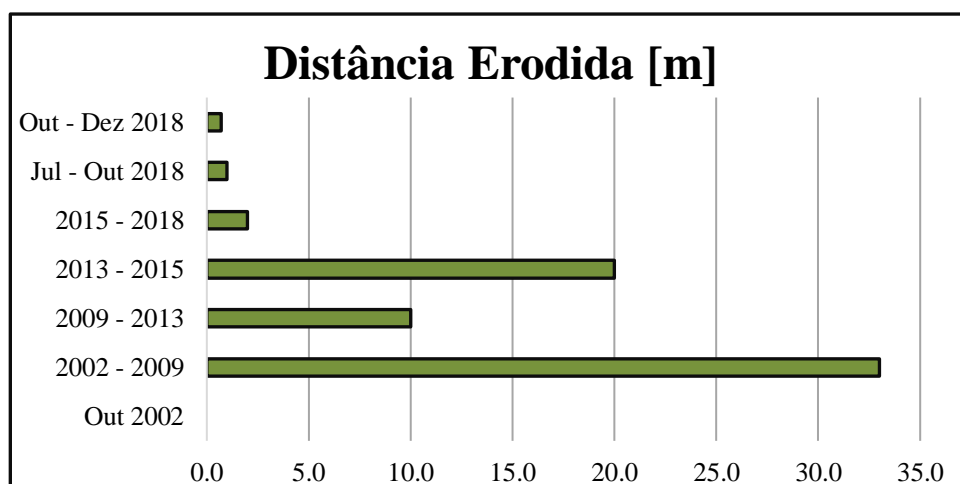
### 4.1 Avaliação do avanço da linha de costa

A figura 2 ilustra uma retrospectiva do avanço da linha de costa ao longo do tempo desde o ano 2002 até 2018. Observa-se aumento gradualmente crescente e ameaçador para a erosão da costa.



**Figura 2:** Retrospectiva histórica do avanço da linha de costa (Produzido pela autora).

A variação da linha de costa do estuário, conforme observado na figura 2, é um espelho da ação hidrodinâmica dos sistemas hidrodinâmicos estuarinos e costeiros condicionados pelas fatores da maré, vento, agitação marítima, correntes oceânicas e descargas fluviais.



**Figura 3:** Distância erodida em Gazelas de 2002 a 2018 (Produzido pela autora).

O gráfico da figura 3 apresenta uma comparação da distância erodida durante alguns anos. Esta comparação permite a obtenção de informações da erosão no passado e uma estimativa daquilo que

poderá acontecer no futuro. Contudo, existe uma diferença no nível de erosão pois de julho a outubro registou-se 1 metros de erosão, de outubro a dezembro 0.5 metros de erosão, 20 metros de (2013 – 2015), 10 metros de 2009 – 2013 e 33.5 metros de 2002 – 2009. Estas variações são determinadas pela hidrodinâmica do estuário e as mudanças climáticas observadas nos últimos tempos que por consequência provocam o aumento do nível do mar.

## 4.2 Determinação da causa da erosão

### 4.2.1 Inclinação da Margem

A figura 4 ilustra que o perfil topografico não é regular conforme mostra a figura 4. De acordo com os calculos efectuados na base da equação 1 nota-se que a enclinação é de 2,454m considerando-se um declive suave (Open university, 1999).esta irregularidade é dada devido aos factores naturais acima mencionados, marés, vento, precipitação e também à acção antrópica.

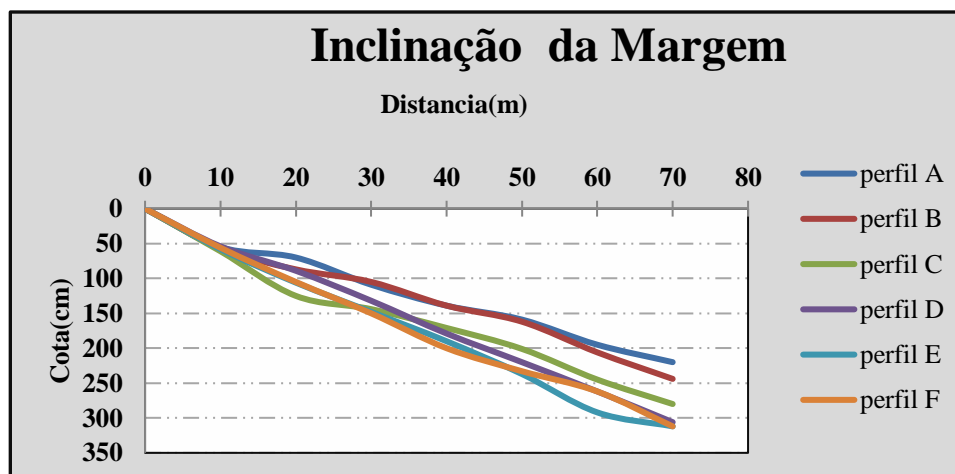
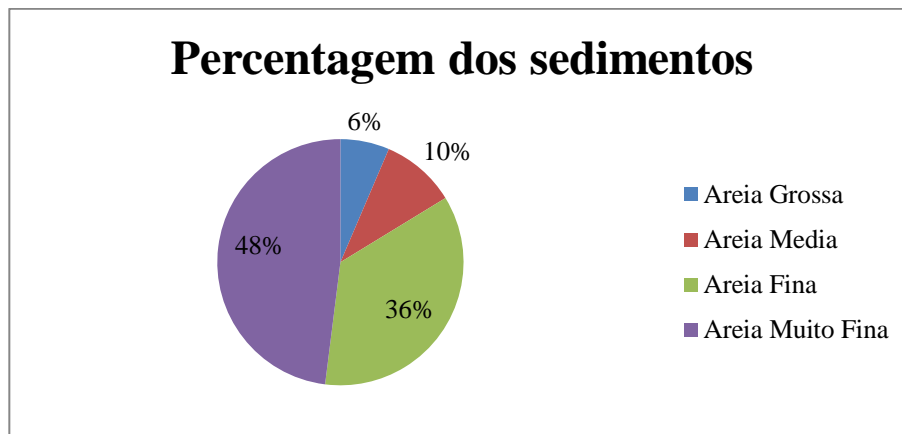


Figura 4: Características da inclinação da margem (Produzido pela autora).

### 4.2.2 Tipos de sedimentos

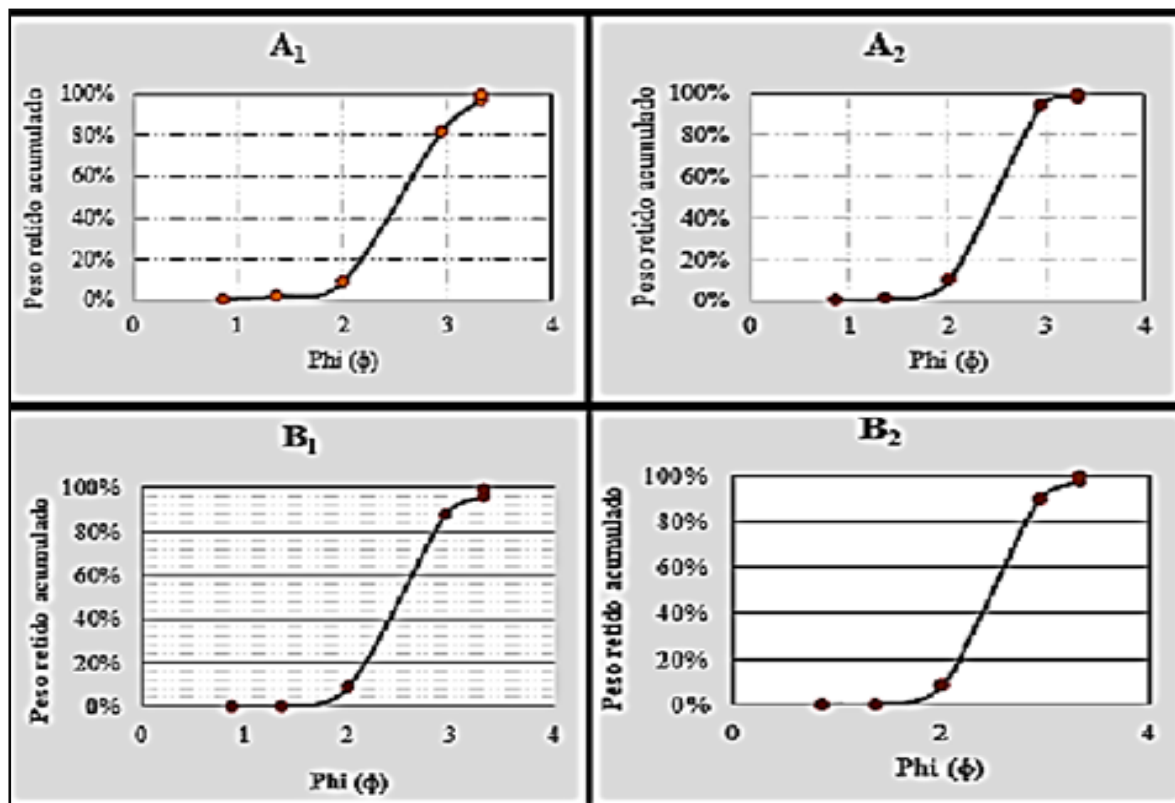
Os sedimentos da região das Gazelas estão distribuídos de seguinte maneira: areia muito fina (48%), areia fina (36%), areia média (10%) e areia grossa (6%).



*Figura 5: Distribuição granulométrica de sedimentos na praia das Gazelas (Produzido pela autora).*

#### 4.2.3 Parâmetros Granulométricos

Os valores das curvas e parâmetros granulométricos estão apresentados nas figuras abaixo, onde são apresentados a média, assimetria e seleção dos sedimentos na região das Gazelas.



*Figura 6: Curvas granulométricas das estações A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>.*

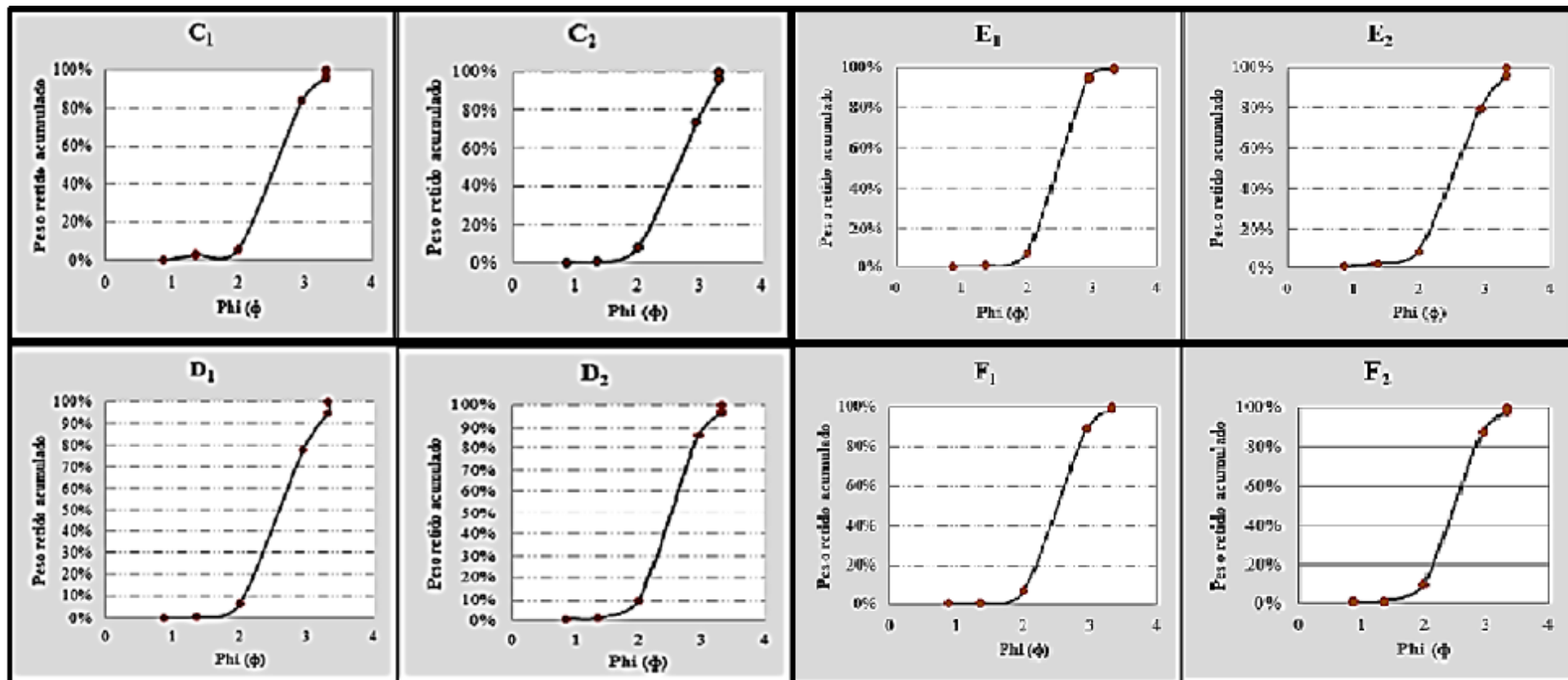


Figura 7: Curvas granulométricas das estações C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub>, E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>(Produzido pela autora).

#### 4.2.3.1 Perfil dos parâmetros granulométricos

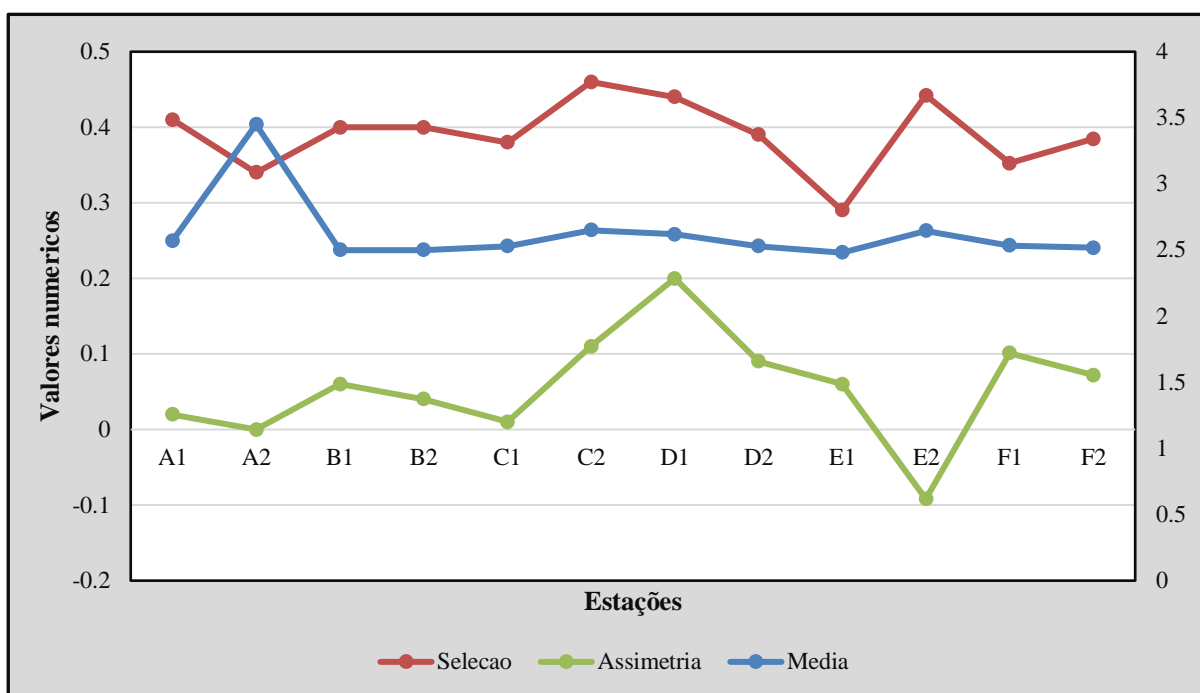


Figura 8: Variação da média, Seleção e Assimetria dos sedimentos colhidos na região das Gazelas

De acordo com o gráfico da figura 4 a zona das Gazelas é predominantemente constituído por sedimentos finos com uma média estatística de  $2.5\phi$ , os sedimentos apresentam-se predominantemente como 100% simétricos em toda área de estudo ou seja, os sedimentos têm uma geometria igual e bem selecionados (83.7%) e muito bem selecionados (16.7%) com curvas mesocúrticas e de origem eólica com uma significância de 94%. Note que para este gráfico a leitura da media esta no eixo direito.

#### 4.2.4 Velocidade das correntes

O gráfico da figura 8 mostra a variação da velocidade da corrente durante a vazante e enchente da maré no dia 17.05.18. Constatou-se que a máxima velocidade da corrente (123 cm/s) foi registada na fase da vazante (3 horas depois do primeiro estofa da maré) sendo seguida com um máximo de 71.30 cm/s na enchente (3 horas depois do início de enchente) da maré. Note que para este gráfico a leitura da altura da maré está no eixo direito.



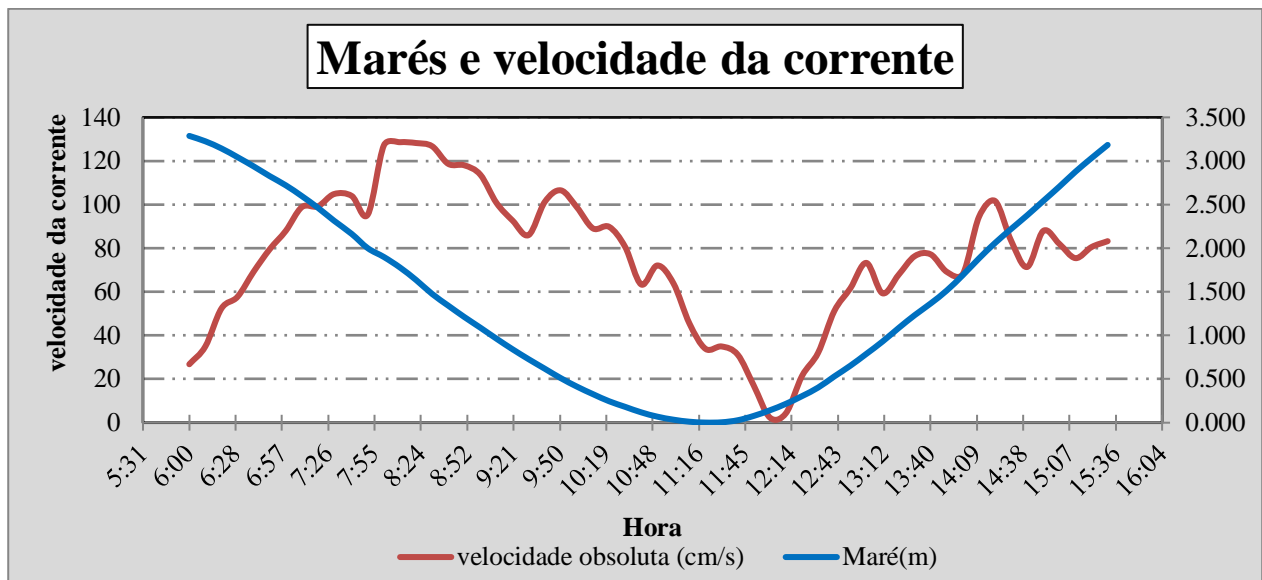


Figura 9: Marés e velocidade das correntes em Gazelas

#### 4.2.5 Marés, altura e Energia das Ondas

O gráfico abaixo apresenta o comportamento das marés e a energia e altura das ondas registado no dia 17.05.18. Notou-se que a região é influenciada pelas marés semidiurnas com alturas que com alturas superiores a 3.5 metros. Durante a medição foram registadas ondas com 0.4m de altura e energia de 0.8J/m. Note que para este gráfico a leitura da altura da maré está no eixo direito.

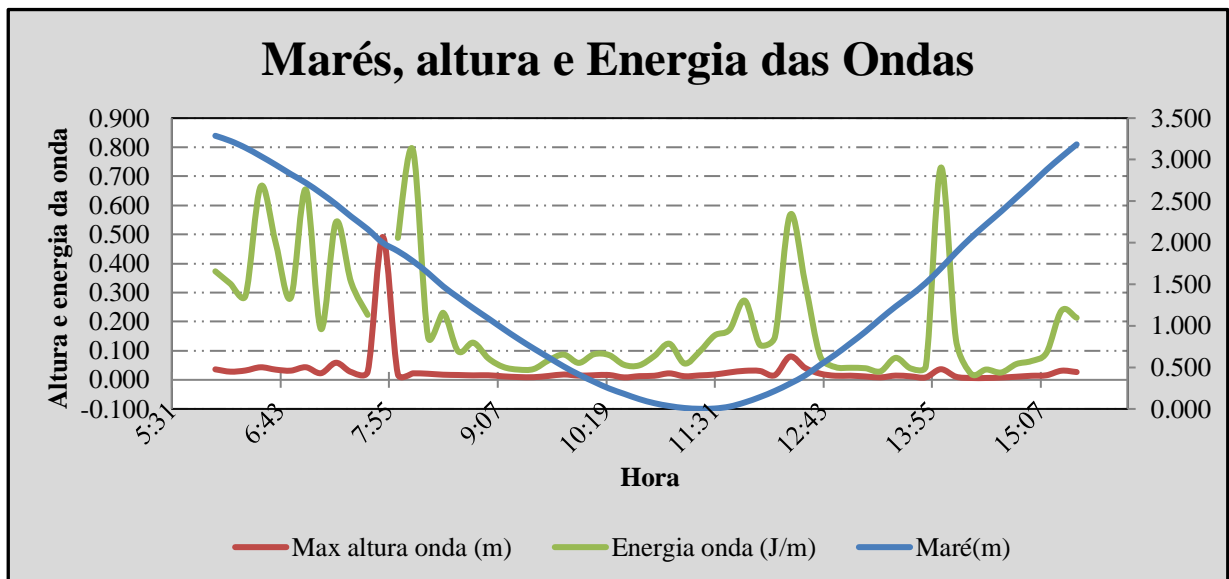


Figura 10: Variação da altura e energia das ondas em função das alturas de maré em Gazelas no dia 17.05.18.

#### 4.2.6 Turbidez

A figura 10 representa a variação da turbidez durante as fases de maré. Nota-se no gráfico que os maiores valores consecutivos de turbidez são registados 3h antes do registo do nível mais baixo da maré. O valor máximo registado foi de 23.31 FTU e mínimo de 8.1 FTU.



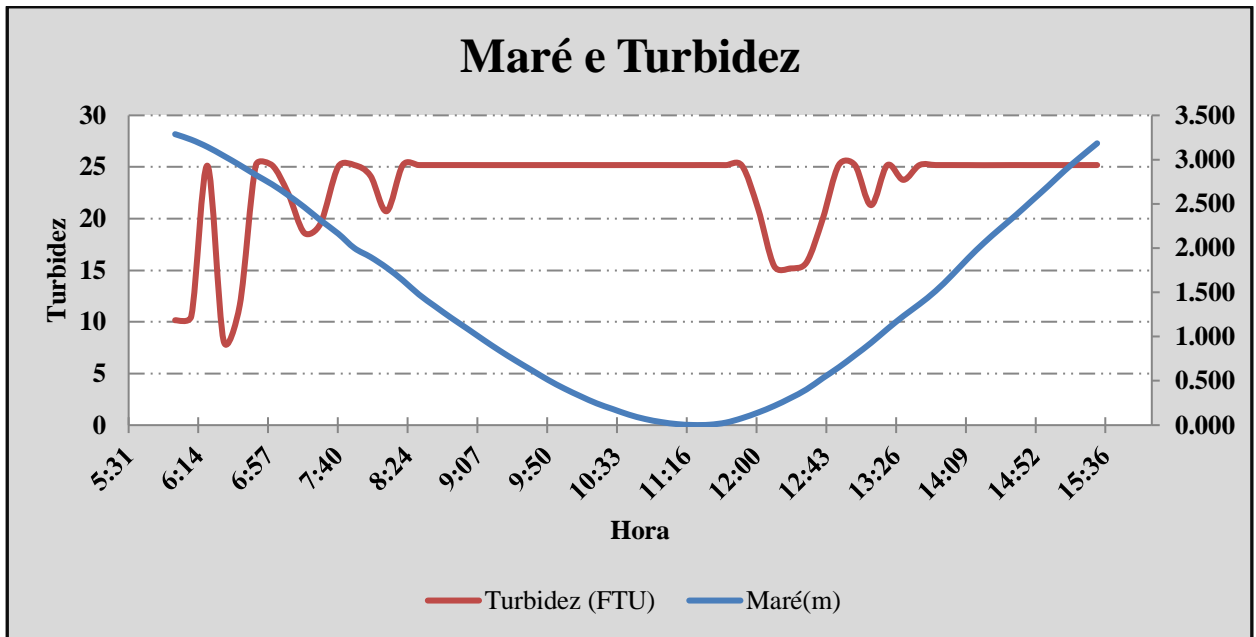


Figura 11: Variação da turbidez em função da maré

#### 4.2.7 Altura significativa da onda e velocidade do vento

O gráfico da Figura 12 ilustra através dos dados colhidos no dia 17.05.18 que não existiu a relação entre a intensidade do vento e altura significativa da onda, como mostra o  $R^2=0,0298$ .

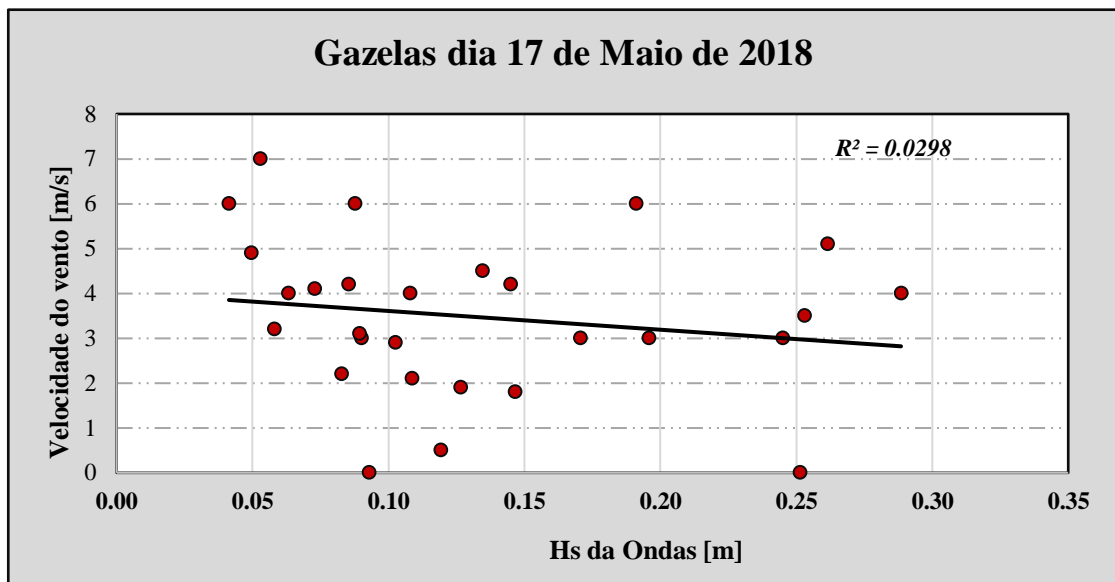
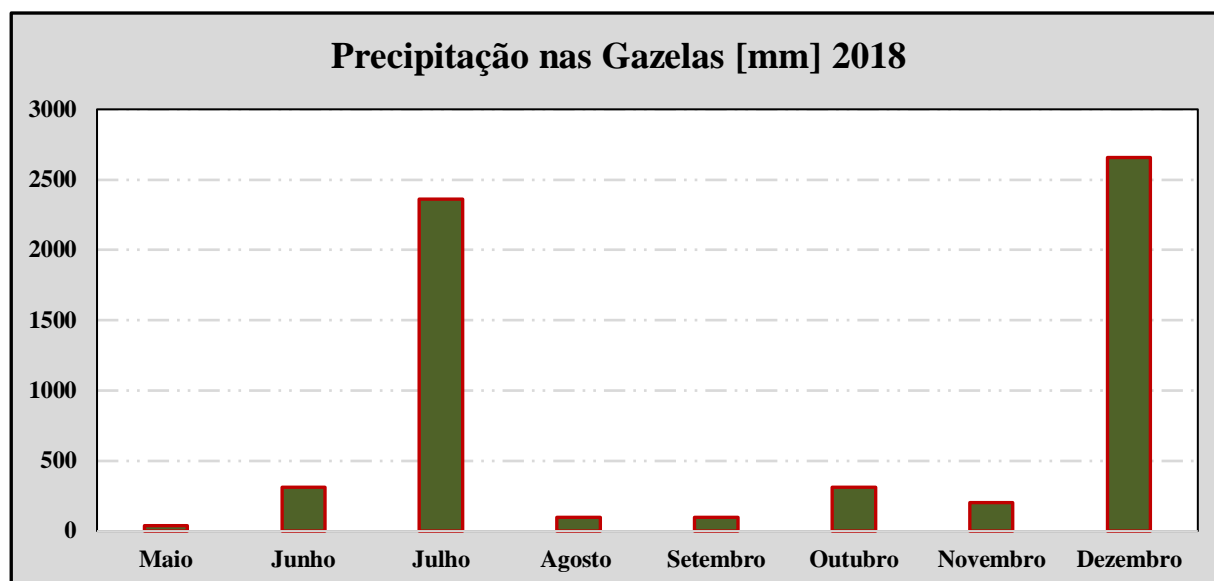


Figura 12: Correlação do vento e altura significativa da onda

#### 4.2.8 Avaliação da precipitação



*Figura 13: Avaliação da precipitação de maio a dezembro de 2018*

De acordo com o gráfico da precipitação (Figura 13) na região de gazelas, nota-se que a menor precipitação foi registrada no mês de maio (39 mm) e o maior valor no mês de julho (2360 mm). Agrupando os valores da precipitação em função dos meses do monitoramento da erosão observou-se que está por sua vez foi mais intensa no período que compreende os meses de julho a setembro, cuja a erosão registrada foi de (4,9m), apesar da maior precipitação ter sido registrada no período de outubro a dezembro (3168mm), como ilustra a tabela 3.

*Tabela 3: Distância erodida e Precipitação na região das Gazelas*

Período	Precipitação (mm)	Distância erodida (m)
17.05.18 -02.07.18	349	1,5
02.07.18 -05.10.18	2533	4,9
05.10.18 -28.12.18	3168	1,4

## 5. Discussão de resultados.

Os resultados encontrados na Figura 3 demonstram um aumento progressivo da erosão ao longo dos anos. A zona das Gazelas apresenta um declive suave como mostra a fig4 o que confirma a predominância de areia muito fina a fina de acordo *Open University*, os sedimentos do estuário, são em geral finos a muito finos e de origem fluvial (Jesus & Andrade2013), pois são na sua totalidade melhor selecionados e sugerem grãos com pequena dispersão dos seus valores granulométricos.

Outrossim, a média, a mediana e a moda são iguais em cada estação (A até F) e em toda a margem o que significa que os sedimentos são completamente simétricos. Dias (1993) afirma que a assimetria e a curtose são os parâmetros que melhor definem os ambientes de deposição.

Os sedimentos em toda extensão, de A<sub>1</sub> até F<sub>2</sub> são do tipo areia fina e muito fina, e maioritariamente transportados em suspensão acompanhados de argila escura, o que explica as águas turvas. São muito bem selecionados nas estações A<sub>2</sub> e E<sub>1</sub> e bem selecionados em todas outras estações, o que implica agrupamento de grão de mesmo tamanho. São totalmente simétricos e apresentam curvas mesocurticas nas estações A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, E<sub>2</sub> e F<sub>1</sub>; curvas muito platicurticas nas estações B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>; curva platicurtica na estação E<sub>1</sub> e uma curva leptocurtica na estação F<sub>2</sub>.

Em Gazelas ocorrem sedimentos de textura franco-arenoso, característicos de ambientes fluviais segundo a classificação de (Santana *et al* 2015). As características dos sedimentos transportados por um estuário dependem, principalmente, de fatores como a velocidade média da corrente (produto da declividade média), tipo de material fonte, clima e cobertura vegetal da bacia de drenagem (Brito *et al*, 2009); estas características concorrem significativamente em Gazelas de tal forma que fragilizam o solo, devastam a vejetação tornando as margens inconcistentes.

A presença de areia muito fina e fina é dada ao facto de que os rios e estuários da zona central de Moçambique são caracterizados por sedimentos finos (Hoguane, 2007).

De acordo com o diagrama de Huljstrom, no estuário dos Bons Sinais, os sedimentos são transportados na sua maior parte por sunspensão e a menor parte dos sedimentos são transportados pela carga de fundo como por rolamento e arasto. Os parâmetros granulométricos revelam a presença de areia fina em toda extensão de estudo que são controlados principalmente pala velocidade média da corrente que atingem um máximo de 123 cm/s na vasante da maré viva. (Caetano, 2017) Afirma que o balanço dos sedimentos no estuário dos bons sinais em Gazelas é maior na maré viva em relação a maré morta, devido as velocidades na maré morta que são completamente menores e portanto, os sedimentos são transportados em suspensão.

Nas Gazelas os sedimentos são bem selecionados, o que sugere o mesmo tamanho de sedimentos na área, no caso, a areia fina nas margens que também são encontrados em suspensão. Este resultado pode dever-se ao facto de que no estuário, existe uma velocidade da corrente que apenas transporta os sedimentos finos e deposita-os.

É evidente que a morfologia do estuário e a fricção também resultam em variações importantes na amplitude da maré e na velocidade das correntes de maré (figura 9), pois constatou-se que há muita turbulência segundo o resultado apresentado na figura 10, que são causadas pela enchente e vazante da maré e também pelos pequenos canais de água presentes na região. Este resultado sugere que a erosão das margens em Gazelas é provocada também pela atividade humana através da remoção da vegetação e do mangal que fragilizam o solo tornando-o vulnerável a erosão por meio das correntes de marés.

Com os resultados encontrados na Figura 11 ilustra que não há nenhuma relação entre a velocidade do vento e da altura significativa das ondas segundo a teoria (Open university, 1999), mas isso porque a teoria do *open university* só se aplica no caso de mar aberto e por a zona das gazelas ser um estuário não se aplica.

Os resultados encontrados na Tabela 3 ilustram que houve maior erosão de Julho à Outubro, mas não foi nesse período que registrou-se a maior precipitação, logo conclui-se que não naquele local a precipitação e a erosão não são directamente proporcionais.

## **6. Conclusão e Recomendações**

Nos últimos anos o estuário dos Bons Sinais tem sofrido erosão massiva nas suas margens por inerência das correntes violentas que atuam na área, não obstante as atividades antrópicas praticadas pelos residentes a redor. As velocidades de correntes registadas são tidas como uma das principais causas da erosão das margens, tendo-se a erosão mais acentuada devido as várias concavidades presentes no estuário. A precipitação tem contribuído para a erosão nas épocas chuvosas trazendo massas de água para dentro do estuário através de vários canais que ligam ao estuário, subsequente a erosão superficial das bermas do estuário.

Conclui-se que está a decorrer um processo de erosão contínua em Gazelas pelo que ao longo do tempo a erosão tem sido progressivo à costa. Para o caso particular da área das gazelas o principal e o maior fatoré a velocidade média da corrente (Caetano, 2017).

### **Recomenda-se:**

Sensibilização da comunidade que reside no local para que tenha conhecimento dos impactos que podem surgir devido a erosão massiva das margens;

Advertência das práticas de atividades como a remoção da vegetação, construção de residências, pois estas, contribuem significativamente para a erosão;

Adoção de medidas de mitigação e iniciativas de reflorestamento

## 7. Referencias Bibliográficas

- Almeida, J., Pinho, J. L., Venâncio, S. S., & Vieira, J. M. (2015). AVALIAÇÃO DO TRANSPORTE SEDIMENTAR NO ESTUÁRIO DO RIO DOURO EM DIFERENTES CENÁRIOS HIDRODINÂMICOS. Portugal.
- Barroso, G. C. (2016). Dinâmica da água, material particulado em suspensão e hidroquímica em dois estuários de pequeno porte no Norte Fluminense. Rio de Janeiro: 5-7.
- Barroso, J. (2009). Os ventos e a Hidrodinamica oceanica. Portugal.
- Berrêdo, J. F., Costa, M. L., & Progene, M. P. (2008). Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará. Brasil.
- Brito, R. N., Asp, N. E., Beasley, C. R., & Santos, H. S. (2009). Características Sedimentares Fluviais Associadas ao Grau de Preservação da Mata Ciliar - Rio Urumajó, Nordeste Paraense. Brasil: Acta Amazonica.
- Caetano, S. P. (2017). Morfodinâmica e Fácies Sedimentares do Estuário dos Bons Sinais na Zona das Gazelas - UEM. Quelimane.
- CHRISTOFELETTI, A. (1999). *Modelagem de sistemas ambientais*. Edgar blucher.
- Dias, A. J. (1993). Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa (Geologia Costeira). Portugal.
- Dias, J. A. (2004). *A ANÁLISE SEDIMENTAR E O CONHECIMENTOS DOS SISTEMAS MARINHOS*.
- DILLENBURG, M. &. (2009). *Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil)*. Rio Grande do Sul.
- Focheiro, E. L. (2013). *Avaliar o estágio e o impacto da erosão sobre o murro de proteção fixada no bairro de Chuabo Dembe;.* Quelimane.
- França, J. S., Moreno, P., & Callisto, M. (2006). IMPORTÂNCIA DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA PARA A COMUNIDADE BENTÔNICA E SUA RELAÇÃO COM O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS (MG). Brasil.
- FRAZÃO, E. P. (2003). *CARACTERIZAÇÃO HIDRODINÂMICA E MORFOSEDIMENTAR DO ESTUÁRIO POTENGI E ÁREAS*. Natal.
- Gomes, M. L., Pereira, E. C., & De Moraes, J. O. (2008). Degradação Socioambiental no Baixo Curso do Rio Catú, Aquiraz-Ceará: Comprometimento da mata ciliar e recursos hídricos. Brasil.

- Guerra, A. J. (1997). Novo dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro.
- Jesus, L. V., & Andrade, A. C. (2013). Parâmetros Granulométricos dos sedimentos da praia dos Artistas - Aracaju - SE. Brasil.
- Jesus, L. V., & Andrade, A. C. (2013). *Parâmetros Granulométricos dos sedimentos da praia dos Artistas-Aracaju-SE*. Brasil.
- Júnior, C. A. (2018). *Estudo da Erosão dos Solos em Mugogoda, posto administrativo de Maquival Distrito de Quelimane*. Universidade Eduardo Mondlane, Escola Superior de Ciências Costeiras e Marinhas. Quelimane: UEM.
- LANGA, J. (2003). *Erosao costeira na cidade de maputo. causas . consideracoes sobre intervencoes de defesa*. Porto: MEA.
- Manique, G. A., D'aquino, C. A., & Schettini, C. A. (2011). Transporte de sedimentos em suspensão em um estuário altamente estratificado sob condições de descarga fluvial transiente. Porto Alegre.
- Março, Z. A. (2013). *estudo da dinâmica e combate da erosão costeira no rio dos bons sinais no bairro dos pescadores cidade de Quelimane*. Quelimane.
- Mavie, R. H. (2018). *Estudo da Dinâmica da erosão na zona de Restauração do Mangal no bairro Icidua, Quelimane, Província da Zambesia*. Universidade Eduardo Mondlane, Escola Superior de Ciências Costeiras e Marinhas. Quelimane: UEM.
- Moreira, M. E. (2005). *Adinamica dos sistemas litorais do sul de Mocambique Durante os ultimos 30 anos*. Finisterra.
- Nascimento, K. C. (2009). *Monitoriamento Por DGPS E ANALISE DOS PROCESSOS EROSIVOS DA LINHA DE COSTA NA PRAIA DE PIRANGI DO NORTE- PARNAMIRIM/RN*. natal.
- Oliveira, K. S. (2010). Comportamento da Maré e das Correntes de Maré em um Sistema Estuarino utilizando o modelo Regional Ocean Modeling System (ROMS). Vitória.
- PAVEY, B. (2006). *Suspended concentrations downstream of a harvested peat bog: Analysis and preliminary Modelling of exceedances using logistic regression*. Canada.
- Pinto-Coelho, R. M., & Havens, K. (2014). Estuários e Águas costeiras e estuários. Brasil.
- Ribeiro, M. S. (2011). *DINÂMICA SEDIMENTAR NA ZONA DE REBENTAÇÃO*.
- SADAR, M. (2002). *Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop*.
- Santana, M. B., Filho, M. R., Marques, F. A., Cunha, T. J., & Nascimeto, A. F. (2015). Variação da composição granulométrica em solos na Ilha de Assunção. Pernambuco.
- Santos, V., Figueiredo, A. G., Silveira, O. F., Polidori, L., & Oliveira, D. M. (2005). *PROCESSOS SEDIMENTARES EM ÁREA DE MACRO-MARÉS INFLUENCIADOS*. Brazil.

Sitoe, J. (2017). *Estudo da dinâmica da Erosão Costeira em Morropue - Quelimane decorrida entre 2010-1017*. Universidade Eduardo Mondlane, Escola Superior de Ciências Costeiras e Marinhas. Quelimane: UEM.

The Open University (1999). *Waves, Tides and Shallow Water Processes*, second edition. Butterworth-Heinemann, Oxford, 227 pp



