



## *Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras*

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Oceanografia

### **Estudo da Dinâmica da Erosão dos Solos em Mugogoda Posto Administrativo de Maquival Distrito de Quelimane**



**Autor:**

Custódio Albino Banze Junior



***Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras***

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Oceanografia

**Estudo da Dinâmica da Erosão dos Solos em Mugogoda Posto  
Administrativo de Maquival Distrito de Quelimane**

Autor:

Custódio Albino Banze Junior

Supervisor:

Msc. Noca Bernardo Furaca da Silva

---

Quelimane, Novembro de 2017

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus, aos Santos e a todos os Anjos por todas as vitórias e conquistas realizadas ao longo destes quatro anos de curso.

Agradeço também aos meus pais, irmãos e familiares por todo apoio emocional e suporte financeiro, me ajudando a vencer todos os desafios.

Agradeço aos meus orientadores Dr. Noca Bernardo Furaca da Silva, ao Dr. José Manuel Dias que me ajudou na elaboração desta tese, muitíssimo obrigado por todos os ensinamentos e conselhos passados, que me ajudaram a construir e finalizar este trabalho.

Agradeço a minha companheira Recilda Mavie, amigo e cúmplice Kenet Muchanga por sempre ter estado ao meu lado principalmente no dia da coleta de dados, e entendido todos os momentos de ausência.

Aos amigos e colegas: Cesárdio, Candido, Hélio, Jermínio, Joaquim, Ermenegildo, Ernesto, Erasnes, Helder, Mauro, Olinda, Síntia, Jonas, Amiro, Artelino, Fred e muitos outros, “Graças a Deus” que sempre me proporcionaram momentos de diversão e segurança emocional ao longo de todos estes anos de amizade

Agradeço também aos meus colegas de curso, que embora não tenhamos estado muito próximos, pelas dificuldades promovidas pelo curso, acreditaram em mim e proporcionaram nestes quatro anos, alguns dos melhores e mais divertidos momentos da minha história.

A todos o meu muito obrigado.

## **Dedicatória**

*“O temor do senhor é o princípio do conhecimento; mas os insensatos desprezam a sabedoria e a instrução”*

Dedico este trabalho primeiro a Deus,

Em seguida aos meus pais

Sempre estarão no meu coração adoro-vos

## **Declaração de Honra**

Declaro por minha honra que o conteúdo deste trabalho de licenciatura em Oceanografia é da autoria do autor, fruto de muito esforço e dedicação, excepto o que foi devidamente referenciado, também foi sobre assistência do orientador. De referir que o presente trabalho nunca foi apresentado na sua essência para obtenção de qualquer outro título similar.

---

Custódio Albino Banze Junior

## **Resumo**

No meio ambiente há um contínuo aumento da busca e valorização de espaço na zona costeira, desta feita cresce também a preocupação sobre os processos erosivos característicos desta região. O maior problema nas zonas costeiras é que a urbanização é feita de forma desordenada e insustentável, agravando os problemas decorrentes da dinâmica costeira. A área de estudo Mugogoda está localizada a este com a praia de Zalala a uma distância de 7 quilômetros, a oeste com a cidade de Quelimane a uma distância de 33 quilômetros e a norte o distrito de Macuse nas coordenadas  $17^{\circ}47'42,79''$  sul de latitude e  $37^{\circ}04'39,55''$  este de longitude. De modo a perceber os problemas decorrentes nesta região o trabalho focalizou-se no estudo da dinâmica da erosão, estudar as reais causas deste processo e propor as possíveis medidas de mitigação. Foi realizada durante o trabalho uma caracterização física da área por via de imagens de satélite Google Earth, tendo observado a dinâmica da erosão num período de 13 anos 2003 a 2016. Foi efetuada entrevistas à comunidade local, uma campanha oceanográfica num período de 24 horas, tendo desta forma os dados da corrente de maré, marés, concentração de sedimentos suspensos, tipo de sedimentos e trajetórias das correntes na enchente e vazante da maré viva. Os resultados revelam que entre o período de 2011 a 2015 cerca de 14,91 metros foi erodida, a uma velocidade média de 3,31m/s. De salientar que nesta região ocorre as marés semi-diurnas, compostas por duas enchentes e duas vazantes chegando a atingir alturas máximas de até 4 metros, as correntes com maior influência para erosão nesta área em estudo são as correntes do norte chegando a atingir velocidade de 105 cm/s, sendo que as maiores velocidades ocorrem no período da vazante. Desta forma se não houver alguma intervenção daqui a 5 anos e 1 mês este processo da erosão pode apresentar avanço de 28.8 metros.

**Palavra chaves:** Dinâmica da erosão, correntes, marés, muro de proteção, reflorestamento do mangas, urbanização.

## **Abstract**

In the environment, there is a continuous increase of searching and valorizing coastal zones, at the same time there is a concern about the erosive processes characteristic of this region. The biggest problem in the coastal zones is that the urbanization is done in a disorderly and unsustainable way, aggravating the problems caused by the coastal dynamic. Mugogoda is the study area and is located to the east with Zalala beach with a distance of 7 miles, at west with Quelimane city with a distance of 33 miles and north of the district of Macuse at coordinates  $17^{\circ} 47'42.79''$  south of latitude and  $37^{\circ} 04'39.55''$  east of longitude. In order to understand the problems that occur in this region, the work focused in dynamism of erosion study, learn about the main causes of this erosion and propose mitigation measures are the objectives. A physical characterization of the area through Google Earth satellite imagery was performed during the study to observe a dynamic period of erosion over a period of 13 years from 2003 to 2016. The local community was interviewed and was done an oceanographic campaign in a 24-hour period having thus obtained tidal current data, tides, suspended sediment concentration, sediment type and direction of currents in the flood and ebb tide. The results reveal that between the periods from 2011 to 2015 about 14.91 meters was eroded, an average of 3.31m / s. It should be noted that in this region as semi-diurnal tides, composed of two floods and two empties reaching high heights of up to 4 meters, as currents with greater influence for erosion in this area under study are like currents of the north arriving these at the speed of 105 cm / s, with higher velocities occurring during the ebb. In this way, if there is no intervention in 5 years and 2 months, this process of erosion can present an advancement of 28.8 meters.

Key words: Erosion dynamics, chains, tides, protection wall, mangrove reforestation, urbanization

## **Lista de figuras**

Figura 1: Esquema representativo do transporte dos diferentes tipos de cargas. Fonte: (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).....	6
Figura 2: Perfil longitudinal dos sedimentos depositados ao longo de um estuário. Fonte: (CARTER, 1984).....	14
Figura 3: Elementos constituintes de gabião tipo caixa. Fonte: (BARROS, 2008). ....	16
Figura 4: Elementos constituintes de gabião tipo saco: Fonte (BARROS, 2008).....	17
Figura 5: Área de estudo, Fonte: Google Earth.....	18
Figura 6: Pontos de coleta de dados, Fonte: Google Earth .....	21
Figura 7: Imagens da avaliação da dinâmica da erosão em Mugogoda 2003 a 2016. Fonte: Google Earth .....	23
Figura 8: gráfico de tendência da distância erodida de 2003 a 2016 .....	24
Figura 9: Variação das correntes do norte e este em função da maré .....	25
Figura 10: Trajetórias das correntes no período vazante e enchente: Fonte: Google Earth .....	26
Figura 11: variação de concentração de sedimentos suspensos na coluna da água em função da maré. ....	27
Figura 12: Variação da energia da onda em função da maré .....	28
Figura 13: Tipo de sedimentos em função das estações.....	29
Figura 14: Diagrama de (HJULSTROM, 1935).....	30
Figura 15: causa da erosão nos últimos tempos em Mugogoda .....	31
Figura 16: Opinião dos entrevistados em relação as medidas de mitigação .....	32
Figura 17: Medidas de Mitigação construção de muro de proteção. Fonte: ArcMap.....	33

## **Tabela**

Tabela 1- Classificação da erosão pelos fatores ativos. Fonte (BAHIA, 1992).....	7
Tabela 2: materiais usados para coleta dos dados. Fonte: Autor .....	19

## **Equações**

Equação 1-Velocidade Média da erosão .....	20
Equação 2-Massa de sedimentos.....	21
Equação 3-Concentração de sedimentos suspensos .....	21



## Índice

Agradecimentos.....	I
Dedicatória .....	II
Declaração de Honra .....	III
Resumo.....	IV
Abstract .....	V
Lista de figuras .....	VI
CAPITULO I.....	1
1.0 Introdução.....	1
1.1 Problematização.....	2
1.2 Justificativa.....	3
1.3 Objectivos.....	3
1.3.1 Geral .....	3
1.3.2 Específicos.....	3
CAPITULO II .....	4
2.0 Fundamentação Teórica.....	4
2.1. Erosão .....	4
2.2 Definição Erosão .....	4
2.3 Tipos de Erosão .....	4
2.4 Fatores que condicionam os processos erosivos.....	7
2.5 Dinâmica das Mares .....	9
2.6 Movimento das ondas.....	11
2.7 Maré: Correntes de maré .....	12
2.8 Transporte de sedimentos .....	13
2.9 Obras de proteção costeira.....	15

CAPITULO III .....	18
3.0 Metodologia.....	18
3.1 Área de Estudo.....	18
3.2 Materiais usados .....	19
3.3 Métodos .....	19
3.4 Avaliação da dinâmica de erosão dos solos em Mugogoda .....	19
3.5 Identificação das causas aliadas a erosão dos solos em Mugogoda .....	20
3.6 Possíveis medidas de mitigação da erosão dos solos em Mugogoda .....	22
CAPITULO IV .....	23
4. Resultados e Discussão.....	23
4.1 Avaliação da dinâmica de erosão dos solos em Mugogoda; .....	23
4.2 Identificação das causas aliadas a erosão dos solos em Mugogoda .....	24
4.3 Medidas de mitigação da erosão dos solos em Mugogoda.....	31
CAPITULO V .....	34
5. Conclusão .....	34
6. Recomendações .....	35
7.0 Referências Bibliografia.....	36
Anexos .....	40

## **CAPITULO I**

### **1.0 Introdução**

As zonas costeiras constituem intensa atração para o homem por oferecerem condições propícias a diversos usos, como a pesca, a agricultura, atividades portuárias e de transporte, atividades de lazer e entre outros. Para além da sua importância socioeconômica, a zona costeira apresenta elevado valor ambiental devido à riqueza e variedade dos seus habitats.

As áreas costeiras, por apresentarem as características citadas a cima, além de possuírem condições de expansão populacional e espacial, e migrações de populações por vias terrestres e marítimas, foram cenário de ocupações desde antigas civilizações. Dessa forma, a espécie humana vem vivendo nas proximidades de estuários que compõem cerca de 1% de superfície das áreas costeiras há dezenas de milhares de anos. (DAV, 1989).

Segundo (FILHO, 1995) as zonas estuarinas são, possivelmente, as áreas do planeta que possuem a gama mais variada de usos, que oscilam do puro lazer à intensa exploração econômica, e ainda destaca a intensa pressão que tais sistemas vêm sofrendo.

As áreas estuarinas apesar de terem vários benefícios a essas populações, a sua utilização pode ser realizada de maneira inadequada trazendo desequilíbrios que acarretam alterações aos sistemas naturais e aos organismos deles dependentes incluindo as sociedades humanas.

Em Moçambique, a erosão é agravado pelos níveis elevados de pobreza em que vive a maioria da população rural do país que procuram as zonas costeiras como áreas de refúgio devido a gama variedade de uso citadas acima que a mesma possui. As experiências existentes de combate ou mitigação dos problemas de erosão no país, mostram que as ações implementadas são frequentemente de carácter corretivo, sendo poucos os casos de medidas implementadas para prevenir o fenómeno. Nestas intervenções, é comum atacar-se o problema onde ele mais se manifesta sendo poucas as vezes em que é atacado na origem através da identificação e minimização das causas que o originaram. (MOIAMBO, 2015).

A ausência de um programa claro sobre como atacar o problema da erosão no país é tão generalizado que conduz a situações em que a infraestrutura de habitação, de reassentamento da população ou mesmo de aproveitamento do solo é implantada em zonas com elevado risco de erosão.

A erosão remove a capa superior do solo, reduz os níveis de matéria orgânica e contribui para a ruptura da estrutura do solo criando um ambiente não favorável para o crescimento da planta. Com o intuito de minimizar esses impactos o presente estudo visa estudar os processos que contribuem para a erosão na zona de Mugogoda e propor medidas adequadas para a mitigação naquela zona, onde os moradores tem sofrido um verdadeiro desconforto com a fúria das marés, bem como, alertar a entidade em geral, a darem maior relevância a este processo da erosão nas zonas costeiras não só ao nível da Pais mas também a nível mundial.

## **1.1 Problematização**

Em todo o mundo aproximadamente, 60% da população mundial vive num raio inferior a 69km das zonas costeiras dos respectivos países. E espera-se que dois terços da população residente em países em desenvolvimento venham a deslocar-se para estes locais (POST & LUNDIN, 1996). Com a observação destas estimativas de dados é fácil depreender a elevada atratividade que caracteriza estes locais, sendo tal facto pressupõe uma ativa gestão sustentável dos mesmos dadas as consequências negativas que tais características podem acarretar.

Quando neste ambientes o processo de transporte de sedimentos é alterado por destruição de vegetação e construção de edifícios, provoca-se desequilíbrio na balanço sedimentar e, conseqüentemente, gerando riscos potencialmente elevados de perdas por erosão (PICCOLI, 2005). O efeito combinado da falta de recursos e a necessidade de satisfação das exigências básicas de sobrevivência conduz à sobre exploração ou utilização não adequada dos recursos disponíveis com implicações graves para o ambiente.

Devido a ação hidrodinâmica, o aumento da densidade populacional, a descarga pluvial, o que acarretou na diminuição do abastecimento sedimentar. A zona de Mugogoda passou a ser uma área vulnerável a estes processos da erosão, pois a incidência das marés tendem a invadir a zona causado a erosão. Este processo está cada dia a ganhar terreno e de forma célere está destruindo as construções habitacionais, há perdas de património natural, e conseqüente a estrada que dá acesso à praia de Zalala está em risco de

ser interrompida e colocando em perigo a vida dos residentes que hoje procuram medidas de evitar os impactos que podem ser causada por este processo nesta área.

## **1.2 Justificativa**

Neste trabalho pretende-se estudar a dinâmica de erosão dos solos em Mugogoda, porem a aplicação deste estudo, para além de contribuir na produção e desenvolvimento do conhecimento científico no País, contribuir na identificação de áreas vulneráveis à erosão, na argumentação dos fatores concorrentes ao desencadeamento do fenómeno, esta matéria ira constituir uma ferramenta fundamental para a gestão sustentável dos processos costeiros e distinguir possíveis medidas de mitigação da erosão nesta área identificada afim de evitar danos futuros.

## **1.3 Objectivos**

### **1.3.1 Geral**

Estudar a dinâmica da erosão dos solos em Mugogoda

### **1.3.2 Específicos**

- ✓ Avaliar a dinâmica de erosão dos solos em Mugogoda;
- ✓ Identificar as causas associadas a erosão dos solos em Mugogoda;
- ✓ Propor medidas de mitigação da erosão dos solos em Mugogoda;

## **CAPITULO II**

### **2.0 Fundamentação Teórica**

#### **2.1. Erosão**

O termo erosão pode ser definida como um conjunto de processos pelos quais os materiais terrosos e rochosos da crosta terrestre são degradados, desgastados ou dissolvidos e transportados pela ação dos agentes erosivos como água, vento e gelo. Esse processo ocorre naturalmente na superfície terrestre ao longo do tempo geológico, sendo responsável pela esculturação do relevo da terra. Entretanto, alguns terrenos possuem uma configuração da paisagem com maior ou menor suscetibilidade erosiva. Essas suscetibilidades podem ser potencializadas pela maneira como o homem utiliza estes terrenos (SALOMAO, 1989).

#### **2.2 Definição Erosão**

Para o processo que atualmente ocorre na área em estudo, deve-se ter a noção do que seja erosão, na base dessa compreensão, pretende-se aprofundar na pesquisa.

(PASTORE, 1986), conceitua o fenômeno da erosão sendo um processo geral através do qual os materiais terrosos ou rochosos da crosta terrestre são desagregados, dissolvidos ou desgastados, e transportados de um ponto a outro por agentes naturais, tais como rios, mares, vento e chuva.

(GUERRA, 1997), relata que a erosão dos solos é um processo que ocorre em duas fases: uma que constitui a remoção de partículas, e outra que é o transporte desse material, efectuado pelos agentes erosivos. Pode-se citar ainda a definição de (GRAY & LEISER, 1989), segundo os quais erosão é a remoção das camadas superficiais de solo por agentes hidrodinâmicos; marés, ondas e correntes, vento e gelo. A erosão dos solos envolve os processos de destacamento e transporte por estes agentes, sendo iniciada por arranque, impacto, ou forças de tração atuando sobre o material.

#### **2.3 Tipos de Erosão**

*Erosão acelerada* é uma erosão de processo rápido e destrutivo e geralmente iniciado pela ação do homem, onde a taxa de remoção supera as taxas de formação ou gênese dos solos.

*Erosão Geológica* é um processo lento, responsável pela moldagem do relevo da crosta terrestre com seus vales, rios, montanhas, planícies, planaltos e deltas. É um processo construtivo, não influenciando pelo homem, onde as taxas de formação superam as taxas de remoção do solo.

### **Classificação da erosão conforme os agentes erosivos**

Os agentes erosivos ou intempéricos podem também ser considerados como um fato utilizado para a classificação dos diferentes tipos de erosão.

*Erosão Pluvial* é a erosão causada pelas águas das chuvas sendo um dos principais agentes desencadeadores de processos erosivos, adquirindo importância ainda maior em regiões tropicais ou subtropicais úmidas. Nestas regiões, a erosão provocada pela ação da chuva costuma ser, de fato, a mais pronunciada. A erosão pluvial é controlada basicamente por três fatores naturais, que são: o clima, o solo e relevo.

(SANTIAGO, 1999), cita a precipitação como fator controlador mais importante do processo. O clima será determinante principalmente nas características da intensidade, duração e distribuição das chuvas. Chuvas torrenciais representam as formas mais agressivas de atuação deste agente.

*Erosão Fluvial* este processo ocorre, quando a ação dos rios, canais proporciona desgastes da margem e do fundo do canal e carrega o material removido ao longo do leito. O local onde a erosão ocorre depende do tipo de canal: canais “jovens” (menores) geralmente apresentam erosão do fundo; canais “maduros” (maiores) sofrem basicamente erosão das margens. Os materiais erodidos e depositados em um trecho específico do canal costumam apresentar-se balanceados.

Segundo (SUGUIO & BIGARELLA, 1990) uma série de variáveis controlam o comportamento dos sistemas fluviais, dentre as quais se indicam a descarga do canal, o tamanho dos grãos, a largura do canal, a profundidade do fluxo, a forma e sinuosidade do canal. O comportamento do sistema é então definido a partir de uma situação em que todas variáveis se encontrem em estado de equilíbrio dinâmico. Através dos sedimentos erodidos, transportados e depositados no canal, pode-se avaliar o poder dos mesmos. Estes três processos são definidos pela velocidade das correntes, turbulência do fluxo, variado com as fases da maré, apresentado interdependência e ocorrendo a partir de mudança no fluxo.

A velocidade e a turbulência variam tanto no perfil longitudinal quanto no transversal do leito de um rio ou canal. De acordo com (CHRISTOFOLETTI, 1981) ao longo do perfil longitudinal, quando a velocidade é lenta e uniforme, as águas fluem em camadas, sem haver misturas entre elas, constituindo

o fluxo laminar, na qual os processos são diminuídos e a capacidade de transporte se torna reduzida, deslocando apenas partículas muito finas. Já para os fluxos turbulentos, com flutuação de velocidade, a capacidade de transporte atinge partículas maiores. A variação na velocidade e na turbulência, ao longo do perfil, define locais preferenciais de erosão e de sedimentação. Em geral, as áreas de menor velocidades e turbulência encontram-se na superfície da água (devido ao atrito com ar), nas paredes laterais e no fundo do canal. Assim as áreas de maior velocidade encontram-se no centro do leito, logo abaixo da superfície de água.

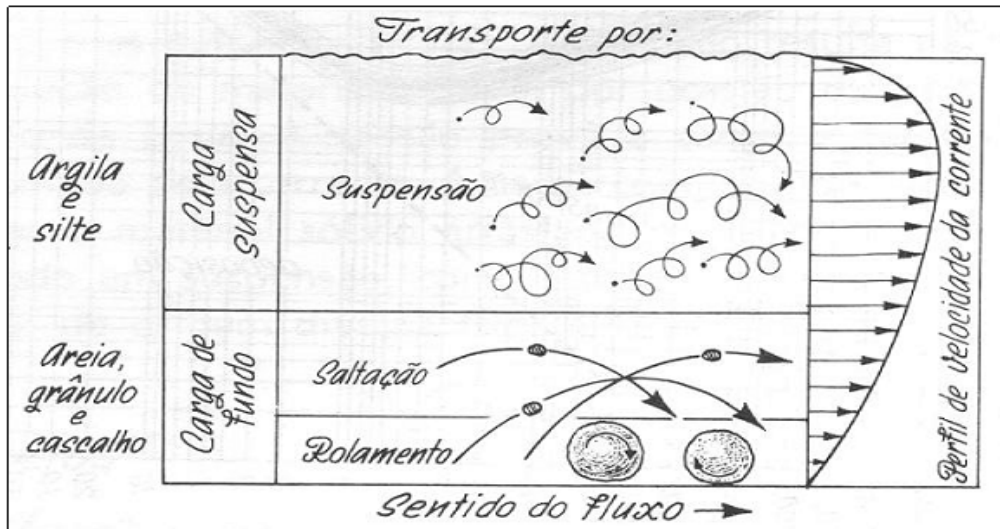


Figura 1: Esquema representativo do transporte dos diferentes tipos de cargas. Fonte: (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

*Erosão costeira* é um fenômeno de proporções globais que vem se agravando com o aumento do nível do mar provocado pelo aquecimento do planeta e o conseqüente degelo das regiões polares. Localmente, porém, diversos fatores podem acelerar e multiplicar os efeitos destes impactos, especialmente quando interferem no fluxo de sedimentos e no equilíbrio dinâmico da linha de costa e seus processos ou fatores. Dentre estes fatores de interferência humana podemos destacar as construções irregulares em praias, campos de dunas, margens de rio, encostas e bordas de tabuleiros (falésias); a fixação e desmonte de dunas; e a construção de portos, quebra-mar e grandes obras de engenharia sem o devido cuidado de não interromper o fluxo sedimentar costeiro (CAMPOS, 2003).

*Erosão Eólica* é causada pela ação do vento, e será mais intensa quanto maior a sua velocidade e a área livre de vegetação ou obstáculos naturais. A erosão eólica está mais relacionada as grandes planícies sem cobertura vegetal. Nessas regiões, a energia cinética do vento desloca as partículas do solo. Dependendo



da força e da velocidade do vento, são removidas as partículas mais finas (argila e silte) e, posteriormente, as partículas mais grosseiras (areia). A distância de deposição está diretamente relacionada a intensidade e a duração do processo.

*Erosão Gravitacional* esse tipo de erosão costuma ocorrer em localidades muito inclinadas, como em cadeias montanhosas. Consiste na ruptura e transporte de sedimentos proporcionados pela ação de gravidade, com a deposição gradual de partículas de rochas das localidades mais altas para os pontos de menos altitude.

Tabela 1- Classificação da erosão pelos fatores ativos. Fonte (BAHIA, 1992)

<b>Fator</b>	<b>Termo</b>
<b>1. Água</b>	Erosão hídrica
<b>1.1 Chuva</b>	Erosão pluvial
<b>1.2 Fluxo Superficial</b>	Erosão laminar
<b>1.3 Fluxo Concentrado</b>	Erosão linear (sulco, ravina, voçoroca)
<b>1.4 Rio</b>	Erosão fluvial
<b>1.5 Lago, reservatório</b>	Erosão límica
<b>1.6 Mar</b>	Erosão Marinha
<b>2.0 Geleira</b>	Erosão glacial
<b>3.0 Neve</b>	Erosão nival
<b>4.0 Vento</b>	Erosão eólica
<b>5.0 Terra, detritos</b>	Erosão soligênicas
<b>6.0 Organismo</b>	Erosão organogênica
<b>6.1 Plantas</b>	Erosão fitogênica
<b>6.2 Animais</b>	Erosão Zoogênica
<b>6.3 Homem</b>	Erosão antropogênica

## **2.4 Fatores que condicionam os processos erosivos**

Os fatores intervenientes do processo erosivo são: o clima (mais especificamente a precipitação pluviométrica), o relevo (forma de inclinação), os solos, a cobertura vegetal e a ação humana são

apontados como fatores fundamentais. Os solos, o clima e o relevo determinam taxas naturais de erosão que podem ser modificadas pela ação humana, ganhando dessa forma a sua intensificação.

### **Precipitação**

Segundo (BERTONI & NETO, 1999) a chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos. A capacidade da chuva em provocar erosão é dita erosividade, que é função da intensidade, duração e frequência da chuva. A intensidade é o fator pluviométrico mais importante na erosão. Quanto maior a intensidade, maior as perdas por erosão. Chuvas torrenciais, como trombas de água, durante o período chuvoso, constituem a forma mais agressiva de impacto da água no solo. Durante estes eventos a aceleração da erosão é máxima.

### **Relevo**

O relevo é um fator natural que determina a velocidade dos processos erosivos. Maiores velocidades de erosão podem ocorrer em relevos acidentados, como morros, se comparados a relevos suaves, como colinas aplainadas, pois a declividade aumenta a velocidade de escoamento das águas, e conseqüentemente a sua capacidade erosiva. A declividade tem maior importância quanto maior for o trecho percorrido da encosta. Por isso, a influência da topografia na erosão é analisada pela ponderação de dois fatores: declividade e comprimento da encosta.

### **Solos**

O recurso natural solo é intensamente afetado pelo processo de urbanização, abrindo caminho para discussão acerca dos tipos como urbanos. Estes solos tendem a alterações drásticas de suas características morfológicas, físicas, químicas e biológicas, tornando-se totalmente distintos dos naturais.

Em bacias urbanas, durante o processo de alteração de uso do solo, as áreas de campos, florestas ou até banhados são ocupados na periferia das cidades. Os loteamentos urbanos são precedidos por intensa atividade de retirada da cobertura vegetal, movimentação de volumes de terra e desestruturação da camada superficial de solo. A alteração de uso do solo é definitiva, o solo, e até o subsolo, ficam expostos para erosão, entre o início do loteamento e o fim da ocupação. Quando a bacia urbana está completamente ocupada e o solo praticamente impermeabilizado, a produção tende a decrescer (TUCCI & COLLISCHONN, 1998).

Segundo (CAVAGUTI & SILVA, 1993) citam como iniciadores dos processos erosivos: o aumento e concentração do escoamento pela impermeabilização, ausência de sistema de drenagem, traçado inadequado das ruas e estradas, desmatamento e falta de infraestruturas em núcleos habitacionais. Dentro desse contexto o controle da erosão urbana é fundamental tanto na manutenção da capacidade de escoamento do sistema de drenagem como na qualidade ambiental. A estrutura do solo, sua composição, espessura e relação textural entre horizontes, associados a textura, compõe o conjunto de informações a ser tratado para se avaliar a erodibilidade (susceptibilidade a erosão) de um solo.

A erosão não é a mesma em todos os solos, pois as propriedades físicas e as características químicas, biológicas e mineralógicas do solo exercem diferentes influencias. A matéria orgânica retém duas a três vezes o seu peso em água, aumentando assim a infiltração, com diminuição das perdas do solo por erosão laminar (BERTONI & NETO, 1999).

### **Cobertura vegetal**

A cobertura vegetal funciona como uma defesa natural para os vários tipos de solos existentes. Sua existência normalmente determina condições que favorecem a infiltração e a evapotranspiração, reduzindo assim o volume de água escoada superficialmente e, conseqüentemente, a ação erosiva da água.

(NISHYYAMA, 1995) Destaca que com a remoção da vegetação nativa, a substituição por outro tipo de cobertura não apresentara a mesma eficiência na prevenção dos processos erosivos, podendo ainda, favorecer a desenvolvimento do mesmo.

## **2.5 Dinâmica das Mares**

Segundo (PERILLO, 1995) propagação da onda de maré podem representar o maior mecanismo físico de circulação no ambiente estuarino. A penetração da maré tem um papel fundamental na renovação e mistura das massas de água na distribuição de salinidade, sedimentos e nutrientes nos estuários.

As variações verticais da maré são causadas pela combinação da atração gravitacional do sistema Terra-Lua-Sol, com a rotação da Terra dependente da massa e distância entre estes, (responsáveis por aproximadamente  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{1}{4}$  das forças das marés, respectivamente). São ondas compostas por cristas e cavas e originalmente possuem pequena amplitude e enorme comprimento. Seu período varia usualmente entre 12,5 horas e 25 horas (marés semi-diurnas e diurna, respectivamente). Outras oscilações de longo período

(quinzenal, mensal e anual), originadas pelo posicionamento dos astros, também provocam variações no comportamento das mares, como as amplitudes máximas de sizígia alcançadas no outono e primavera e amplitudes reduzidas durante o verão e inverno (MIRANDA & CASTRO, 2002).

Segundo (HAYES, 1975), a depender da zonação latitudinal, a altura de maré pode variar de poucos centímetros a vários metros ao longo da costa, classificando-as em:

- ✓ Micromaré (< 2 metros);
- ✓ Mesomaré (2 e 4 metros);
- ✓ Macromaré (4 e 6 metros) e
- ✓ Hipermaré (> 6 metros)

A altura da maré tem um papel fundamental nos ambientes estuarinos, sua importância está relacionado ao volume da água marinha que entra (enchente) e sai (vazante) durante um ciclo completo de maré, denominado prisma de maré. Nos estuários de micromaré, o volume de água em circulação será bem menor que os estuários de macro e hipermaré.

Em águas rasas (particularmente em estuários), as marés podem ser amplificadas ou amortecidas a depender da morfologia estuarina (geometria, batimetria, e extensão da planície de inundação). O corpo estuarino controla a propagação da maré e os campos da velocidade. Neste caso, a convergência das marés do estuário faz com que a onda de maré seja comprimida lateralmente e sobre condições de moderado atrito, a conservação de energia ocasiona o aumento significativo da altura da maré. O maior atrito relativo a convergência lateral causa um decréscimo da altura da maré (PERILLO, 1995). Associado à amplificação ou amortecimento da onda de maré pode ocorrer a deformação da onda, gerando tempos de enchente e vazante desiguais. Normalmente, em estuários com pouca influência fluvial, tempos de subida da maré são curtos e associados a correntes de enchentes mais forte resultando na importação de sedimentos para o interior do estuário causado o processo da erosão (LESSA, 2001).

Segundo (RESTREPO & KJERFVE.B, 2002) factores meteorológicos e hidrológicos ( descarga fluvial, a ação das ondas, as variações da pressão atmosférica e vento) podem causar interferências no comportamento da maré, causando elevação ( set up) ou rebaixamento ( set down) do nível médio do estuário durante dias e semanas.

Segundo (DAVIES, 1964) as marés são as responsáveis pelas trocas de água nos sistemas estuarinos, sendo tão importantes a ponto de servirem de referência para padrões de classificação.

Em alguns estuários as marés representam a principal fonte de energia para a mistura das diferentes massas de água, para a ressuspensão de sedimentos do fundo e para o transporte de tais sedimentos pelo estuário (NICHOLS, 1985). A boa parte das correntes existentes em um estuário são induzidas pela maré oceânica que entra pelo canal, onde suas velocidades são controladas pela pressão hidrostática, profundidade e comprimento da feição (PHELEGER, 1969).

As ondas gravitacionais geradas pelo vento representam as variações de pequeno período (ordem de segundos). São formadas pela transformação da energia do vento em perturbações na superfície das águas através de transferência de energia e atuam principalmente na entrada da boca dos estuários mais rasos e extensos, promovendo mistura. É conhecida como uma forçante de alta frequência ou supramaré, classificação dada em função do seu curto período de ocorrência e repetição em relação a maré astronômica (THURMAN, 1994).

Importante observar que as ondas de maré podem sofrer alterações em função da profundidade e da geometria dos estuários. Três diferentes processos de deformação das ondas de marés são reconhecidas por (NICHOLS, 1985):

- ✓ *Deformação friccional por contacto com o fundo*: que diminui a altura de maré;
- ✓ *Deformação por convergência com a geometria do ambiente e*
- ✓ *Reflexão por obstáculo*

Tais deformações ainda podem servir para a classificação dos estuários, conforme descrito anteriormente.

## **2.6 Movimento das ondas**

O mar é a principal fonte de energia no ambiente costeiros. Estima-se que a metade da entrada de energia em zonas costeiras no mundo deriva de ondas oceânicas (SHORT, 1982). Os mecanismos de aporte de energia na superfície do mar possuem naturezas distintas, tais como a ação do vento, perturbação meteorológica, atração planetária, tsunamis, dentre outros. Estes por sua vez geram ondas com características que diferem quanto aos parâmetros (altura, período) e aos de controle. As ondas geradas pela ação do vento são a principal e mais constante forma de transporte de energia atuante nas zonas costeiras (HOLTHUIJSEN, 2007).

Em zonas costeiras, no entanto, os parâmetros de onda não refletem apenas as características dos ventos incidentes na área de formação, mas também a interação entre o trem de ondas e a batimetria local.

Segundo a teoria linear, uma onda começa a sentir o efeito do fundo quando se encontra a uma profundidade menor que a metade do seu comprimento de onda ( $h < L/2$ ) (GIOCCO, 2000). A partir deste ponto, as ondas passam a sofrer processos de transformação, tais como empinamento, refração, difração e, quebra os quais alteram suas características originais. Uma vez alteradas, as ondas incidentes afetam os padrões de circulação e transporte de sedimentos podendo ocasionar processos da erosão nas zonas costeiras.

## **2.7 Maré: Correntes de maré**

As correntes de marés são determinadas pelo gradiente horizontal do nível de água e não pelo absoluto deste nível em determinado local. Em um estuário não é possível, nem de forma aproximada, obter uma relação unívoca entre o nível da água média do escoamento, como realizado para rios.

Diferentemente das correntes de maré em águas oceânicas, em estuários e canais a velocidade das correntes não está em fase com a amplitude da maré. Em águas oceânicas, a maré se propaga como uma onda progressiva, e máximos valores de correntes de maré são observados na baixamar e na preamar, e a inversão da direção ocorre aproximadamente na metade do tempo da vazante e da enchente (DYER, 1997).

Em estuários e canais de acesso a estuários geralmente a maré é a combinação de uma onda de maré progressiva com uma onda de maré estacionária, e deste modo as velocidades de correntes de maré são encontrados aproximadamente no meio da vazante e da enchente e a mudança da direção da corrente ocorre na baixamar e na preamar (PETHICK, 1984), segundo este mesmo autor a magnitude das correntes de maré dependem parcialmente das características da onda de maré (assimetria e amplitude da onda de maré), e parcialmente da morfologia do estuário.

Devido ao caráter periódico da maré, o escoamento em um canal de maré é fundamentalmente oscilatório, ou seja, apresenta inversões periódicas e sistemáticas de sentido. Portanto, é possível encontrar diversos valores de corrente, inclusive com sentidos inversos, para o mesmo valor (instantâneo) do nível da água num estuário (MELO, 1997).

As forças hidrodinâmicas geradas pelos escoamentos induzidos pelas correntes de maré podem atingir uma situação dinâmica na qual as partículas formadas do leito e margens do canal de escoamento são deslocadas de sua posição inicial (erosão) e passam a se mover juntamente com o fluxo (transporte). Em

outros momentos essas forças praticamente cessam, criando condições de sedimentação das partículas em transporte (assoreamento). As condições em que as partículas do material constituinte do fundo e das margens iniciam o movimento são designadas condições críticas e podem ser expressas em função de parâmetros físicos como: as velocidades medias do escoamento quem por extensão, são denominadas velocidades críticas. Esse parâmetro é usado para análise da estabilidade dos canais percorridos pelo fluxo (ALFREDINI & ARASAKI, 2009).

## 2.8 Transporte de sedimentos

Os estuários e canais são ambientes transicionais na interface continente-oceano os quais concentram o fluxo de massa para os mares costeiros. São ambientes onde são observados fortes gradientes ambientais resultantes da dinâmica de interação entre a água doce e salgada no interior da bacia estuarina (DYER, 1986).

A mistura entre as águas de diferentes densidades depende do nível de energia disponível para gerar mistura. Esta é fornecida principalmente pela fricção gerada pela propagação de ondas de marés, qual produz turbulência. Além de afetar a distribuição vertical e longitudinal da salinidade, também traz implicações nos processos de transporte e retenção de materiais partindo dos Oceanos, estuários e rios. Muitos estuários possuem um elevado grau de retenção de materiais (sedimentos, nutrientes e poluentes), o que é definido como efeito filtrante (CARTER, 1984).

Criando em gradiente de sedimento na interação Oceano, estuários e rios:

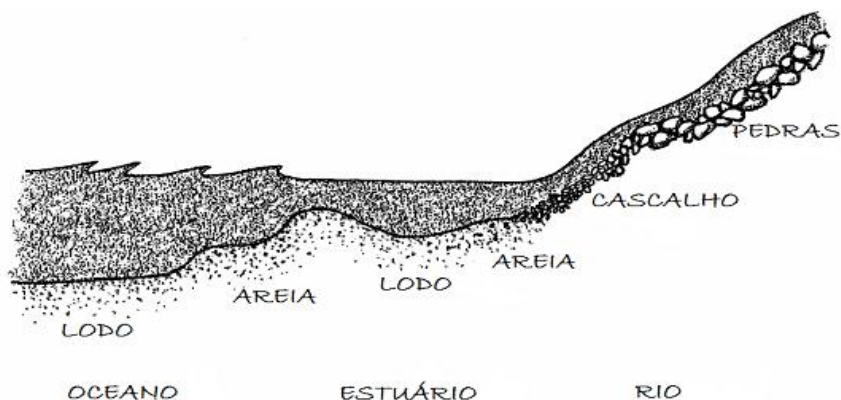


Figura 2: Perfil longitudinal dos sedimentos depositados ao longo de um estuário. Fonte: (CARTER, 1984)

Segundo a International Commission On Large Dams (ICOLD, 1989) conceitua sedimentos como partículas derivadas de materiais rochosos ou biológicos que são transportados por um fluido, material sólido em suspensão ou depositado no leito. Os sedimentos em suspensão são as partículas suportadas por componentes ascendentes de correntes turbulentas e que permanecem em suspensão por uma duração de tempo considerável.

O destino dos sedimentos é controlada pela dinâmica do estuário, principalmente através da hidrodinâmica forçada pelas marés. É gerada então uma componente advectiva de transporte de material particulado em suspensão, fazendo com que ocorra a erosão dos sedimentos do fundo devido à força de atrito, e por meio de turbulência tornando-se apenas fundamental na floculação dos sedimentos (CANCINO & NEVES, 1999).

O processo de circulação de sedimentos é cíclico, com a erosão do leito na fase da enchente da maré, deposição na fase de estufa da enchente (maré Cheia), voltando a erodir na vazante e assim sucessivamente.

### **Deposição do material erodido**

A erosão pode transportar as partículas a vários quilômetros de distância do local de origem, das montanhas para os vales, e pelos rios para o mar. Por outro lado, o solo erodido pode deslocar-se um ou dois metros e se depositar numa pequena depressão de terreno ou no sopé de uma encosta. A quantidade de material erodido que entra num curso de água, dividida pela quantidade total de solo erodido é chamada de taxa de fornecimento de sedimento.

Em algumas bacias hidrográficas onde as pendentes são pronunciadas, quantidades de até 60% de solo erodido podem chegar a um córrego. Em contrapartida, menos de 1% do material erodido chegam aos cursos de água em bacias que apresentam relevos planos a suave-ondulados. Geralmente, a taxa de fornecimento de sedimentos é maior para micro bacias hidrográficas que para grandes bacias, devido a que nas grandes bacias ocorrem maiores possibilidades para a deposição dos sedimentos em depressões no terreno ou no sopé de encosta, antes de chegar aos cursos de água. Estima-se que 5 a 10 % de todo material erodido chega ao mar. o restante é depositado em represas, leitos de rios, planícies fluviais, ou terrenos mais planos em posições topográficas mais elevadas que os cursos de água.



## **2.9 Obras de proteção costeira**

As estruturas marítimas têm vários propósitos, sendo muitas vezes aplicadas como medida de defesa contra a erosão e a inundação da costa. Estas estruturas, ao impedirem a livre acção das ondas do mar e condicionarem a circulação de sedimentos, protegem praias, costas, bacias e portos e proporcionam a estabilização dos canais de navegação (SOUSA, 2011).

Fundamentalmente, as obras de defesa costeira são três tipos: obras transversais (como os esporões), obras longitudinais aderentes (como os paredões), e obras destacadas (como alguns quebra mares). Todas elas, regra geral, têm consequências para o troço litoral em que são implantadas. Efetivamente, basta o fato de se tratar de estruturas estáticas, rígidas, inseridas num meio que é profundamente dinâmico, pode causar perturbações profundas nesse meio. Acresce, ainda mais, mesmo que tais estruturas tenham como objetivo, tornar estáticas (ou o menos dinâmico possível) partes importantes da zona costeira (DIAS & FERREIRA, 1994).

A implantação de obras de proteção costeira depende do tipo, do tamanho e da localização das necessidades do método utilizado; dos efeitos sobre as praias adjacentes e do impacto econômico resultante da obra costeira. Busca-se eleger o tipo de proteção a ser definido, como muro de proteção, espigão e alimentação artificial procurando suprir as necessidades de acordo com a disponibilidade econômica local. Aliado a essa base, é necessária a realização de estudos ambientais, como o monitoramento dos diferentes parâmetros envolvidos no fenômeno, como a dinâmica das ondas, ventos, dos níveis de água, as alterações na movimentação e no abastecimento dos sedimentos, correntes de marés, como condicionantes para um adequado manejo costeiro (PERNAMBUCO, 2012).

### **Métodos aplicados**

Os principais métodos utilizados na proteção costeira buscam, no primeiro momento, prevenir ou eliminar os efeitos, este é denominado método direto. O outro método procura a correção do problema por meio de eliminação das causas. São exemplos de medidas indiretas:

- ✓ Retomada dos aportes sólidos retidos em barragens, ao sistema costeiro.
- ✓ Correção do transporte litorâneo por meio de modificações definidas, adequadamente, através de um estudo de monitoramento no projeto de espigões, molhe, quebra-mares, muros novos, gabiões, entre outros.

## Os Gabiões

Segundo (BARROS, 2008) são elementos modulares, com formas variadas, confeccionados a partir de telas metálicas em malha hexagonal de dupla torção que, preenchidos com pedras de granulometria adequada e costurados juntos, formam estruturas destinadas à solução de problemas geotécnicos, hidráulicos e de controle da erosão. A montagem e o enchimento destes elementos podem ser realizados manualmente ou com equipamentos mecânicos comuns.

### Gabiões tipo caixa

O gabião tipo caixa é uma estrutura metálica, em forma de paralelepípedo, produzida a partir de um único pano de malha hexagonal de dupla torção, que forma a base, a tampa e as paredes frontal e traseira. A este pano base são unidos, durante a fabricação, painéis que formarão as duas paredes das extremidades e os diafragmas

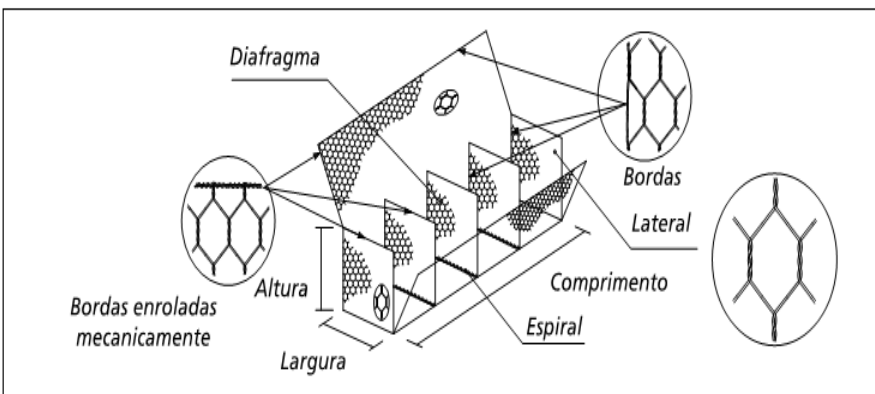


Figura 3: Elementos constituintes de gabião tipo caixa. Fonte: (BARROS, 2008).

### Gabiões tipo saco

Os gabiões tipo saco são estruturas metálicas, com forma de cilindro, constituídos por um único pano de malha hexagonal de dupla torção que, em suas bordas livres, apresenta um arame especial que passa alternadamente pelas malhas para permitir a montagem da peça no canteiro

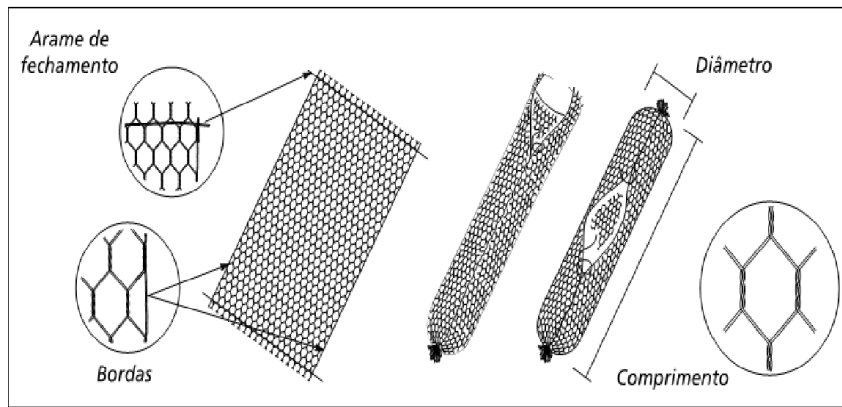


Figura 4: Elementos constituintes de gabião tipo saco: Fonte (BARROS, 2008).

### **Estruturas Permeáveis e drenantes**

A permeabilidade e seu efeito é a característica funcional de maior destaque em uma estrutura de gabião. Esta propriedade permite o fluxo de águas de percolação do maciço, aliviado o empuxo hidrostático sobre o sistema de contenção. Outro benefício de drenar a água interna e de eliminá-la externamente é a contribuição a consolidação do solo, a favor da segurança e eficiência da obra

## CAPITULO III

### 3.0 Metodologia

#### 3.1 Área de Estudo

O trabalho intitulado Estudo da Dinâmica da erosão dos Solos em Mugogoda foi realizado em Mugogoda posto administrativo de Maquival atual Distrito da Quelimane, localizado a uma latitude de 17°47'42,79" Sul e uma longitude de 37°04'39,55" Este, dista se a 7 quilômetros da Praia de Zalala, a oeste a 33 quilômetros da cidade de Quelimane e norte o distrito de Macuse. A localidade de Mugogoda está sofrendo nos últimos 15 anos um aumento da densidade populacional, sendo maioritariamente habitado por agricultores, pescadores, comerciantes que por sua vez veem esta localidade como fonte de renda devido à escassez de produtos de primeira necessidade, e reside nesta região 14.2 % dos funcionários que exercem nesta área as suas funções diárias.

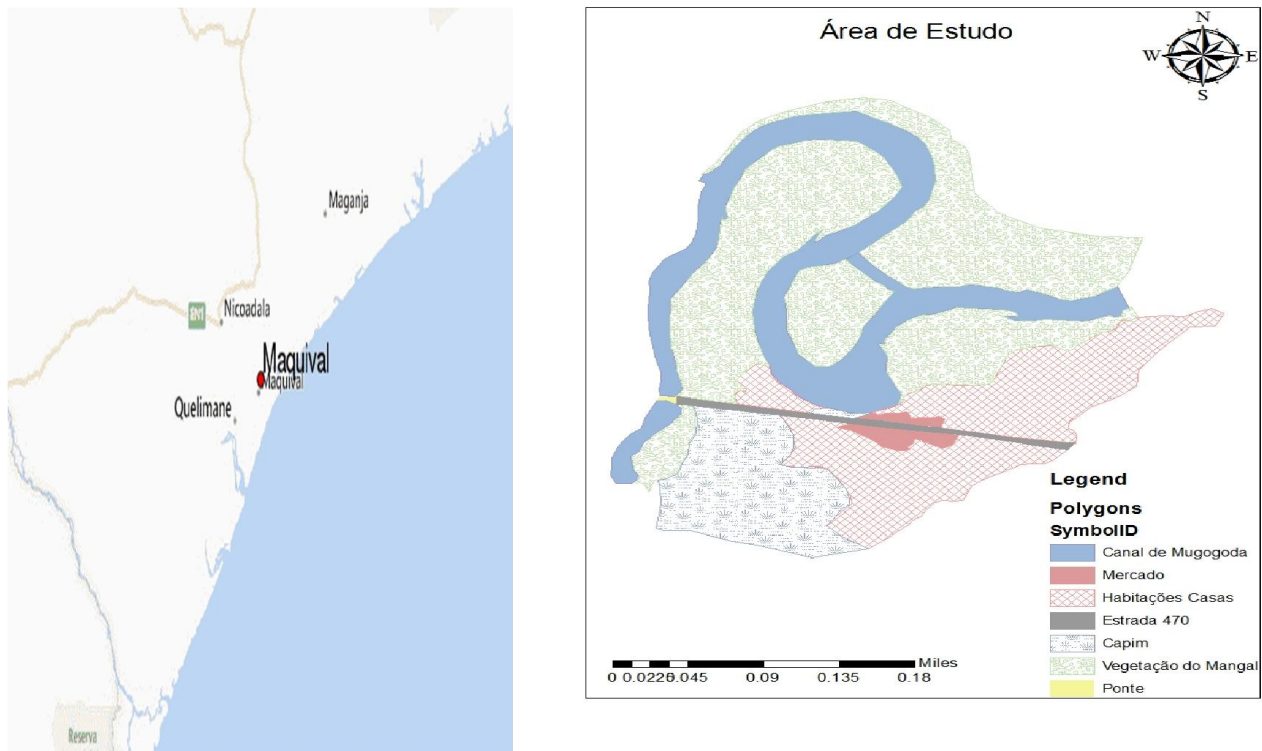


Figura 5: Área de estudo, Fonte: Google Earth

### 3.2 Materiais usados

Tabela 2: materiais usados para coleta dos dados. Fonte: Autor

<b>Equipamento</b>	<b>Modelo</b>	<b>Série</b>	<b>Precisão</b>
Marégrafo	TWR-2050	27982	$10^{-13}$
Correntômetro	Seguard	1385	$10^{-6} - 10^{-15}$
GPS	Astro	220	$0.01^{-2}$
Transmissor DC40	_____	_____	_____
Boias, cordas e peso	_____	_____	_____
Maquina fotografia	Samsung	RV8H213XGBZ	13MP
Embarcação (canoa)	_____	_____	_____

### 3.3 Métodos

Na execução deste trabalho foram utilizados equipamentos de medição com princípios de funcionamento diferenciados. Essas diferenças originam técnicas de amostragem e de processamentos dos resultados também distintas.

Para chegar os resultados obtidos realizou se revisões bibliográficas, análise e visualizações de imagens Google Earth, duas saídas do campo, na qual a primeira foi realizada entrevistas a população local, residente a redores da áreas de estudo onde foram entrevistados no total 42 moradores, estes que foram abordados em suas casas e alguns no pequeno mercado de Mugogoda no período de 16 horas. Os inqueridos foram separados em classes de idade entre (14-17anos, 18-25 anos, 26 a 34 anos, 35-59anos e mais de 60 anos) e consoante a fonte de renda: Funcionários, agricultores, Pescadores, Comerciantes e outros. A entrevista cobriu toda a área de Mugogoda. Os dados foram processados no programa SPSS STATISTIC e apresentados em gráficos de Barras, e a segunda a recolha de dados no local da ocorrência da erosão.

### 3.4 Avaliação da dinâmica de erosão dos solos em Mugogoda

Na avaliação da dinâmica de erosão dos solos em Mugogoda efeito se visitas de observações na área em causa, em seguida foi feitas as entrevistas a comunidade local, imagens aéreas com o auxílio de

Google Earth num período de 13 anos a partir de 2003 a 2016 na qual observou se a dinâmica da linha do costa (avanço e recuo das margens do canal). Durante o processo da entrevista a comunidade contribui positivamente no que concerne ao processos relacionados com o início da erosão, até que ponto a erosão avançou durante o período do seu início e as possíveis sugestões de minimização deste processo, foi usada a formula abaixo para sabermos a velocidade média da erosão durante os 13 anos

$$V = D/A \text{ (Equação 1)}$$

Onde:  $D$  é a distância erodida e  $A$  representa os anos

### **3.5 Identificação das causas aliadas a erosão dos solos em Mugogoda;**

Na etapa para a identificação das causas aliadas a erosão dos solos na área de estudo foi realizada uma campanha oceanografia, na qual pretendia se obter os dados da corrente de maré e marés, que foi efectuado num período de 24 horas, a partir do dia 7 de Outubro até no dia 8 de mesmo mês de 2017.

Para o efeito foi ancorado o correntómetro a uma profundidade de 1m com auxílio de 3 boias uma corda e um peso colocado no fundo do canal do ponto 1 no dia 7/10/2017 e no ponto 2 no dia seguinte na qual o instrumento nos deu acesso a dados da intensidade da corrente de mares e as respectivas direcções da corrente, o marégrafo foi colocado no fundo acoplado a uma boia e uma corda no ponto M os instrumentos fora calibrados para fazer a medição a cada 10 minutos.

Os dados obtidos foram extraídos usando os programas Seaguard Studio para o correntómetro e o programa Ruskin para o marégrafo, respectivamente gravados na planilha de Microsoft Excel 2013, onde foram produzidos os gráficos.



Figura 6: Pontos de coleta de dados, Fonte: Google Earth

Efetuo se a coletas de sedimentos em 6 pontos, das quais 3 na margem esquerda do canal e 3 na margem direita do canal. As amostras foram colocadas a secagem durante 3 dias e depois levadas a balança onde cada plástico de sedimento foi pesado a 800 gramas e efetuo se a peneiragem para obter o tipo de sedimento presente na área de estudo.

Colheu se as amostras de agua em 24 garrafas plásticas de 500ml a cada uma hora num período de 24 horas a partir das 11:00 horas do dia 07/10/2017 até as 11:00 horas do dia 08/10/2017 no ponto AA, foram levadas as amostras para o laboratório do solo onde foi filtrada a água de cada garrafa plástica corresponde a hora que foi colhida a amostra e em seguida os sedimentos filtrados foram submetidas a secagem na estufa durante uma hora a uma temperatura de 105°C para poder ter a concentração dos sedimentos suspensos.

Onde para a obtenção da concentração dos sedimentos suspensos usou se a seguinte formula:

$$Ms = p_{sf} - p_f \text{ (Equação 2)}$$

$$C_{ss} = \frac{Ms}{V_{gp}} \text{ (Equação 3)}$$

Onde:  $Ms$ - massa de sedimento em  $g$ ,  $p_{sf}$ -peso do sedimento filtrado,  $p_f$ -peso do filtro,  $C_{ss}$ - concentração de sedimentos suspensos em  $g/l$ ,  $V_{gp}$ -volume da garrafa plástica=  $500ml = 0,5l$

A boia lagrangeana acoplada a um transmissor DC40 com transmissão via satélite para um GPS Astra 320 foi usada para nos fornecer a trajetória das correntes na qual nos permitiu observar qual das margens sofria mas o processo da difração das correntes.

### **3.6 Possíveis medidas de mitigação da erosão dos solos em Mugogoda**

Para poder se ter as possíveis medidas de mitigação da erosão dos solos este por sua vez seguiu o padrão dos resultados apurados no segundo objetivo (causas da erosão dos solos em Mugogoda) e também a entrevista feita a comunidade local com intuito de saber quais seriam as melhores formas mais viáveis para poder minimizar essa situação naquele local.



## CAPITULO IV

### 4. Resultados e Discussão

#### 4.1 Avaliação da dinâmica de erosão dos solos em Mugogoda;

Na figura 7 as imagens revelam a dinâmica da erosão dos solos em Mugogoda, pode se observar na imagem de 2003 as margens deste local em estudo apresentam as características habituais como registamos no reconhecimento aéreo efectuado na baixa mar, em 2011 pode se notar que o processo da erosão teve um aumento significativo este fator associa se ao aumento da densidade populacional nesta região e ao abate do mangal.

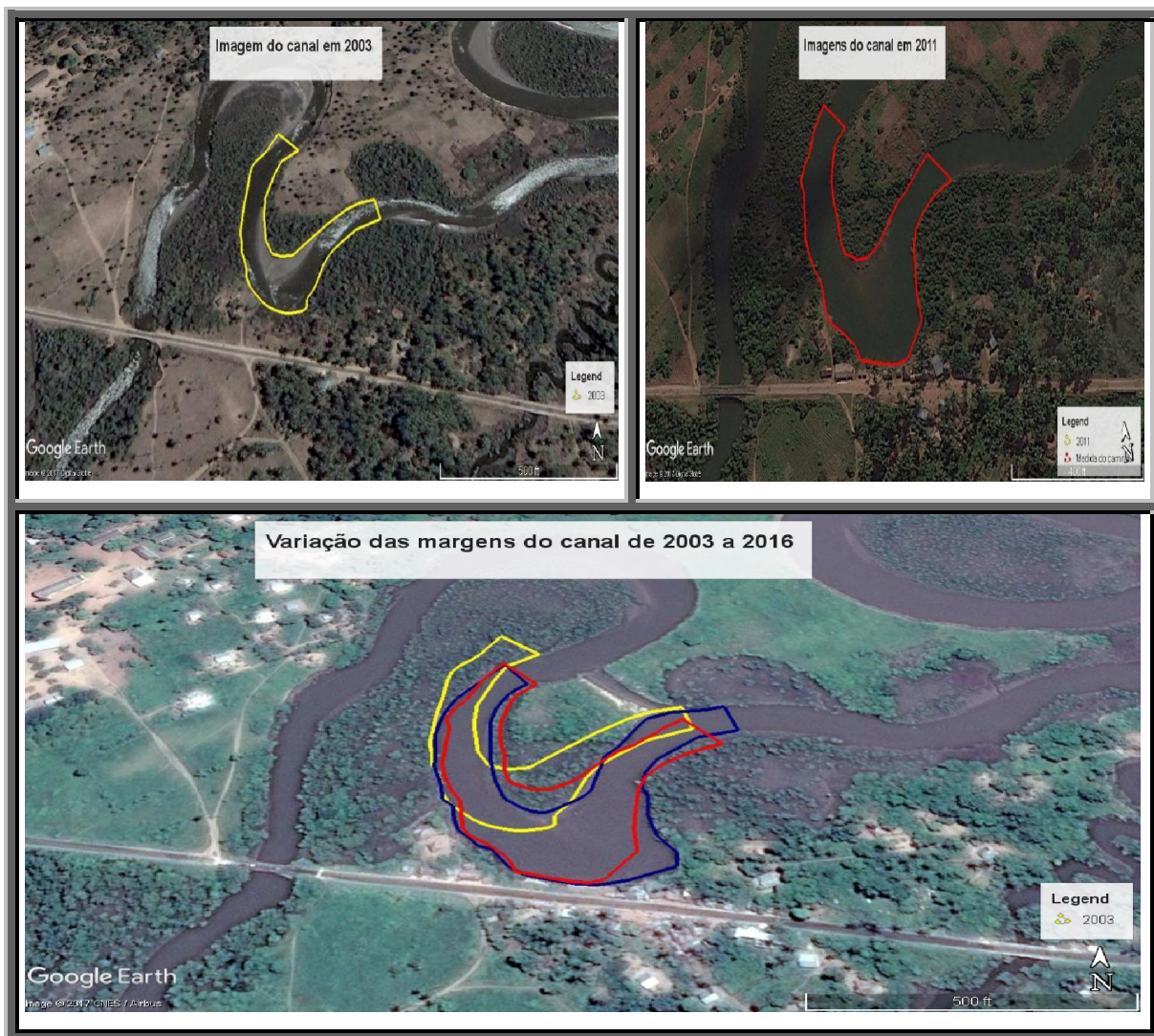


Figura 7: Imagens da avaliação da dinâmica da erosão em Mugogoda 2003 a 2016. Fonte: Google Earth

Em 2016 a erosão nesta área atingiu níveis drásticos onde se observou da perda das casas e lojas e por pouco esse processo da erosão iria romper a estrada EN470 que dá acesso a famosa da Praia de Zalala fator estes que foi minimizado pela população local neste período

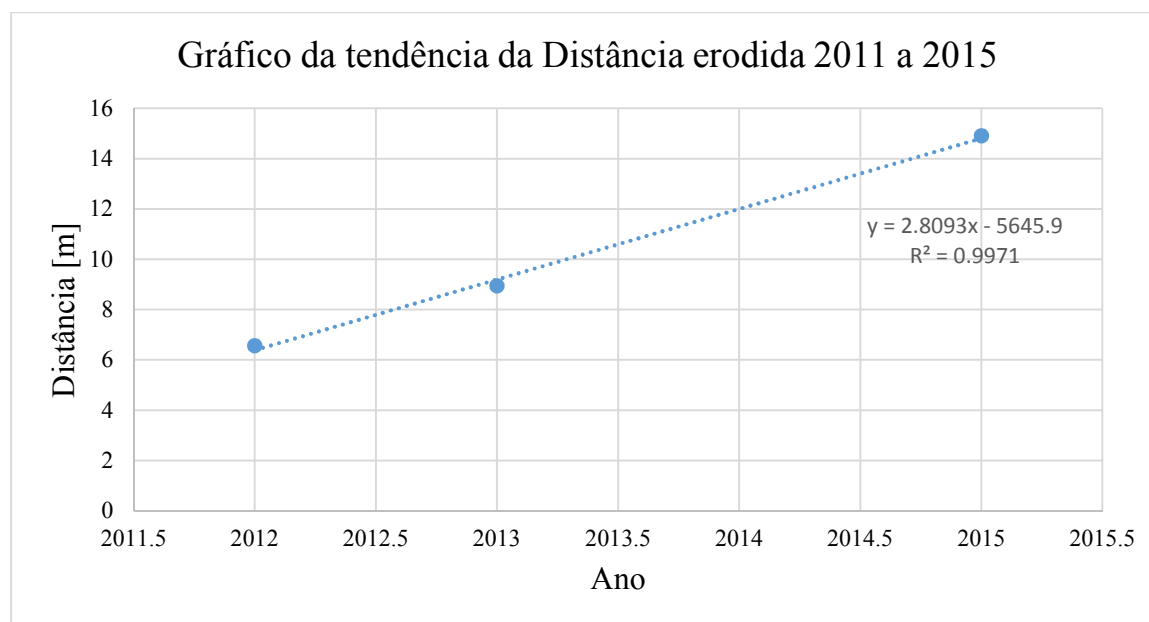


Figura 8: gráfico de tendência da distância erodida de 2011 a 2015

De 2011 a 2012 a erosão avançou 6.57 metros a uma velocidade de 5.9 m/s, está por sua vez veio a apresentar um avanço menos considerável em relação aos dois anos anteriores tendo avançado 2.37 metros de 2012 a 2013 a uma velocidade de 1.9 m/s, e no período de 2013 a 15/01/2015 a erosão progrediu 5.97 metros a uma velocidade de 2.7 m/s. A área em estudo de 2011 a 2015 avançou 14.91 m no período de 4 anos a uma velocidade média de 3.31m/s. Segundo a figura 8, gráfico da tendência da distância erodida de 2003 a 2016 estes resultados apresentam uma margem de erro de 1% e 99% de acerto, Deste modo se não for tomada uma medida nesta área em 2020 a mesma poderá apresentar um avanço considerável de 28.8 metros, segundo a equação apresentado no gráfico da tendência  $y = 2.8093x - 5645.9$

#### 4.2 Identificação das causas aliadas a erosão dos solos em Mugogoda

O gráfico da figura 9 são representados os resultados das correntes de marés (lidas no eixo a esquerda), e o nível da maré (lidas no eixo a direita) em função do tempo na fase da maré num período de 24 horas. Nota se grandes variações da correntes do norte durante as fases da maré, onde o máximo da corrente

foram observados na vazante do dia 7/10/2017 no período das 20 horas e 20 minutos, com uma velocidade de 105,965 cm/s com altura máxima da maré de 2.5m, a mesma veio apresentar velocidade máxima de 75cm/s no dia seguinte quando mudou de direção para o sul, para correntes do este observou se quase um padrão constante das 11 horas momento que foi ancorado o marégrafo até as 6 e 50 do dia seguinte tendo esta atingido a sua velocidade máxima de 70 cm/s as 11 e 30 minutos.

De acordo com o gráfico da figura 9 a combinação das marés com as correntes do norte, contribui significativa para o processo da erosão nesta região. Observou se que a intensidade das correntes apresentam valores elevados no período da vazante. Segundo (FILINHO, 2009) este alega que em canais as correntes de marés são fortes na vazante do que na enchente, pelo facto das correntes da enchente terem somente uma força causadora da corrente, a força exercida entre o sol e a lua, enquanto que na vazante tem inúmeras forças atuantes tais como: a topografia do canal, a força da gravidade e a força exercida entre a lua e o sol. (FONTES, 1999) Ainda enfatiza que a topografia do canal é o fator mais relevante no desenvolvimento dos fenômenos erosivos acelerados, quanto mais a inclinação mas acentuado e volumoso será o escoamento superficial. E segundo (DELGADO, 2011) em canais a velocidade da vazante é superior à da enchente, e a duração da vazante é também superior à da enchente.

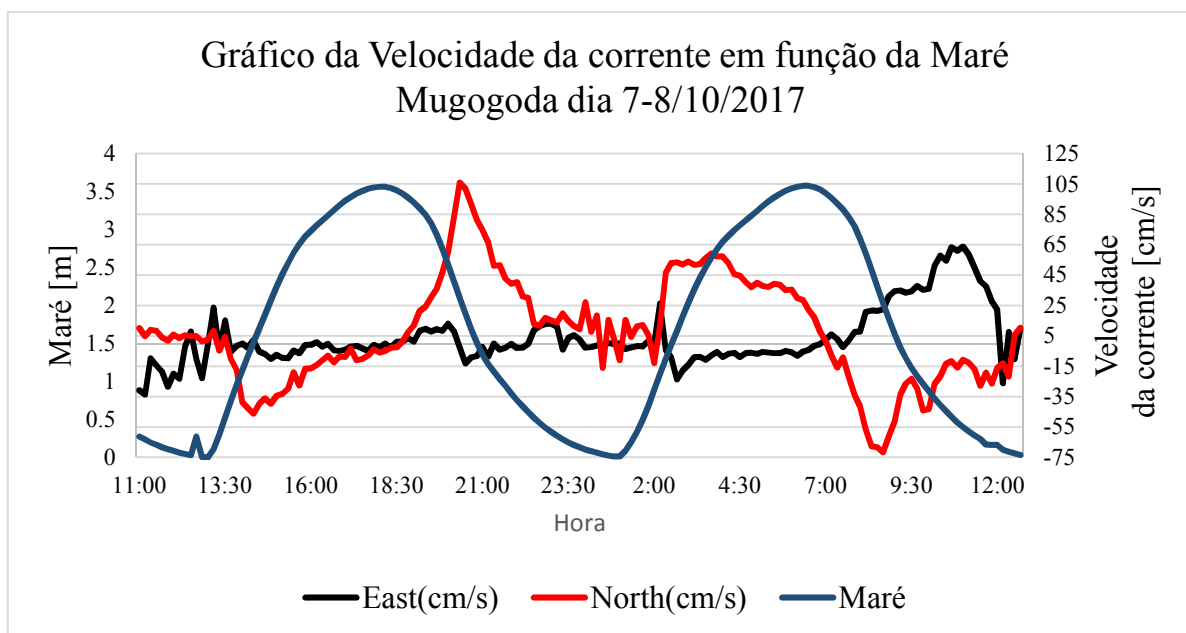


Figura 9: Variação das correntes do norte e este em função da maré

A figura 10 mostra a trajetória das corrente traçados pelo transmissor DC40 com transmissão via satélite para um GPS Astra 320 no período da vazante e enchente observa se que a maioria das trajetórias reflete

na margem direita na direção oeste sendo quatro no período da enchente e dois no período da vazante e com as restantes as três trajetórias refletem mais a este no período da vazante ambos locais este que apresentam o processo da ocorrência da erosão.

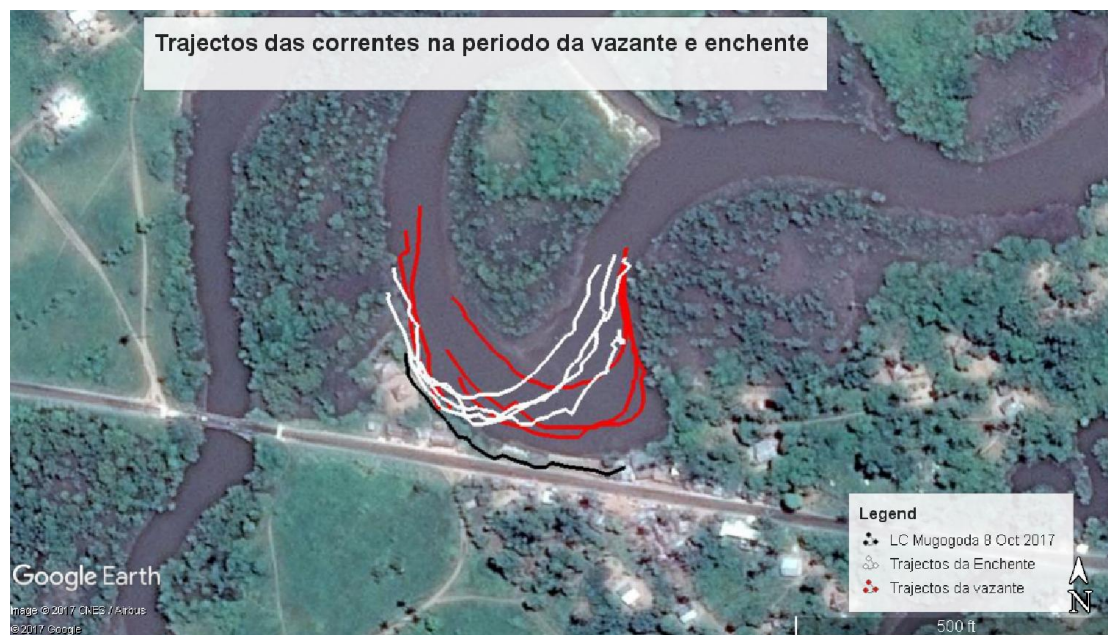


Figura 10: Trajetorias das correntes no período vazante e enchente: Fonte: Google Earth

O gráfico da figura 11 ilustra a variação de concentração dos sedimentos suspensos em função da maré e turbidez no período compreendido de dois dias, a concentração dos sedimento apresentaram variações quase constantes no período compreendido das 11:00 horas até as 17:00 horas onde a partir desse estante a concentração de sedimentos na coluna da água decresceu tendo atingido o valor mínimo de 0.026 de concentração em g/L as 19:00, as 20:00 começou a observar se o acréscimo da concentração que está por sua vez veio atingir o valor mais alto de concentração de sedimentos suspensos 22:00 horas com o valor de 0.6726 g/l, após ao pico máximo verificado as 22:00 horas o concentração de sedimentos na coluna de agua voltou a se manter quase constante com variações não muito consideráveis até as 5:00 horas onde começou a se verificar a diminuição da concentração de sedimentos suspensos até as 7:00 horas onde observou o valor mínimo de dia seguinte de 0.0896 g/l de concentração e o valor máximo de 0.268 g/l as 9:00 horas. A turbidez em função da maré, está apresenta alta turbidez momentos depois de ter se introduzido o instrumento, na fase da vazante as 13 horas e veio apresentar os valores elevados da turbidez as 19 horas e as 8 horas do dia seguinte, ambas na fase da vazante, tendo observados baixa turbidez na enchente. Com tudo, a maior turbidez e os valores máximos da concentração de sedimentos

suspensos estiverem associado à intensidade das correntes, observadas durante as fases da maré estas que por sua vez apresentaram maiores velocidades na vazante. Segundo (CLIPPELE, 1998) canais, estuários dominados por micromaré apresentam baixa turbidez, com concentrações de sedimentos em suspensão de 0.1-0.2 g/l, turbidez elevada está associado a estuários dominados de Macromaré, onde a concentração de sedimentos em suspensão pode alcançar de 1g/l à 10g/l.

Resultados semelhantes foram encontrados pelo (SIGAUQUE, 2013) que avalia os aspectos hidrodinâmicos e processos sedimentológicos no canal de Itajuru. Os resultados obtidos indicaram que o canal é constituído por dois compartimentos hidrodinâmicos, um dominado pela maré e outra pelas correntes de marés. O aumento da velocidade das correntes refletiram grande mobilidade de sedimentos suspensos na coluna de água e de tal forma que as regiões com correntes menores apresentaram pouca dinâmica sedimentar. As correntes das águas podem transportar a carga sedimentar de diferentes maneiras (suspensão, saltação e rolamento), de acordo com a granulação das partículas (tamanho e forma) e as características das próprias correntes (turbulência, e forças hidrodinâmicas exercidas pelas partículas). Segundo Cunha a capacidade de erosão das águas depende da velocidade e turbulência das partículas por elas transportadas.

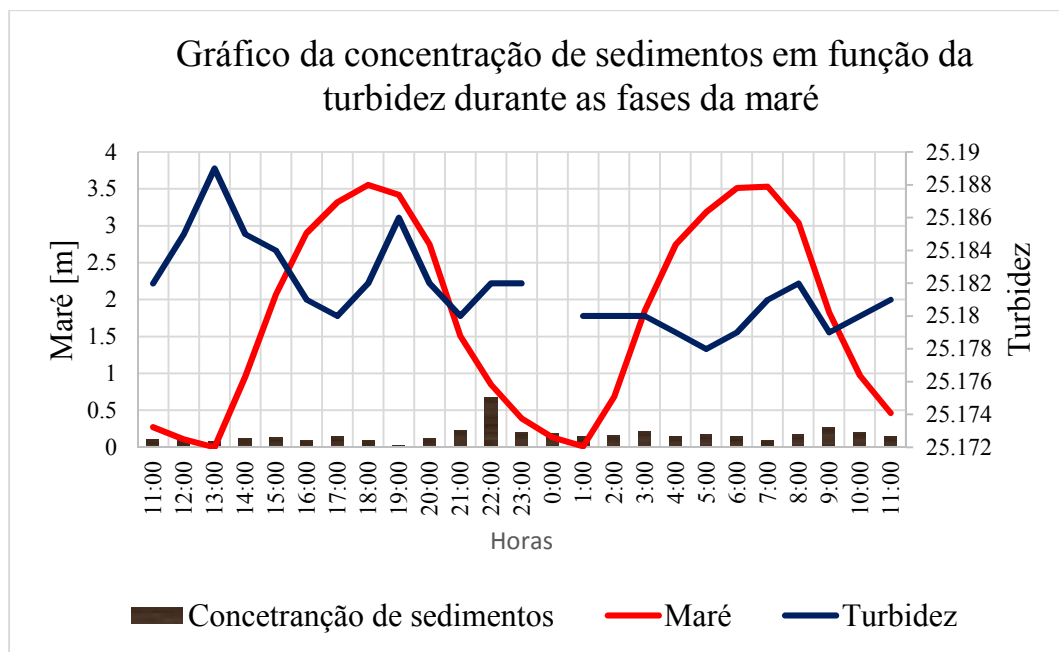


Figura 11: Variação de concentração de sedimentos em função da turbidez durante as fases da maré.

Na figura 12 observa se a variação da maré lida no eixo a direita e a energia da onda é feita a leitura no eixo direito. Numa análise precisa pode-se notar que maiores intensidades de energia da onda são observadas nos dois períodos da baixa-mar chegando a atingir uma energia de (0.35 J/m), no primeiro período da baixa-mar e (0.49 J/m) no segundo período, esta energia é significativamente superior para contribuir no processo de erosão do local em estudo dado que as suas margens são compostas basicamente dos sedimentos muito finos, solos lodosos e arenosos, quanto maior for a energia da onda, maior será a ocorrência da erosão.

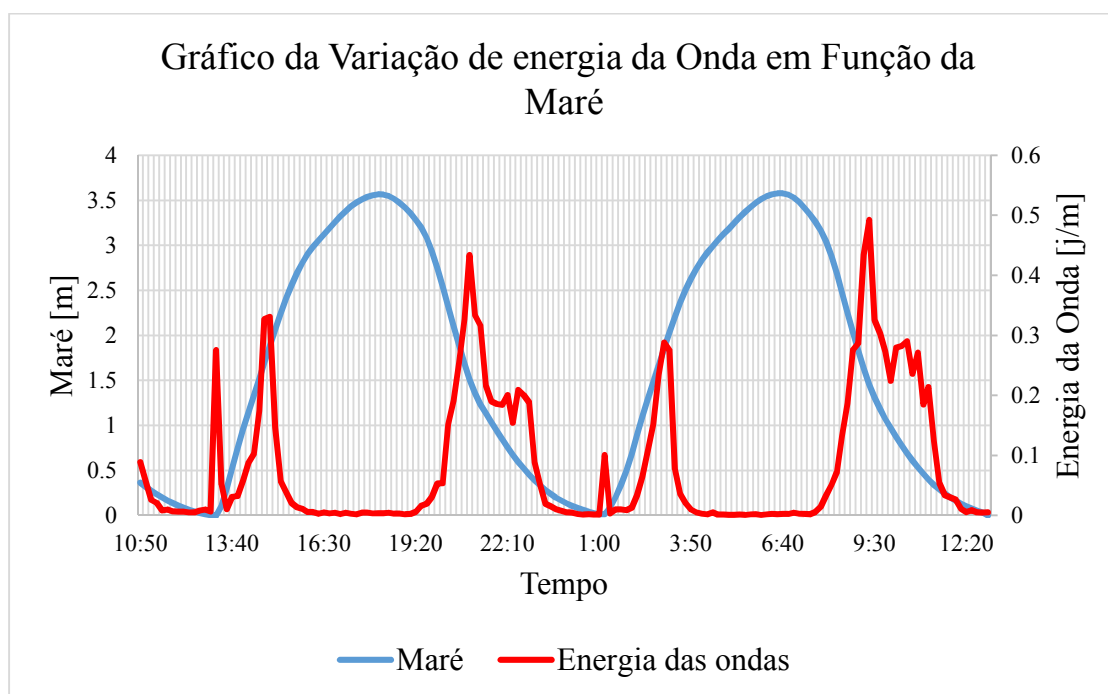


Figura 12: Variação da energia da onda em função da maré

O gráfico da Figura 13 apresenta o tipo sedimentos encontrados na área em estudo, durante o processo da análise de sedimentos foram encontrados dois tipos de sedimentos; Areia fina e areia muito fina. Na primeira estação na margem a direita tem maior predominância de areia muito fina com 96,7% e 3.3% da areia fina, o mesmo fator foi observado na margem a esquerda com 97.6% de areia muito fina e 2.1% de areia fina. Na segunda estação na margem a direita encontra se maior quantidade de areia muito fina com 98.7% e areia fina com 0.92% e na margem esquerda temos 99.9% de areia muito fina e 0.06% de areia fina. Na terceira e última estação na margem direita e esquerda observou se o mesmo padrão de

tipo de sedimentos com 98.3% de areia muito fina 0.8% de areia fina na margem a direita e 99.9% de areia muito fina 0.07 % de areia fina na margem a esquerda.

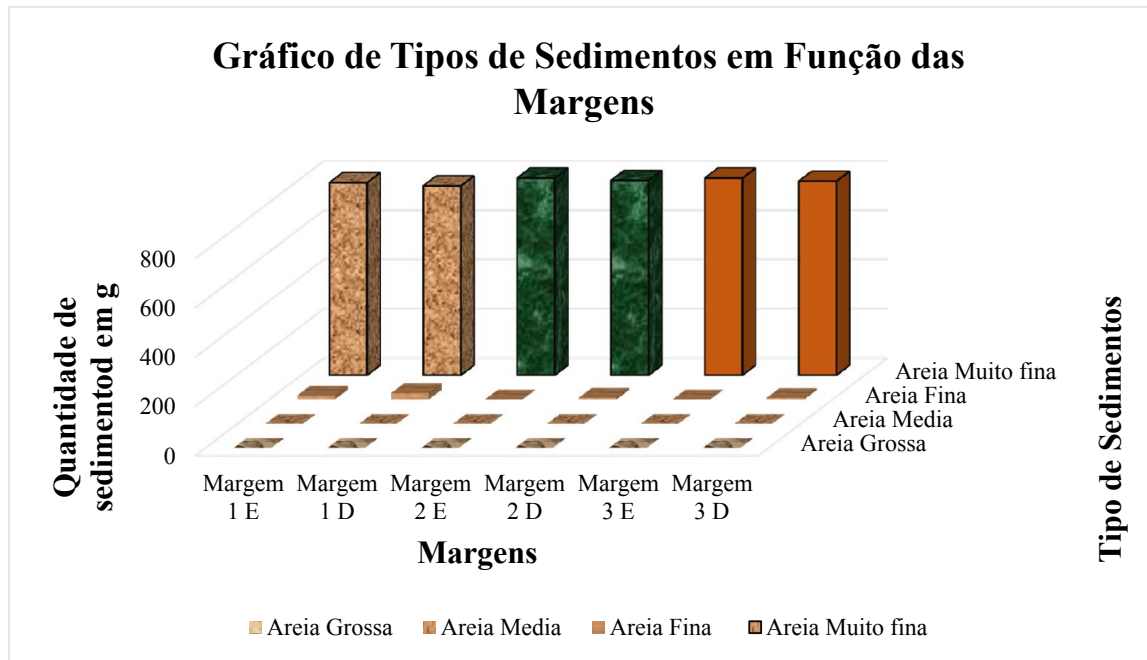


Figura 13: Tipo de sedimentos em função das estações

O diagrama da figura 14 delimita três zonas distintas em função do diâmetro dos sedimentos, de acordo com o tipo de fenômeno: sedimentação, transporte e erosão.

Relacionado os dados obtidos, tipos de sedimentos, com partículas de 0.05 mm de diâmetro, verifica se de acordo com o digrama de (HJULSTROM, 1935), nos escoamentos com velocidade inferior a 7cm/s, ocorrerá sedimentação. Se o valor da velocidade se situar entre 7cm/s e 30cm/s, os sedimentos serão transportados na corrente do escoamento, enquanto que para velocidades superiores haverá movimento dos sedimentos do próprio leito, ou seja, erosão, e considerado a granulação dos sedimentos envolvidos, e a velocidade das corrente que chegaram a atingir 63.937 cm/s correntes de este e 105.965 cm/s correntes do norte (fig. 9) neste local de estudo verifica se a ocorrência da erosão, sendo que as duas correntes tem capacidade suficiente para erodir.

# The Hjulström curve

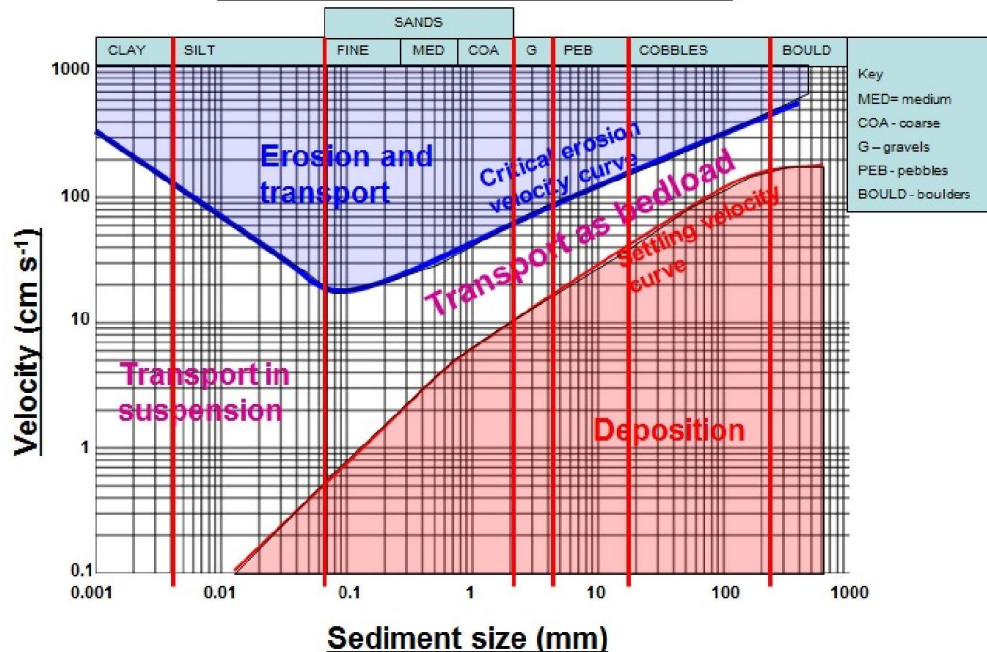


Figura 14: Diagrama de (HJULSTROM, 1935)

O gráfico da figura 15 representa os dados obtidos na entrevista no que se refere as causas da erosão nos últimos tempos. Os inqueridos que vivem esta região a um ano 100% afirmaram que a erosão nos últimos tempos eram ocasionados pelas descargas das chuvas, para os residentes que vivem nesta região a 5 anos 20% diz que a correntes das mares tem tido efeitos drásticos para o processo de erosão, 60% que o mesmo e influenciado pelas mares e 20% diz que a erosão nos últimos tempos tem sido causados pelas chuvas. Factores este causadores da erosão são também descritos para os inqueridos que vivem neste local de 6 a 9 anos, dos quais 44.44% diz que a erosão nos últimos tempos e causado pelas ondas, 11.11% causado pelas correntes, 11.11% e causado pelas mares e 33.33% afirma que o mesmo e causado pelas descargas das chuvas.



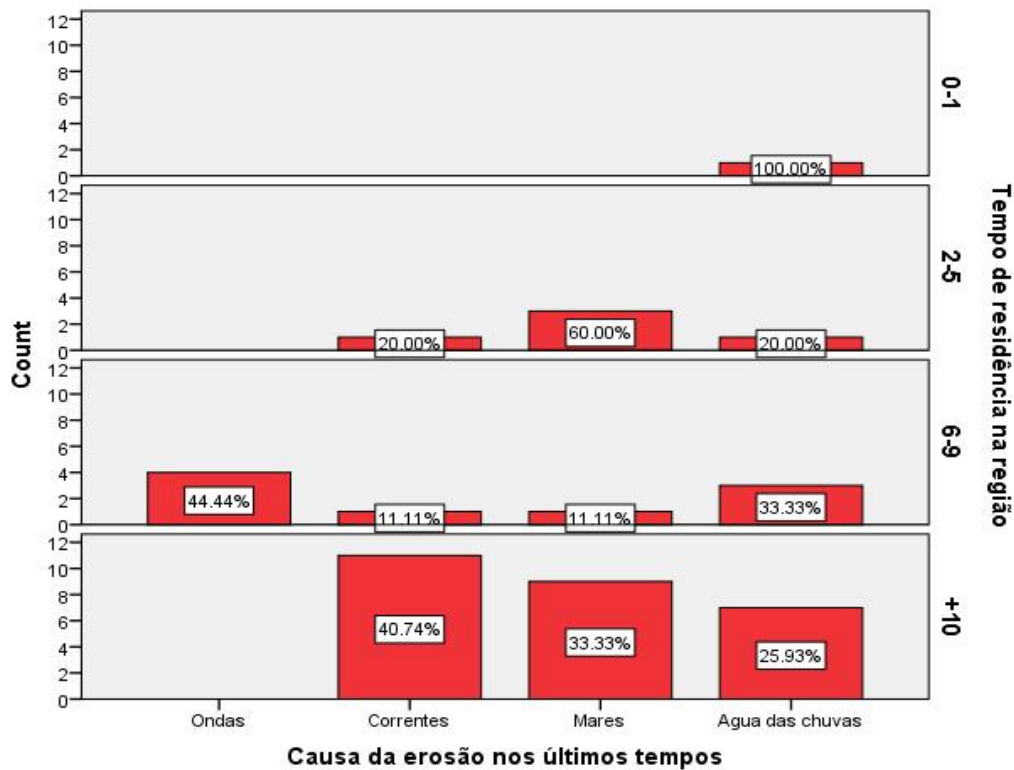


Figura 15: causa da erosão nos últimos tempos em Mugogoda

### 4.3 Medidas de mitigação da erosão dos solos em Mugogoda

A gráfico da figura 16 apresenta as sugestões de minimização da erosão na área em estudo em relação a idade do inquerido 83.33 na idade compreendida de 18-25 anos sugeriu o plantio de arvores no local da erosão e 16.67% esta optou em dizer que devia se contratar pessoas qualificadas sobre os processos da erosão de modo a criar soluções ideias para este problema. Os com idade entre 26-34 num total de 100% 31.25% sugeriram o plantio de mangal, 25% optarão em entulhar sacos de areia e cimento no local erodido, 6.25% dizem que a área que está sofrendo erosão deve ser isola de modo a não ser habitada não colocado em risco a vida das família que residem ao redor. Os moradores com mais de 60 anos 100% dizem estarem casados deste problema e pedem que seja contratados pessoas qualificadas para sanarem este problema duma vez por todas diminuído assim os gastos constantes.

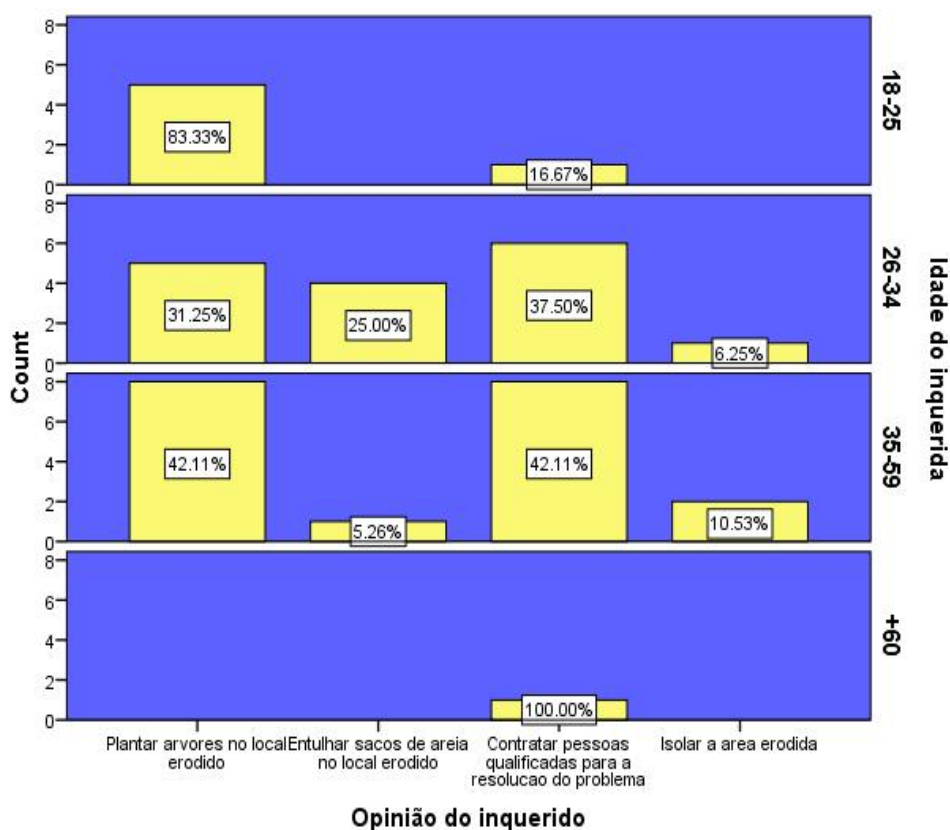


Figura 16: Opinião dos entrevistados em relação as medidas de mitigação

A figura 17 ilustra as medidas de mitigação na área em estudo, propõem se neste local o reflorestamento do mangal nas áreas que foram devastadas pela população local, construção de muro nas margens de modo a não sofrer da degradação sobre influência das correntes de maré, segundo a figura propõe se a construção de gabiões nas duas margens direitas do canal onde a maior difração das ondas de marés de modo a reduzir a taxa de remoção dos sedimentos nesta área, deve ser feita uma abertura côncava de aproximadamente 45° para permitir escoamento uniforme no pequeno de modo a reduzir a intensidade das correntes, deve ser construída ainda neste local um mini cais que dará acesso ao canal de modo a não paralisar as atividades dos pescadores nesta região de Mugogoda.

Segundo (DIAS & MELLO, 1998) a recuperação da vegetação nas áreas degradadas constitui um conjunto de ações, que visam proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural.

A presença do mangal pode ocasionar um efeito retardador e amortecedor da energia propagada pelos processos hidrodinâmicos, devido a exposição dos seus caules ou raízes que podem funcionar como um

meio eficaz de proteção, principalmente das margens dos canais, contra o processo erosivo causado pelos escoamentos alternativo de afluxos e refluxos induzidos pelas correntes de maré (MAZDA, 2006).

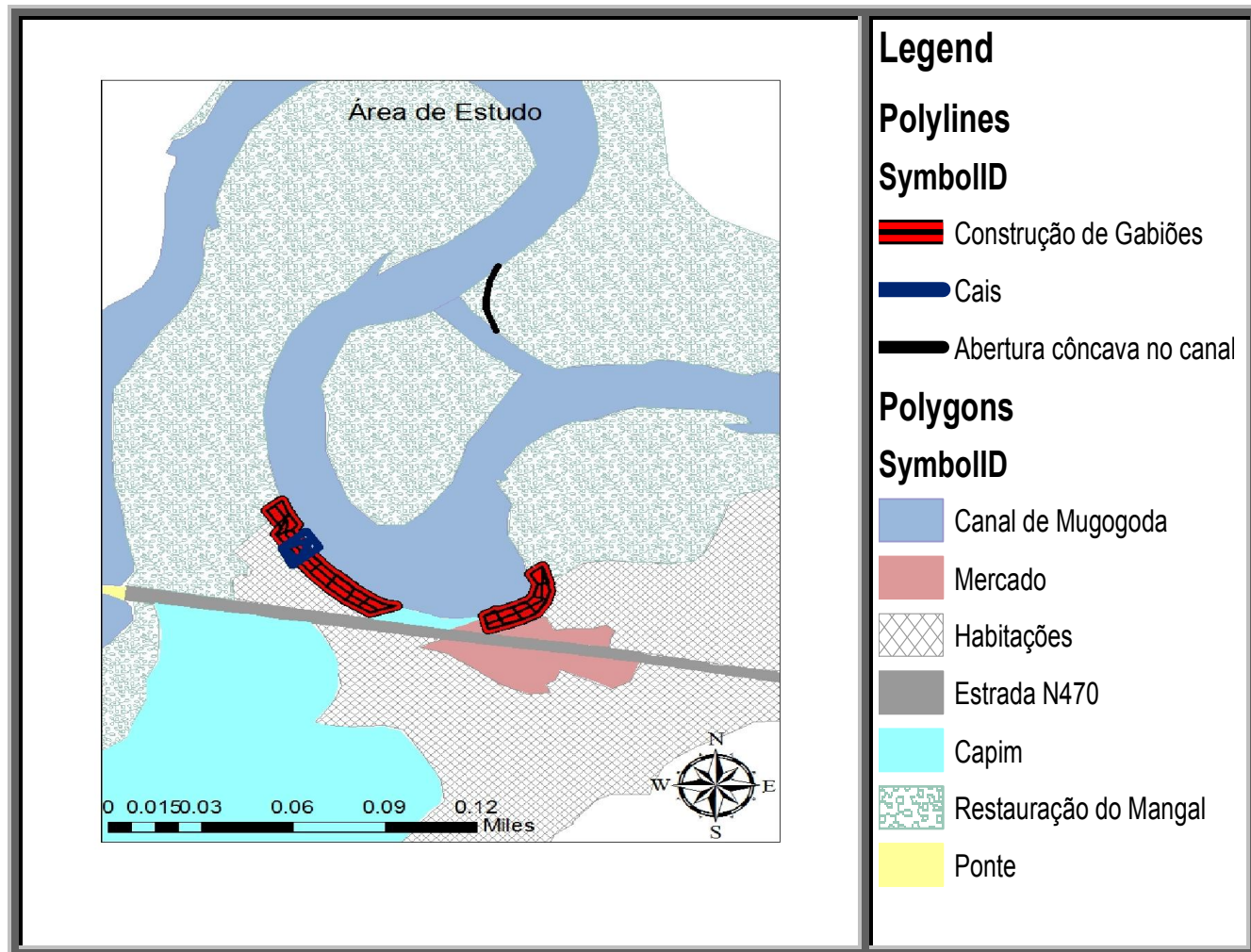


Figura 17: Medidas de Mitigação construção de muro de proteção. Fonte: ArcMap.

## **CAPITULO V**

### **5. Conclusão**

De acordo com os resultados obtidos conclui que:

No período de 2011 a 2015 o processo de erosão progrediu 14.91 metros, e durante os meados deste período, nesta região houve um aumento considerável da densidade populacional, bem como nos redores do canal, corte intensivo da vegetação do Mangal, factores estes que contribuíram para a intensificação da erosão.

As maiores velocidades das correntes foram observadas na fase da vazante da maré, chegando atingir cerca de 105.93cm/s, e que está por sua vez e o principal causador da erosão neste local sendo que a correntes do norte tem maior influência neste processo da erosão e por sua vez apresentam maior capacidade para a remoção dos sedimentos, sendo esta área dominada pelo sedimentos areia muito fina com um predominância aproximadamente de 100%.

Essas informações distribuídas e apresentadas na forma de padrões hidrodinâmicos e de índices de identificação de potências erosivos e sedimentares, são fundamentais para se desenhar, propor qualquer plano, programa ou projecto de intervenção em áreas com maior vulnerabilidade erosivas.

De acordo com as entrevistas feitas a comunidade residente nesta região de Mugogoda mostram maior preocupação, pelo desgaste que a erosão tem provocado, tendo apresentado maior vontade de espirito de ajuda de tal modo que disponibilizaram as suas ideias e desta forma contribuíram de forma intensa a dar as possíveis resoluções deste problema.

E de um modo generalizado a avaliação dos riscos da erosão costeira deve servir de ferramenta para uma melhor gestão integrada das zonas costeiras de modo a restaurar e manter a integridade ecológica dos ecossistemas costeiros, reduzir os conflitos de uso dos recursos naturais e facilitar o progresso do desenvolvimento multi-setorial respeitado os valores humanos e os recursos naturais.

## 6. Recomendações

- ✓ Recomenda-se que os estudos relacionados a erosão dos solos nas regiões costeiras seja feita incluído todas as instâncias competentes de modo a dar credibilidade aos resultados apurado;
- ✓ Recomenda-se que os próximos estudos nesta área sejam incluídos dados meteorológicos (vento e precipitação).
- ✓ A ocupação urbana próxima das zonas costeiras deve ser desenvolvida, preferencialmente, de forma estreita na proximidade da costa e alargar se para o interior do território;
- ✓ As superfícies impermeabilizadas das novas áreas urbanas devem restringir se ao mínimo indispensáveis, de modo a permitir a máxima infiltração das águas pluviais;

Não deve ser permitida qualquer construção em zonas de elevados riscos naturais, tais como:

- ✓ Zonas de drenagem natural;
- ✓ Zonas com risco de erosão intensa;

## 7.0 Referências Bibliografia

- ALFREDINI, P., & ARASAKI, E. (2009). Hidráulica estuarina-Princípios. In. Obras de gestão de Portos e Costas . São Paulo: Edgard Blucher.
- BAHIA, V. (1992). *fundamentos da erosão do solo. Informe Agrapecuario*. Belo Horizonte.
- BARROS, P. (2008). Obras de contenção.. Argentina.
- BERTONI, J., & NETO, L. (1999). *Conservação do Solo*. São Paulo.
- CAMPOS, A. (2003). *A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para a Gestão Integrada* . Fortaleza-Brasil.
- CANCINO, L., & NEVES, R. (1999). *Hydrodynamic and sediment suspension modelling in estuarine sytemes*. Lisbon, Portugal: Journal of Marine Sytemes.
- CARTER, R. S. (1984). *The estuary as a filter for fine-grained suspended sediment*. New York: Kennedy V.S.
- CAVAGUTI, N., & SILVA, M. (1993). *Desenvolvimento urbano, erosão e degradação dos recursos hidricos por assoreamento em Bauru*. Granada, Brasil.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1981). *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgard Blucher.
- CLIPPELE, J. (1998). *Cohesive sediment transport in the Tagus Estuary*. Espanha.
- DAV, J. (1989). *Human impact in estuaries. Offprints of Estuarine Ecology*.
- DAVIES, J. (1964). *A morphogenetic approach to word shorelines*.
- DELGADO, A. L. (2011). *Caracterização hidrodinâmica e sedimentar do estuario do rio Minho. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em engenharia civil-especialização em hidráulica, recursos hidricos e ambiente*.
- DIAS, J., & FERREIRA, O. (1994). *Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré. Relatório Final. Instituto da Conservação da Natureza, relatório não publicado*. Lisboa.
- DIAS, L., & MELLO, J. (1998). *Recuperação das areas degradadas*.

- DYER, K. (1986). *Coastal and estuarine sediment dynamics*. New York.
- DYER, K. (1997). *Estuaries a Physical Introduction*. New Jersey.
- FILHO, B. (1995). *Transporte de sedimentos em suspensão nas proximidades da Barra*. São paulo.
- FILINHO, C. (2009). *Caracterização das correntes de Marés no canal do chuabo Dembe. Tese de Licenciatura*. Quelimane, Moçambique.
- FONTES, S. B. (1999). *Mapeamento Geotecnico com enfase em erosões no municipio de ouro Preto. Dissertação de Mestrado*. São Paulo.
- GIOC. (2000). *Grupo de Engenharia Oceanografia e de Costas. Sistemas de modelado costeiro.SMC*. Espanha.
- GRAY, D., & LEISER, A. (1989). *Soil Erosion and Mass-Movement. In: Biotechnical Slope Protection and Erosion Control*. Florida: Krieger Publishing Campany.
- GUERRA, A. (1997). *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- HAYES, M. (1975). *Morphology of Sand Accumulation in Estuaries*. New York: Estuarine Research.
- HJULSTROM, F. (1935). *Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the river Fyris:Uppsala*.
- HOLTHUIJSEN, L. H. (2007). *Waves in oceanic and coastal waters*. Cambridge University Press.
- ICOLD. (1989). *Sedimentation control of reservoirs Maitrise de L'allvionnement des retenues. Commitee on Sedimentation reservoirs*. Paris.
- LESSA, C. (2001). *The tides and Tidal Circulation of Todos os Santos Bay*. Brazil.
- MAZDA, Y. (2006). *Wave reduction in a mangrove forest dominated by sonneratia*. Wetland Ecology and Management.
- MELO, E. (1997). *Standing Wave tide at Florianopolis and its influence on bay pollution.Coastal Environment Management and Conservation*. Brasil.
- MIRANDA, L., & CASTRO, B. (2002). *Principios de Oceanografia fisica de estuarios*. São Paulo.

- MOIAMBO, O. (2015). *Diagnostico ambiental de uma area degradada por erosão no bairro Chinfura*. Chimoio.
- NICHOLS, M. (1985). *Estuaries coastal sedimentary environments*. New York: R.A.Davis Springer-Verlag.
- NISHYYAMA, L. (1995). *Erosão dos solos*. Sao carlos, São Paulo.
- PASTORE, E. (1986). *Contribuição ao Tema Geotecnia e Meio Ambiente: Erosão. Mecânica dos Solos*. Porto Alegre.
- PERILLO, G. (1995). *Definitios and Geomorphologic Classification of estuaries. In Geomorpholgy and Sedimentology of Esturies*. Elsevier Science.
- PERNAMBUCO, I. D. (2012). *Municípios de Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda e Paulista (Pernambuco) Relatório de impacto ambiental (RIMA)*. Brasil.
- PETHICK, J. (1984). *An Introduction to Coastal Geomorphology*. London.
- PHELEGER, G. (1969). *Some general features of coastal lagoons*. Mexico: A. Ayala-castanares.
- PICCOLI, F. (2005). *Interacao das Ondas Monocromaticas*. Vitoria.
- POST, J., & LUNDIN, C. (1996). *Guidelines for Integrated Coastal Zone Management, Environmentally Sustaineble Development Studies*.
- RESTREPO, J., & KJERFVE.B. (2002). *Tides, circulations, and salt dispersion*. Colombia.
- SALOMAO, M. (1989). *Controle de erosao; bases concetuais e tecnicas diretrizes para o planejamento urbano regional: orientacoes para o controle de borcorocas urbanas*. Sao Paulo.
- SANTIAGO, F. (1999). *Processos Erosivos Causados pelo Escoamento Aquoso Superficial*. Rio de Janeiro.
- SHORT, A. (1982). *wave beah and dune interaction in southeastern*. Marine Geology. Australia.
- SIGAUQUE, P. (2013). *Avaliação Hidro-sedimentologica no canal de itajuru-lagoa devido a sobre elevacao do nivel medio do mar mudanças climaticas*. Rio de Janeiro.



SOUSA, N. (2011). *Obras marítimas de acostagem: o caso do porto da ilha do porto. Dissertação de mestrado*. Universidade Madeira-Portugal.

SUGUIO, K., & BIGARELLA, J. (1990). *Ambientes Fluviais*. Florianópolis: UFPr.

THURMAN, H. (1994). *Introductory oceanography*. New York.

TUCCI, C., & COLLISCHONN, W. (1998). *Drenagem urbana e controle de Erosão*. São Paulo.

## Anexos

### Inquérito para obtenção de informação relativa a erosão em Mugogoda, Maquinal

1-Número do Inquerido
2-Idade do inquerido
3-A quantos anos vive nesta região?
4-Qual e a fonte de renda do entrevistado?
5-O que aconteceu para começar a erodir nesta região?
6-Quando começou a erodir?
7-O que pode estar a provocar mais erosão nos últimos tempos?
8-O que já se perdeu na zona erodida?
9-Quais as implicações desta erosão na região?
10-Quem está a combater a erosão?
11-Tem informação se o Governo está a tentar procurar uma solução para resolver este problema
12-A comunidade local já tentou combater/ criar ideias para combater esta erosão
13-Na sua opinião qual é a melhor estratégia para diminuir este processo de erosão

### Tipos de sedimentos encontrados em cada margem e suas quantidades

Tipo de sedimentos	Margem E1 Esquerda	Margem E1 Direita	Margem E2 Esquerda	Margem E2 Direita	Margem E3 Esquerda	Margem E3 Direita
Areia Grossa	0	0	0	0	0	0
Areia Media	0	0	0	0	0	0
Areia Fina	16.8 g	26.5 g	0.5 g	7.4 g	0.6 g	6.6 g
Areia Muito fina	781 g	768 g	799.5 g	790.1 g	799.4 g	787 g

GPS-Astro



Transmissor DC40



Correntómetro



Marégrafo