



**UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE**

Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras Curso de Licenciatura em
oceanografia Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Oceanografia



Sérgio Paulo Machuve

Novembro, 2017



**UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE**

Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras Curso de Licenciatura em
oceanografia Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Oceanografia



Autor:
Sergio paulo Machuve

Supervisor
Msc: Noca Furaca

Novembro, 2017

Dedicatória

Em memória dos meus pais, Paulo Machuve e Albertina Matavele, irmão Paulo Machuve . As suas almas descansem em paz e Deus lhes conceda bom repouso.

AGRADECIMENTOS

Agradecer a Deus, pela vida saúde e força de superação a todas dificuldades do curso.

Aos meus Pais Paulo Machuve e Albertina Matavele, o meu muito obrigado aos meus irmãos Bernardo Machuve, Paulo Machuve, Celso Machuve, Horácio Machuve, Alcido Machuve e Catarina Machuve, o meu muito obrigado pela paciência que tiveram durante o curso.

Muito obrigado a minha filha Winny Machuve e a minha namorada Graça Guirruogo.

Um abraço especial vai para Msc. Noca B. S. Furaca, por mi assumir como supre visando.

Um abraço especial vai também aos meus colegas Julieta Siteo, Chavernacio Nhanombe, Sergio Mutemba, Joao jorge Nhacanhaca, Luquita Opincai, Trevas Manuel, a estes vai o meu muito obrigado pelo contributo ao longo do curso.

Quero também endereçar o meu muito obrigado aos meus amigos Celio cumba, Iayazald Marigue, Domingos Marinze, Miguel Julio Bazar.

Para aqueles que não pude referenciar e que directa ou indirectamente participaram na minha vida estudantil ou particular, vai o meu muito obrigado

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro que o presente trabalho é da minha autoria e inteira responsabilidade, e constitui o emblema do resultado do meu compromisso e dedicação nesta pesquisa e aprendizado no período da sua concepção e elaboração.

Quelimane, Outubro de 2017

Sérgio Paulo Machuve

Resumo

O estudo teve como objectivo o estudo da influencia das condições hidrodinâmicas na desestabilização da ponte sobre o rio Chipaca. No entanto, realizou-se duas campanhas oceanográficas nos dias 25 e 26 de Junho de 2017, afim de se fazer a colheita de dados referentes a amplitude da mare, amostra de água, e velocidade das correntes. A colecta de dados foi feita na maré viva, no período das 6 às 18h. durante ás campanhas fez-se uma entrevista a população utente do canal com o intuito de se saber quais os factores concorrem para a erosão naquele local. Com os resultados obtidos observou-se que a tanto a maré, as corrente e a acção antropogenicos, agem como factores causadores da desestabilização da ponte. De entre esse todos os factores, a corrente na baixa-mar apresentou maior impacto no canas, causando a erosão devido as suas velocidades que eram superiores comparativamente a baixa mar, e a acção antropogenicos destacada foi a remoção (pela população) das pedras que seguram a ponte.

Palavras-chave: velocidade da corrente, instabilidade da ponte e marés

Abstract

The study had as propose the studying of hydrodynamic condition influences on destabilization of the bridge located over Chipaca river. Therefore, two oceanography surveys were carried out on 25th and 26th of June in recent year of 2017, in order to collect the data referent to the tidal amplitude, sample of water, and current velocities. The data collection it was made during neap tidal, on period from 6 hours up to 18 hours. During the survey, it was made an interview to the population, the users of the channel in order to know which factors contributed for the local erosion. After having obtained results it was checked that the tide, the currents and the anthropology action, act as factors which have caused the destabilization of the bridge.

In front of those factors the current in ebb has presented major impact over the channel, causing erosion through the current velocities which were great relatively in ebb, and the observed human action was the removal of stones which protect the bridge.

Key words: current velocity, bridge insbility and tides

Lista de tabela

Tabela 1. concentração de sedimentos, na maré viva e na maré morta.....	19
---	----

Lista de figura

figura 1. Relação teórica entre a velocidade da corrente de maré (linha tracejada) e a amplitude de maré (linha sólida) em um estuário. (fonte: Principles, 2010).	8
figura 2. Fredsoe e Deigaard (1992), Diferentes modos de transporte de sedimentos.	9
figura 3. Formas de muros de protecção. (Fonte: Alfredini, 2005).....	12
figura 4. ilustração da área de estudo. (Fonte: Google Earth)	13
figura 5. instrumentos usados na recolha de dados , (a) correntometro Seaguard, (b) marregrafo e (c) GPS	15
figura 6. Variação da corrente em função de tempo do dia 25/07/17 durante maré viva.	17
figura 7. representa da relação de correntes e altura de mare.....	18
figura 8. variação de energia da onda em função da mare	19
figura 9. Idade dos inqueridos	20
figura 10. tipos de causas de erosão	21
figura 11. representa estragais para reduzir	21

Índice

Páginas

CAPITULO I	1
1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS	1
1.1 Introdução	1
1.2. Problematização:	1
1.3. Justificativa:	2
1.4. Objectivos:	2
1.4.1. Geral:	2
1.4.2. Específicos:	2
CAPITULO II	3
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. Conceito da erosão	3
2.2. Causas da erosão	3
2.3. Tipos de erosão.....	3
2.4. Identificação dos potenciais factores que causam erosão.....	4
2.5. Ocorrência da erosão em Moçambique	4
2.6. Causas da erosão em Moçambique	5
2.7. Marés.....	6
2.8. O movimento das ondas	7
2.9. Correntes	7
2.10. Transporte de sedimentos.....	8
2.11. Sedimentos nos estuários	10
2.12. Alteração do balanço sedimentar nos estuários.....	10
2.13. Obras de protecção costeira.....	10
2.14. Métodos aplicados.....	11
CAPITULO III	13
3. LOCALIZAÇÃO E METODOLOGIA	13
3.1. Localização e caracterização da área de estudo	13
3.2. Matérias e Metodologia.....	14
3.2.1. Identificação das possíveis causas do avanço da erosão	15
CAPITULO IV	17
4. RESULTADOS E DISCUÇÃO	17

4.1. Avaliar a influência das ondas e correntes sobre o estuário;.....	Erro! Marcador não definido.
4.1.2. Variação da corrente em função da maré, do dia 25/07/17 na maré viva.....	18
4.1.3. Variação da energia da onda em função da maré do dia 25/07/2017 durante a maré viva	19
4.1.4. Avaliação da eficiência da estrutura da ponte	16
CAPITULO V	23
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	23
5.1. Conclusão.....	23
5.2.Recomendações.....	23
CAPITULO VI	24
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIAS	24
7. Anexos.....	26

CAPITULO I

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

1.1 Introdução

A erosão costeira é um processo natural que ocorre em ambientes costeiros causando vários danos de naturezas diferentes. É um fenómeno de grande complexidade e as suas repercussões sobre as fundações de uma ponte podem ser de tal intensidade que em determinadas situações resultam em danos estruturais significativos e até no colapso da obra (Komar, 1976; Kay, 1999; Alder, 2005; Dellenburg *et al.* 2004). Por outro lado, este processo é sem dúvida acelerado pela intervenção do homem em vários sectores das suas actividades. Segundo Dias (1993), os principais factores responsáveis pela dinâmica da erosão costeira são a elevação do nível do mar, a diminuição de quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral, degradação antropogénicos das estruturas naturais (dunas e outras) e, obras pesadas de engenharia costeira. O estudo da erosão costeira inclui a análise de vários processos que controlam a dinâmica costeira principalmente os agentes forçante, suas causas e outros aspectos.

Sabe-se que os pilares e encontros localizados nas calhas dos rios constituem obstáculos que modificam os mecanismos de escoamento das águas, aumentando a velocidade, a vorticidade e a turbulência, que geram cavidades (ou fossas) de erosão junto a essas estruturas, podendo causar o solapamento das fundações.

Em Moçambique a erosão costeira é um problema identificado ao longo de toda a costa, onde verifica-se o recuo significativo na linha da costa com implicações nas faixas marginais como: perdas de areias, destruição de dunas e vegetação, aumento dos riscos de galgamento dos arruamentos marginais, danos nas obras de defesas existentes e aumento do risco de algumas construções virem a ser afectadas (Langa & Hogueane, 2007).

1.2. Problematização

A ponte sobre rio chipanca liga na cidade de Quelimane e posto administrativo de Madal. A desestabilidade desta infra-estrutura condiciona a travessia das comunidades, obrigando-os a usar meios alternativos para atravessar. Os últimos acontecimentos no local indicam o naufrágio de uma embarcação que causou morte de 18 pessoas.

O distrito de Quelimane, província da Zambézia, é um costeiro e a sua linha costeira está em constante movimento, com a tendência de ir em direcção ao continente, tornando deste modo, uma ameaça à

Vila Sede do distrito. Esta alteração é causada por vários processos, de entre eles, acção das ondas do mar na zona oceânica que dissipam as suas energia nesta costa e por correntes.

A cidade de Quelimane e o posto Administrativo da Madal são separadas pelo rio chipaca, sendo que a desestabilização da ponte sob este rio cria enormes dificuldades a economia e aos utentes da pontos da ponte.

1.3. Justificativa

O estudo dos processos hidrodinâmicas na desestatização da ponte sobre rio Chipaca, e a aplicação deste estudo irá servir de contributo na produção do conhecimento científico nesta matéria, e também irá constituir uma ferramenta fundamental para gestão de infra-estruturas costeiras em relação à erosão, por ser região de grandes importância ecológica, económico e social. Por outro lado, o estudo das condições hidrodinâmicas que concorreram para desestabilização da ponte, para além de contribuir na produção e desenvolvimento do conhecimento científico no país, irá constituir uma ferramenta fundamental para a gestão dos processos costeiros, sobretudo quando acontecem de forma erosiva, evidenciando estratégias para sua mitigação e conservação destas zonas costeiras, por serem regiões de grandes importância económica, e portanto, alvo de diversas actividades humanas.

Vários estudos que envolvem a determinação das taxas de recuo da linha da costa vêm sendo realizados desde os tempos passados utilizando diversos métodos tais como a comparação cartográfica, medições directas em fotografia aérea vertical, medições periódicas no terreno, utilização de imagens de satélite, e outros, e consideram a degradação da zona costeira para a obtenção de previsões dinâmicas do comportamento da linha de costa (Farias, 2008). Este trabalho visa parcialmente identificar os potenciais factores que contribuíram para desestabilização da ponte sobre rio Chipaca, e traçar medidas para minimizar o problema.

1.4. Objectivos:

1.4.1. Geral:

Estudar a influência das condições hidrodinâmicas e atropogenicas na desestabilização da ponte sobre estuário Chipaca.

1.4.2. Específicos:

- ✓ Avaliar a influência das marés e correntes sobre a estrutura da ponte;
- ✓ Idetinficar causas atropogenicas que contribuei para desistabilidade da ponte sob rio chipaca ;
- ✓ Determinar o fluxo de sedimentos no estuario.

CAPITULO II

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Conceito da erosão

Para (Teixeira & Guerra, 1997) a erosão é um processo com dupla dimensão. Em outras palavras, esse autor associa a erosão ao fenómeno da sedimentação. A erosão é a destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, tendendo a um nivelamento ou colmatagem, no caso de litorais, enseadas, baías e depressões.

(Popp, 2007), Define erosão como o envolvimento de todos os processos de desagregação e remoção do material rochoso. Expandindo a compreensão de Popp (2007), a (Gerais, 2001), ou (Companhia Energética de Minas Gerais) define:

A erosão como um processo mecânico que se desenvolve na superfície causando profundidade em certos tipos de solos e sobre determinadas condições físicas de forma natural significativa, transformando-se crítica pela acção modificadora do homem. O transporte e movimentação de partículas do solo, subsolos e rochas em decomposição pelas águas, ventos, assim dando surgimento ao processo erosivo.

Segundo as ideias acima destacadas observa-se que para ocorrência do fenómeno erosivo deve existir a degradação ou perda de solo, incluindo a quebra física e movimento do próprio solo. Consistindo em remoção e transporte sedimentar, ocasionado por processos naturais e antrópicos, causando grandes e pequenas aberturas no solo.

2.2. Causas da erosão

Várias são as causas que influenciam no surgimento da erosão, e segundo Pernambuco (2012) as causas de erosão costeira agrupam-se em duas:

- a) Acção dos agentes naturais que actuam ao longo da costa;
- b) Acções do homem ligadas à implantação de estruturas artificiais, seja para criar áreas (equipamentos de lazer e turismo, portos entre outras), seja para a tentativa de correcção de problemas.

2.3. Tipos de erosão

Existe vários tipos de erosão, mais neste trabalho abordasse-a apenas alguns, segundo (Guerra & Guerra, 1997), a saber:

- Erosão acelerada que é realizada na superfície terrestre pela intervenção humana e por seres vivos, em geral, ocasionando um desequilíbrio ambiental. Ou seja, é o aceleramento da erosão nas camadas superficiais do solo, motivado por desmatamento, cortes de barrancos em estradas, etc.
- A erosão atmosférica é usada no sentido amplo de erosão provocada por agentes geológicos exógenos, como: vento (eólia), água das chuvas (pluvial), águas correntes (fluvial).
- A erosão das margens é aquela que ocorre nas margens dos rios. Esse tipo de erosão aumenta à medida que aumenta a quantidade e a velocidade da água, no canal fluvial. A erosão num rio ocorre com maior intensidade na margem côncava, onde a velocidade é maior.

A erosão pluvial é realizada pelas águas das chuvas na superfície do relevo. Todo o globo terrestre sofre a acção dessa modalidade erosiva. Cabe ressaltar que as superfícies com cobertura vegetal mantêm certa resistência aos efeitos desse mecanismo de desgaste rochoso. A cobertura vegetal funciona, nesse caso, como um escudo que recobre a superfície terrestre. Compreende três fases:

- Pluvierosão;
- Deplúvio;
- Aplúvio

A acção das chuvas serão tanto mais importante quanto maior for a quantidade caída no espaço mínimo de tempo.

O lençol de escoamento superficial terá seu trabalho mais pronunciado, quanto maior for o número de detritos existentes na superfície da crosta.

Na teoria, separa-se a acção mecânica destruidora das gotas da água da chuva, do trabalho de desagregação lenta feito pela erosão elementar.

2.4. Identificação dos potenciais factores que causam erosão

Para identificar os potenciais factores que causam a erosão baseia-se nas literaturas que reportam uma informação explícita sobre o fenómeno de erosão na área de estudo, não só, faz-se uma análise de alguns parâmetros tais como as correntes de marés, análise de amostras de água para análise de sedimentos suspensos e análise das condições naturais.

2.5. Ocorrência da erosão em Moçambique

Foi constatado pelas Convenções de Nairobi e Abidjan que a erosão costeira é um assunto ambiental importante na região da África Sub-Saariana. Devido a uma concentração e aumento da população e

actividades económicas na zona costeira, ela é altamente vulnerável a muitos tipos de degradação ambiental. A ameaça do efeito estufa que induzira a aceleração da elevação do nível de mar é um fenómeno relevante que aumenta a pressão na zona costeira.

A localização de Moçambique na zona intertropical com fortes precipitações cria maior susceptibilidade a erosão causada pelo impacto da pluviosidade. Assim, vários efeitos são encontrados em muitos pontos do país.

Os potenciais impactos socioeconómicos da erosão costeira podem ser associados a perda directa dos valores económicos, ecológicos e culturais, através da perda da terra, infra-estrutura e habitantes costeiros, aumento do risco de cheias, aumento do risco para as populações costeiras e impactos relacionados com a redução da qualidade e quantidade da água e a alteração e redução da biodiversidade.

A erosão e o avanço do mar no continente põem em risco o futuro das cidades e vilas costeiras, atendendo a degradação constante das dunas que constituem um elemento de defesa natural. O crescimento urbano aliado as novas construções desregradas e danificação das muralhas e diques de protecção são fenómenos negativos para o meio ambiente. A situação actual da erosão litoral nas cidades e vilas costeiras poder-se-ia ter evitado se se tivessem tomado algumas medidas de protecção das barreiras e do mangal.

A erosão costeira é em muitos casos do tipo natural. A energia de abrasão devida a marés e o início do processo de transporte desde o destacamento das partículas dá-se pelo choque das águas do mar com o litoral. É comum nas zonas costeiras e afecta maioritariamente zonas urbanas com dunas que formam encostas inclinadas em direcção a costa (DNGA & MICOA, n.d)

2.6.Causas da erosão em Moçambique

- Os factores que concorrem para a erosão costeira e para degradação das condições ambientais nas diferentes cidades costeiras do país são vários, dentre eles podem ser indicados, os factores de natureza humana como sendo o facto das populações das áreas costeiras não terem as condições financeiras mínimas para manter as suas casas (pobreza absoluta);
- Retirada da areia das praias para construção e construção de equipamento social na orla marítima;
- Destruição do mangal em algumas áreas;

Segundo (Hoguane, 2007) como causa destacam-se:

- Fenómenos antropogénicas (destruição das dunas, abate e destruição do mangal, extracção de areia e saibro, turismo descontrolado);
- A construção de esporões e de muros nas praias, como tentativa de combate à erosão;
- Chuvas torrenciais;
- Ventos fortes;
- Acção das ondas e das correntes de marés.

2.7.Marés

A penetração da maré num estuário é o resultado da interacção do escoamento fluvial e do movimento oscilatório gerado pela maré na sua desembocadura, onde essas ondas longas são geralmente amortecidas e progressivamente distorcidas pelas forças do atrito no fundo e a vazão fluvial (GODIN, 1999). E influenciadas também pela geometria do canal (IPPEN e HARLEMAN, 1966)

As principais forças intervenientes no processo são as de gravidade (principal agente no escoamento fluvial), as de pressão (provenientes de desníveis na linha de água gerados pela maré), as de atrito (geradas pela resistência no fundo), as inerciais e finalmente, as provenientes da estratificação da água (pelo encontro de água doce e salgada).

A fronteira rio-estuário não permanece fixa no tempo, mas apresenta variações de posição em função da variação dos parâmetros que caracterizam a maré (período e amplitude) e o escoamento fluvial (vazão, declividade e rugosidade do fundo).

As marés no rio Chipaca são semi-diurnas, visto que estas apresentam duas preia-mares e duas baixamares durante um dia com uma desigualdade diária em torno de 10 a 20 cm e as suas amplitudes atingem cerca de 6,4m isso é o resultado da maior extensão atingida pela plataforma continental que assume um efeito amplificador da maré. Em média, as amplitudes variam durante o ano entre 1,5m em condições de maré morta de quadratura e 4,8m em condições de maré viva (Lutjeharms, 2006).

Com tudo, a convergência das margens do estuário faz com que a onda de maré seja comprimida lateralmente podendo ocasionar o aumento da altura da maré.

Assim, as componentes terciárias diurnas e quaternárias diurnas, características de águas rasas exercem grandes influências na maré local. Estas componentes são responsáveis pela geração do padrão assimétrico das marés em ambientes estuarinos produzindo no Zambeze vazantes mais demoradas do

que as enchentes e Proporcionando uma grande penetração da maré no estuário do Zambeze e fortes correntes de marés são responsáveis pelas altas taxas de transporte de sedimentos na região.

2.8.O movimento das ondas

(Press 2006, p. 434) descreve a dinâmica das ondas e seu comportamento, enfatizando que “ao quebrarem, as ondas golpeiam a costa, erodindo e transportando areia, meteorizando e fragmentando as rochas sólidas, e destruindo estruturas construídas próximas à linha de costa”.

A transformação da ondulação para ondas de arrebentação inicia-se onde a profundidade do leito é menor que a metade do comprimento da ondulação. Nesse ponto, o pequeno movimento orbital das partículas de água próximas ao fundo torna-se restrito porque, agora, a água não pode se mover verticalmente. Bem próximo ao fundo, a água pode mover-se apenas horizontalmente, para frente e para trás.

Acima disso, ela pode desenvolver um pequeno movimento vertical, que, combinado com o horizontal, fornece uma órbita com forma mais próxima a uma elipse achatada do que uma órbita circular. As órbitas tornam-se mais circulares à medida que se afastam do fundo.

A mudança de uma órbita circular para uma elíptica diminui a velocidade da onda inteira, porque as partículas de água demoram mais para percorrer as elipses do que os círculos. Embora a velocidade da onda diminua, o seu período permanece o mesmo porque a ondulação continua a deslocar-se do mar alto na mesma posição.

A partir da equação da onda, sabemos que, se a velocidade decresce e o período permanece constante, o comprimento de onda também deve diminuir. Desse modo, as ondas tornam-se menos espaçadas, mais altas e menos inclinadas, e suas cristas tornam-se mais afiladas. O movimento de ida e volta da água próximo à costa é forte o suficiente para carregar grãos de areia e até cascalho. A ação das ondas em águas com profundidade de cerca de 20 m pode mover areia fina. Grandes ondas causadas por tempestades intensas podem escavar o fundo em profundidades maiores que 50 m.

2.9. Correntes

Chama-se corrente ao movimento horizontal de água. Já a Corrente de maré trata-se de movimento periódico do fluxo horizontal no movimento vertical da água (Nhapulo, 2000)

As correntes presentes na zona costeira dizem respeito às correntes geradas por ondas e as correntes geradas por marés, além dessas existem as correntes de ar.

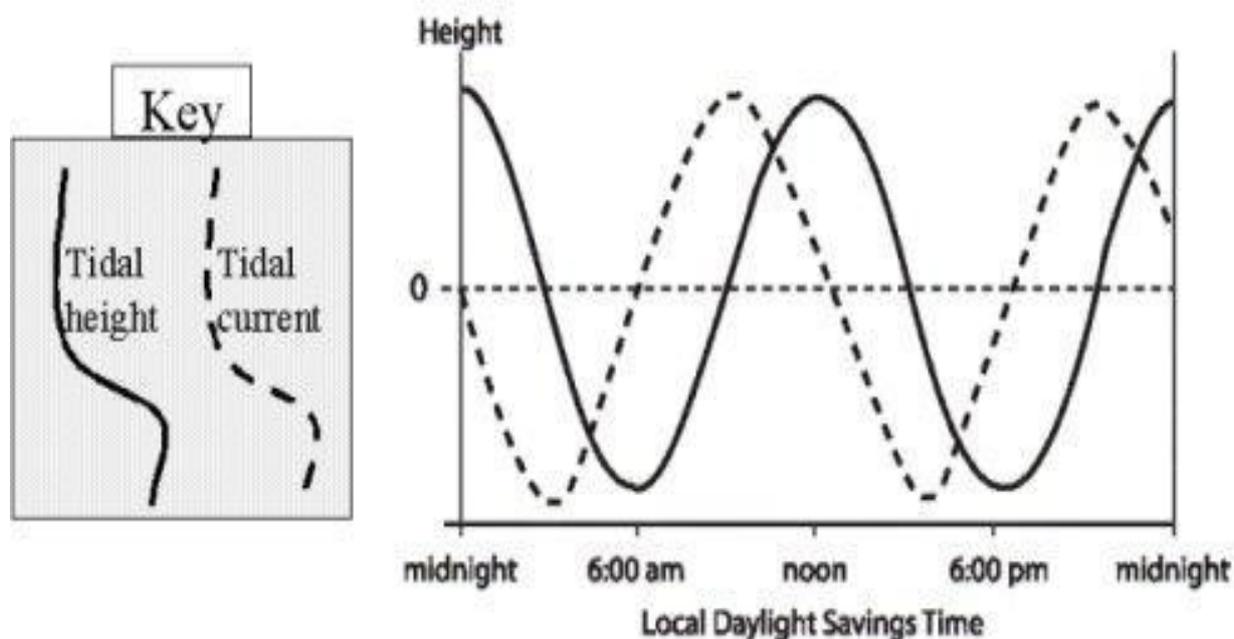


figura 1. Relação teórica entre a velocidade da corrente de maré (linha tracejada) e a amplitude de maré (linha sólida) em um estuário. (fonte: Principles, 2010).

Na zona costeira do estuário Chipaca as correntes são estabelecidas de acordo com a variação astronómica da maré sendo extremamente fortes na zona adjacente a foz do estuário devido às elevadas amplitudes das marés que ocorrem.

.Dai que esta zona é influenciada pelas correntes sobre superficiais unidireccionais ao longo da plataforma guiadas pela topografia. A componente com direcção norte é a dominante, o que pode favorecer a entrada no estuário correntes com grandes velocidades. Há também a indicação da existência de uma corrente forte à superfície, com uma velocidade de cerca de 50 cm/s, resultante das marés (Beilfuss e Dos Santos, 2001).

2.10. Transporte de sedimentos

As marés, as ondas, as correntes, o tamanho dos grãos, a declividade do fundo e a intensidade e direcção dos ventos são factores que determinam o transporte de sedimentos costeiros segundo (Davis, 1985).

O transporte litorâneo gerado pela arrebentação das ondas pode acumular sedimentos na entrada de estuários e lagunas costeiras, inibindo as trocas entre as zonas de mistura e costeira. O efeito oposto desse transporte, ou seja, o processo erosivo, também pode ocorrer na entrada de estuários, alterando suas características geomorfológicas. Os componentes mais energéticos das correntes na zona costeira

são gerados pelo vento e maré; as correntes de maré têm em geral, como principal componente de alta frequência àquela orientada ortogonalmente ao litoral. (Aguiar, 2011)

Os sedimentos podem ser transportados pelo fundo ou em suspensão na coluna de água (Dean & Dalrymple, 2002). É comum dividir os modos de transporte de sedimento em três partes: carga de fundo, carga suspensa e carga lavada (Fredsoe & Deigaard, 1992a)

A carga lavada constitui-se de partículas muito finas que são transportadas pela água e que normalmente não são retratadas no fundo. Entretanto, o entendimento da composição do material de fundo não permite nenhuma predição da taxa de transporte da carga carregada. Desta forma, quando o termo “descarga total de sedimento” é utilizado, a carga lavada é desprezada. Do total da carga de sedimento é feita uma distinção entre as duas categorias, a carga de fundo e a carga suspensa. Nenhuma definição precisa destes termos foi exactamente colocada, mas a ideia básica da separação do total da carga de sedimento em duas partes é que, grosseiramente falando, dois mecanismos diferentes são efectivamente actuantes durante o transporte.

A carga de fundo é definida como a parte da carga total que possui mais ou menos um contacto contínuo com o fundo. Isto inclui primariamente os grãos que rolam, deslizam, ou pulam ao longo do fundo. Assim, a carga de fundo deve ser determinada quase que exclusivamente pela tensão de cisalhamento efectiva (tensão de corte de fundo) actuando directamente na superfície do sedimento.

A carga suspensa é definida como a parte da carga total que está se movendo sem contacto contínuo com o fundo em resposta da agitação da turbulência do fluido.

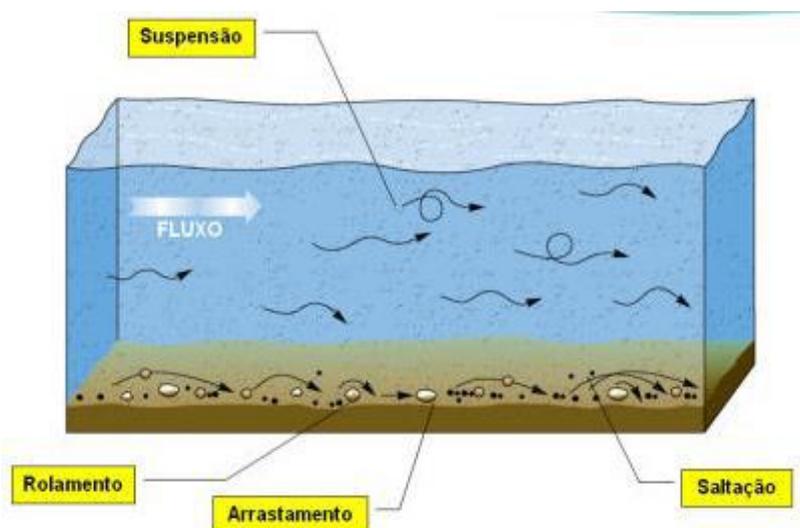


figura 2. Fredsoe e Deigaard (1992), Diferentes modos de transporte de sedimentos.

2.11. Sedimentos nos estuários

O transporte de sedimentos nos estuários é bastante diferente em relação ao que passa no resto do rio. Nestes ambientes naturais, a descarga fluvial encontra a mare, e a corrente desta assume um papel gerador de turbulência. A partir deste momento existe apenas um pequeno período de tempo entre a subida e a descida da mare (nível máximo ou nível mínimo) cuja turbulência é mínima; nesse intervalo de tempo, os sedimentos mais pesados têm a possibilidade de se depositarem no leito do estuário. À medida que a corrente volta novamente a aumentar, as partículas elevam-se para a coluna de água, mas ao contrário da água doce que continua escoar-se ao longo do estuário na camada superior, as partículas estão agora na camada mais baixa da circulação estuarina, onde o movimento médio da água é o do oceano em direcção a montante. Portanto, uma parte dos sedimentos nunca chega a alcançar o mar e acumula-se no estuário numa região situada perto de onde o rio entra no estuário, ou seja onde a circulação muda de apenas uma camada para duas (Tomesezak, 2000)

2.12. Alteração do balanço sedimentar nos estuários

Contudo, o balanço sedimentar tem sido afectado e alterado pela actividade humana em redor dos estuários, principalmente por acções que provocam o aumento da erosão e pela alteração dos padrões naturais do fluxo de água. Por exemplo, o desenvolvimento de portos e marinas prendem os sedimentos mais finos e pode ser necessário recorrer a dragagens regulares para evitar a sua acumulação. A devastação de florestas de mangal aumenta a vulnerabilidade do solo à erosão, qualquer actividade que leva ao desenvolvimento de lama e lodo representam uma ameaça para os estuários. (Bell *et. al*, 2000, Necholls 2002)

2.13. Obras de protecção 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 de 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. Efectivamente, basta o facto de se tratar de estruturas estáticas, rígidas, inseridas num meio que é profundamente dinâmico (o litoral), pode causar perturbações profundas nesse meio.

Acresce, ainda mais, mesmo que tais estruturas têm, regra geral, como objectivo, tornar estáticas (ou o menos dinâmico possível) partes importantes do litoral (Dias, Ferreira, & Pereira, 1994) Aliado a essa premissa, é necessária a realização de estudos ambientais, como o monitoramento dos diferentes parâmetros envolvidos no fenómeno, como a dinâmica das ondas, dos ventos, dos níveis de água, as alterações na movimentação e no abastecimento dos sedimentos, e as variações do perfil batimétrico de praia, como condicionantes para um adequado manejo costeiro. (Pernambuco, 2012).

2.14. Métodos aplicados

Os principais métodos utilizados na protecção costeira buscam, no primeiro momento, prevenir ou eliminar os efeitos, este é denominado método directo. O outro método procura a correcção do problema por meio de eliminação das causas.

São exemplos de medidas indirectas:

- Correcção do transporte litorâneo por meio de modificações definidas, adequadamente, através de um estudo de monitoramento – no projecto de espigões, molhe, quebra-mares, muros novos ou existentes, entre outros (Pernambuco, 2012)

Vale acrescentar os exemplos de medidas directas a saber:

- Alimentação artificial – utilizada na reposição de material de áreas erodidas. Este método parece à primeira vista, economicamente dispendioso, além da necessidade de monitoramento e manutenção. Seu uso, no entanto, pode ser vantajoso, por manter o aspecto de praia natural, agradável ao lazer e à contemplação.
- Quebra-mar destacado – construído em paralelo à certa distância da linha de costa. Protege a praia, alterando a capacidade de transporte litorâneo, pela interceptação das ondas, total ou parcialmente.
- Quebra-mar em Talude – quebra-mar ligado à praia através de espigão. Tem efeito comparável ao anterior, com maior impacto sobre o transporte longitudinal de sedimentos, devido à existência do espigão. Podem ser isolados ou em grupos. Exigem monitoramento e manutenção periódicos.

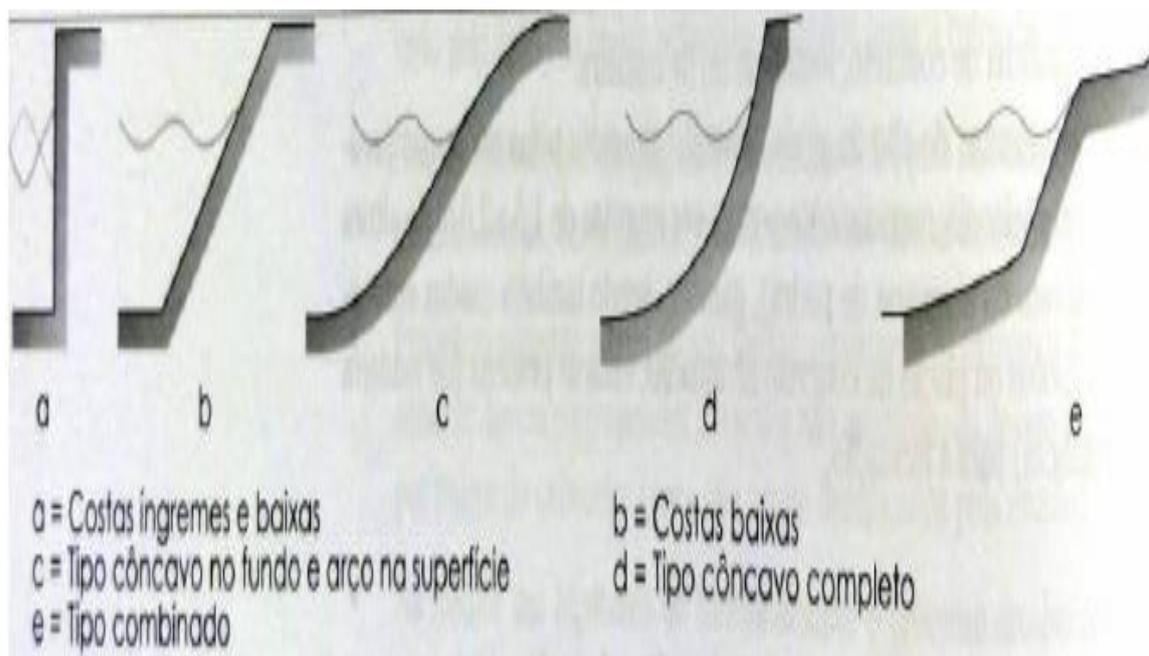


figura 3. Formas de muros de protecção. (Fonte: Alfredini, 2005)

CAPITULO III

3. METODOLOGIA

3.1. Localização e caracterização da área de estudo



figura 4. ilustração da área de estudo. (Fonte: Google Earth)

O presente trabalho foi realizado no distrito Quelimane-Zambézia, precisamente na ponte sob rio Chipaca, localizado na Latitude: $17^{\circ} 53' 32,4''$ e Longitude: $036^{\circ} 55' 09,6''$. Esta ponte liga a cidade de Quelimane e o posto Administrativo de Madal.

O posto Administrativo da Madal tem taxa de desemprego elevado, sendo a população vive basicamente da pesca artesanal, agricultura, comercio informal de pequena escala, que inclui a pratica de transporte por bicicleta, actividades estão directamente afectadas pela desestabilidade da ponte.pela desestabilidade da ponte.

A agricultura comercial com enfoque para a cultura do coqueiro, principal marca da cidade esta em queda devido ao amarelecimento letal do coqueiro e, a produção de arroz em regime de sequeiro, outra cultura de grande importância para cidade vem sofrendo de forma cíclica de estiagem e cheias cujo resultado tem sido baixa produção. A produção pesqueira, em particular a de camarão, tem estado em declínio devido maioritariamente a perca do mangal, ao regime intensivo de pesca.

Das espécies de mangal encontram-se a *Avicennia marina*, *Ceriops tagal* e *Rizophora mucronata*. É uma região com influências de marés semi – diurnas (Antonio, 2013), com alturas que podem atingir

4m na fase da maré viva. A margem da zona de Icidua é caracterizada maioritariamente pela presença de solos lodosos. É um dos locais onde se desenvolve a actividade de embarque e desembarque de pequenas embarcações de pescadores e transportadores de material de construção para o posto Administrativo da Madal. Esta é um centro de pesca que fornece o pescado para vários mercados da cidade de Quelimane e alguns distritos como Nicoadala, Namacurra, Mocuba e Morrumbala.

3.2. Materiais e Metodos

Para a realização do presente trabalho foram usados os seguintes materiais:

Figura A: **Correntometro (RCM SW-191)**: é um instrumento que faz e registro automaticamente, foi usado para medição da velocidade e direcção da corrente.

Figura B: **RBR-Maregrefo-submersível (TRW-2050)**: é um instrumento que regista automaticamente parâmetros hidrodinâmicos, o instrumento foi usando para registrar as alturas de mare e ondas;

Figura C: **GPS ASTRO 60-VI**: é um instrumento que interpreta sinais de satélites, este aparelho foi usado para a obtenção de coordenadas geográficas e elevações nos pontos em que se baseava o estudo.

Garrafas plásticas 500ml: este material foi usado para conservar amostras de água que era colectada em cada 1 hora.

Para alcançar os objectivos foram realizados trabalhos de recolha de dados nos dias 25 e 26 de Julho de 2017 das 6 as 18 horas na mare viva. Foram colhidos amostras de água para a determinar a taxa de sedimentos suspensos na coluna de água em garrafas plásticas de 500ml e foram levados a laboratório da ESCMC para o seu processamento.



figura 5. instrumentos usados na recolha de dados , (a) correntometro Seaguard, (b) marregrafo e (c) GPS

3.2.1. Avaliação da influência das marés e correntes sobre a estrutura da ponte.

Nesta etapa, foram realizadas 2 campanhas oceanográficas para obtenção de dados de ondas, correntes e marés, com a finalidade de relacionar os processos da disestabilidade da ponte sobre rio Chipaca, tendo acontecido nos dias 25 e 26 de Julho de 2017, durante a fase da maré viva, com auxílio de um marégrafo e um correntómetro ancorado.

O correntómetro e marégrafo foram ancorados no fundo, e os dois instrumentos foram configurados para medir em intervalos de 10 min. No correntómetro, além do registo da intensidade de corrente de maré também observou-se a direcção da corrente. Estes dados foram extraídos usando o Seaguard Studio e o Ruskin, respectivamente, gravados na planilha de Microsoft Excel onde foram produzidos os gráficos de Dispersão.

3.2.2. Determinação do fluxo de sedimentos no estuário

Para determinar o fluxo de sedimentos foram colectados amostras de água em garrafas plásticas de 500ml, e levados ao laboratório da ESCMC (Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras). Para filtragem das amostras foram usados filtros de 47mm de porosidade, onde pesou-se o filtro seco numa balança de marca mattler toledo, de 0,001g de precisão coberto de vidro, em seguida filtrou-se cada amostra de 500ml para se obter a matéria orgânica e inorgânica, depois colocados no forno a 50°C para eliminar a humidade do filtro durante 1 hora. Após à pesagem o filtro foi submetido novamente a estufa a 250°C durante 30 minutos com objectivo de obter os sedimentos suspensos. Tendo o peso real de sedimentos calculou-se as concertações usando a equação (1) abaixo:

$$Conc = \frac{M_{si}}{V_c}$$

Onde:

Conc – é concentração de sedimentos na amostra (g/l)

Msi – é massa de substância inorgânica (g)

Vc – o volume da amostra colectado (l)

Avaliação da eficiência da estrutura da ponte

Para se avaliar a eficiência de protecção da estrutura da ponte, foram feitas visitas de observação da área, de seguida a realização de uma entrevista. E assim foi possível constatar que o local da ponte esta afectado pela erosão e seus Possíveis impactos. Quanto as entrevistas feitas a população local contribuiu com diversas informações, quanto ao perfil, percepção em relação a erosão e suas respectivas sugestões de minimização. Foi inquerido um total de 100 pessoas dentre moradores e utentes da travessia Quelimane-Madal, Estes dados foram processados no pacote estatístico SPSS e apresentados em gráficos.

CAPITULO IV

1. RESULTADOS E DISCUÇÃO

1.1. Variação da corrente em função de tempo do dia 25/07/17 durante maré viva

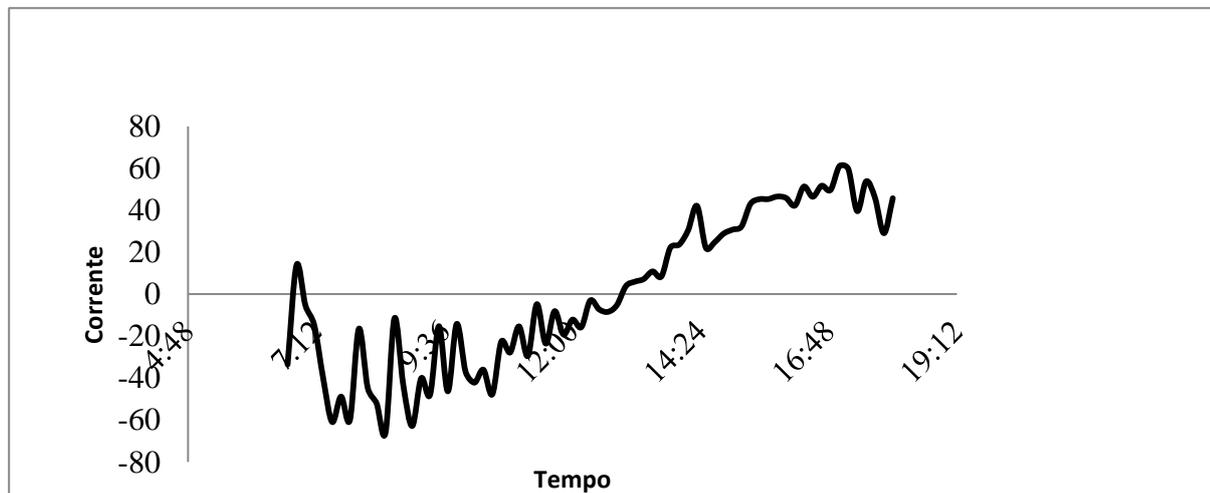


figura 6. Variação da corrente em função de tempo do dia 25/07/17 durante maré viva.

O gráfico da figura 6. Apresenta a variação da velocidade da corrente em função de tempo. No período da manhã (das 7-12h) as velocidades apresentaram valores negativos, que interpreta-se como mudança da direcção do fluxo, isto é, no período da manhã o fluxo flui para a jusante, e no período da tarde o fluxo muda de direcção para montante.

A velocidade mínima registada no período da manhã foi de 14 cm/s que foi as 8:30 min, e a velocidade máxima observou-se as 6:50 que foi de aproximadamente 66 cm/s. Por outro lado (na enchente), a velocidade máxima foi registada as 17h e foi de 61 cm/s, e mínima registou-se 13h e foi de 4 cm/s.

A principal causa da erosão pode-se verificar relacionada com o fluxo durante a vazante (período das 7h- 12h), pelo facto de que as velocidade nesse período foram superiores, podendo causar arrasto de sedimentos.

Hjulstrom (1939) Relaciona o transporte dos sedimentos e o mecanismo de transporte dos sedimentos de fundo em correntes fluviais com a formação de marcas onduladas. Ele estabeleceu um gráfico que relaciona os fenómenos de erosão, transporte e deposição com a velocidade da corrente e granulação dos sedimentos envolvidos. E assim com os dados obtidos da corrente, relacionando com o diagrama, a corrente na vazante tem a capacidade de erodir as margens ou o fundo, pois visto que a velocidade apresentou valores superiores.

1.2. Corrente de mares e altura da mare

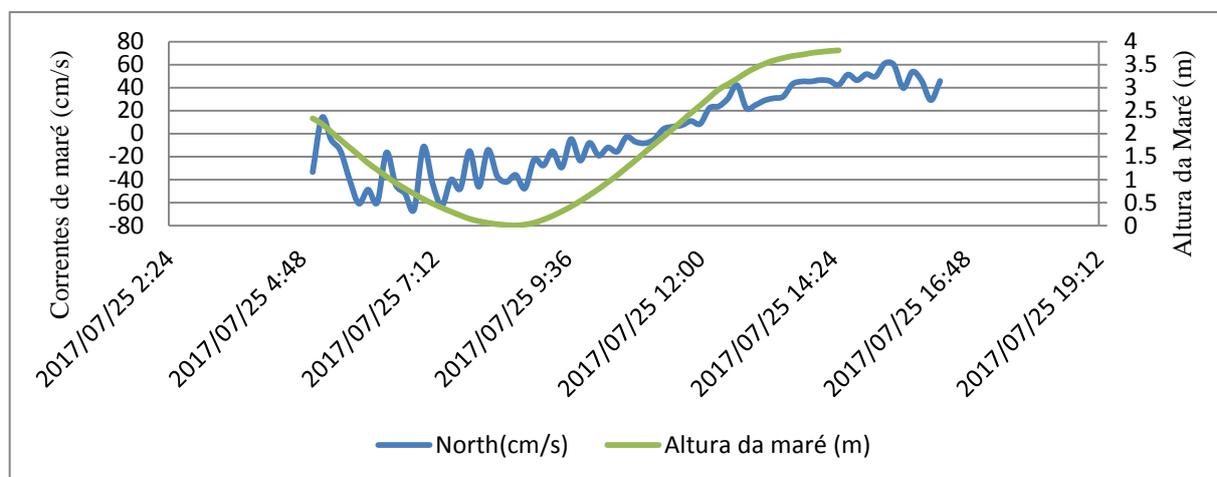


figura 7. representa da relação de correntes e altura de mare

A figura 7. apresenta a relação entre as correntes e a altura da maré. A maré apresentou-se a vazar nas primeiras horas do dia até no período das 8h que atingiu o seu estofa mínimo. À medida que a maré vaza observa-se que as velocidades apresentam valores negativos, ou seja a direcções é Sul.

A diferença nos direcções das velocidades nos períodos da manhã e da tarde, deve-se ao facto da variação da maré, uma vez que a subida da maré (a partir das 12h) mudou a direcção do fluxo de Sul para Norte.

Observando ainda na figura 7, observa-se uma relação directa entre a corrente e a altura da maré, onde à medida em que a altura da maré aumenta a velocidade tende a aumentar. Este facto concorda com a afirmação de Principes (2010), que ilustrou à partir dos seus gráficos que o aumento da maré aumenta a velocidade da corrente.

De acordo com o gráfico da figura 7, a combinação da maré e corrente do sentido, contribui no surgimento da erosão. De referir que obteve-se maior a intensidade da corrente durante a vazante da maré, pois, segundo Delgado (2011) a velocidade da vazante é superior à da enchente, e a duração da vazante é também superior à da enchente.

Filinho (2009), também afirma que as correntes de marés são fortes na vazante em relação a enchente pelo facto das correntes na enchente terem somente como força causadora da corrente a força exercida entre o sol e a lua, enquanto na vazante tem-se várias forças a considerar tal como: a topografia do canal, força de gravidade, força exercida entre a lua e o sol.

1.2.1. Variação da energia da onda em função da maré do dia 25/07/2017 durante a maré viva

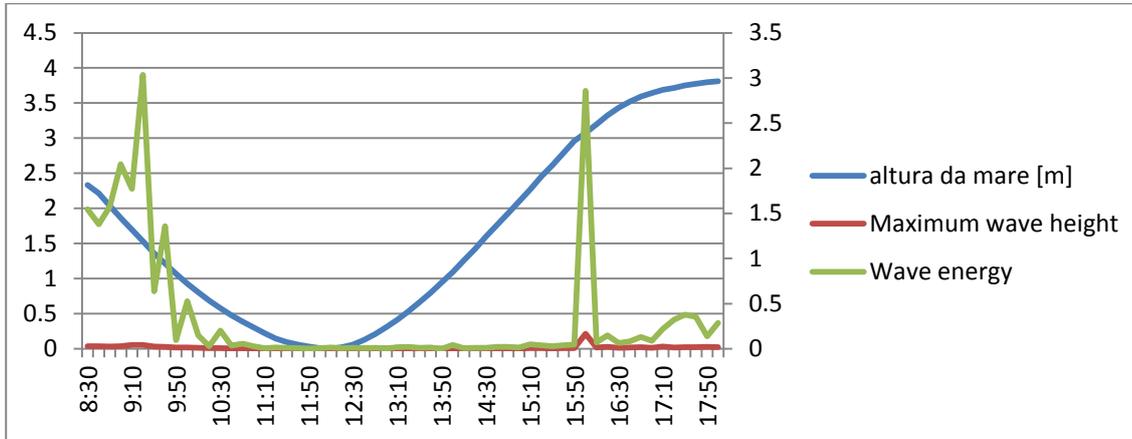


figura 8. variação de energia da onda em função da maré

O gráfico da figura 9 ilustra a relação da energia da onda (a esquerda) e a maré (direita), onde as maiores intensidades de energia da onda foram observadas durante a preia-mar em torno de 0.1 joules, com aproximadamente 4m de altura de maré. Verificou-se uma similaridade em que quanto maior foi a maré, maior a energia da onda registada. A amplitude maior das ondas observa-se na fase da enchente, mas existem ondas de pouca intensidade.

De acordo com a figura 9, a leitura das alturas e energia das ondas, lida no eixo esquerdo ao passo que altura da maré é feita no eixo direito. O facto da altura das ondas, apresentarem valores não muito significativos, chegando a atingir 20 cm, e justificado pelo estuário ser dominado pelas mares e nas ondas. Numa análise mais precisa pode-se notar que na fase da enchente da maré as alturas das ondas aumentaram tendo contribuído para a ampliação da energia de maré registada neste período (2.8 J/m^2). Esta energia é significativamente inferior para contribuir no processo de erosão do local em estudo dado que as suas margens são compostas basicamente de solos lodosos e argilosos, pois quanto menor for a energia da onda, menor será a ocorrência da erosão.

Tabela 1. concentração de sedimentos, na maré viva e na maré morta

	Hora	Concentração (Mare viva) em g/l	Concentração (Mare morta) em g/l
enchente	7	0.12	0.02
	8	0.28	0.04
	9	0.38	0.05
	10	0.03	0.03
	11	0.16	0.06

vazante	12	0.3	0.38
	13	0.35	0.07
	14	0.23	0.09
	15	0.8	0.07
	16	0.4	0.39
	17	0.04	0.08

Na tabela 1 ilustra a concentração de sedimentos nas duas marés, onde verifica-se que as concentrações dos sedimentos na maré viva são relativamente superiores as concentrações na mare morta. Ainda na tabela 1, na maré viva, a media que as horas passam a concentração tende a aumentar, por exemplo, das 7-12h (onde a mare estava a vazar) a concentração máxima dos sedimentos foi de 0.38 g/l que foi no período das 9h. e por outro lado na maré morta, a concentração máxima na vazante foi de 0.06 que foi as 11h.

Nas duas marés, a maior concentração de sedimentos observa-se no período da enchente da maré (à partir das 12h, este facto ode se justificar pela junção dos sedimentos trazidos pela mare com os sedimentos descarregados pelo rio, e também pode se incluir a turbulência da água, visto que a enchente da maré causa maior turbulência da água, podendo suspender os sedimentos.

No figura 10, abaixo estão representados entrevistas acerca da intervenção das autoridades governamental e ou município para manutenção da ponte. Nesta questão há divergências nas opiniões, sendo 50% dos inqueridos responderam nos que havia manutenção da ponte, e os outros 50% disseram nos que não havia manutenção da ponte

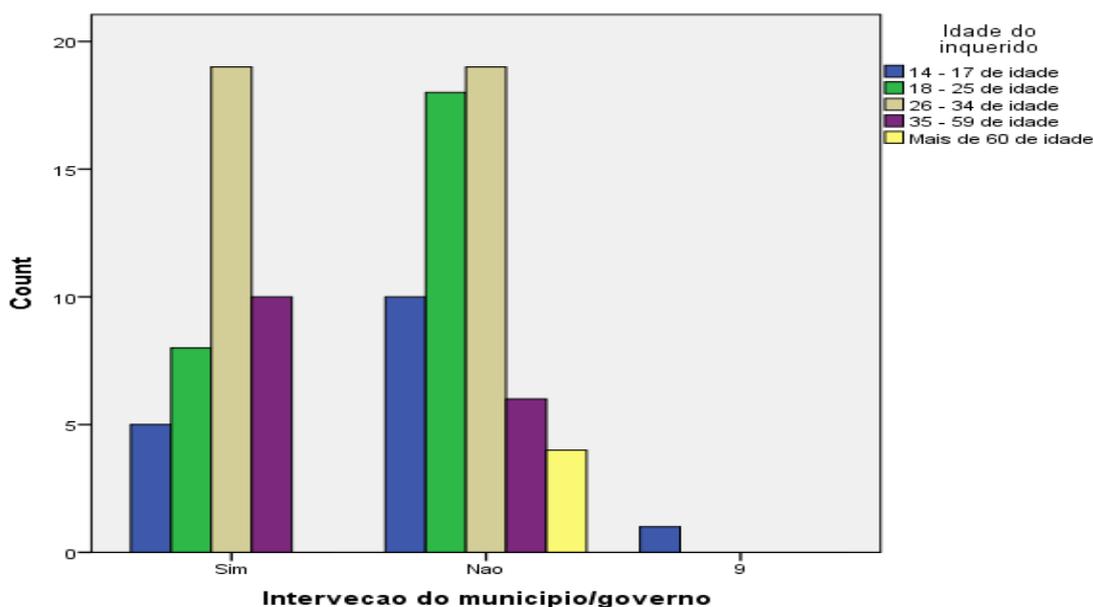


figura 9. Idade dos inqueridos

Quando se implementa uma obra de engenharia costeira, tem de se ter em conta o controlo da própria obra, sendo uma área sensível neste caso, seja para avaliar assuntos correctivos que a obra executa na costa, quer na recuperação da mesma, de modo a se tomar medidas logo que se encontra irregularidades. No caso da área em estudo, acarreta gastos maiores, pelo facto de ponte ter desabado causando vítimas humanas.

A figura 11, mostra a sensibilidade dos moradores e utentes em relação as causas de erosão no local da

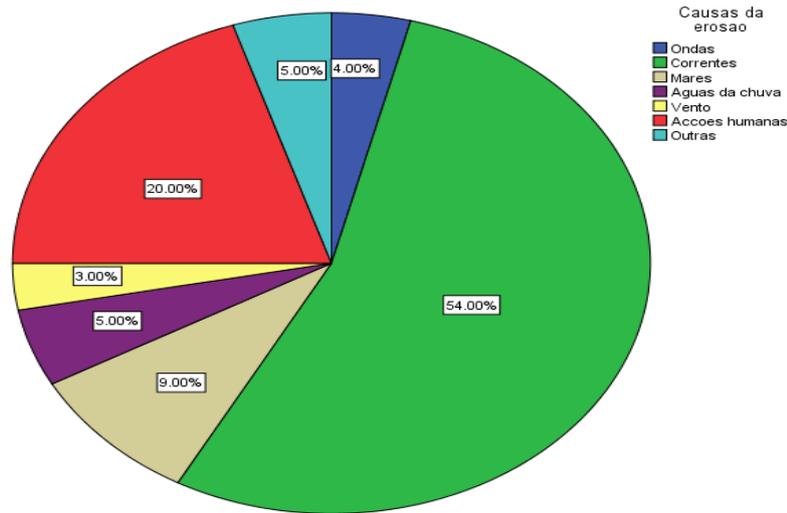


figura 10. tipos de causas de erosão

ponte, sendo que 54% dos respondentes afirmou serem as correntes que mais contribuem para erosão na ponte sobre rio Chipaca, 20% das acções Humanas, que retiravam pedras da estrutura da ponte, 9% de mares, 5% outras causas.

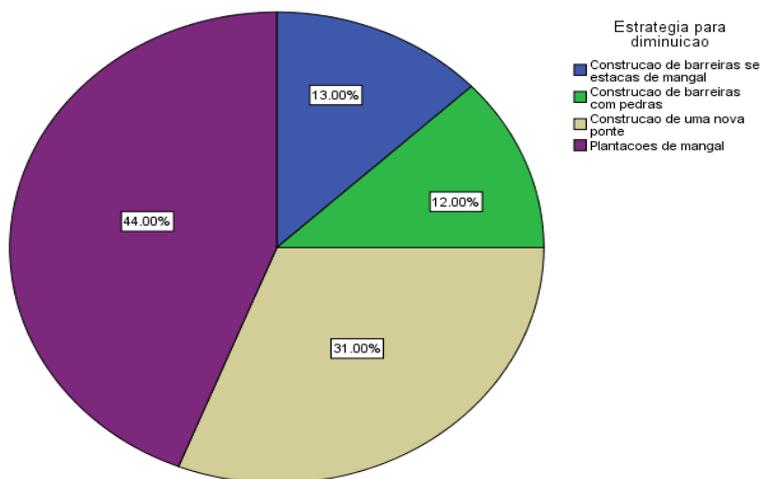


figura 11. representa estragais para reduzir

vegetação (plantio do mangal, eucaliptos, casuarinas e outros arbustos) 31% construção de uma nova ponte, 13% construção de barreiras com estacas de mangal ou de coqueiro que já reproduzem, e 12% sugeriu construção de barreiras com pedras (redes gabiões)

CAPITULO V

2. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

2.1. Conclusão

Com o trabalho realizado, com o objectivo descrito acima, obteve-se as seguintes conclusões:

- ✓ O rio chipaca é um rio que sofre influência da maré, onde na baixa-mar as velocidades são máximas possíveis e que causam a erosão nas margens do rio;
- ✓ O maior concorrente na desestabilização da ponte sobre o rio chipaca é a corrente de maré, visto que a onda apresentou valores insignificantes;
- ✓ Os contribuintes na erosão do local em estudo são as correntes, retiradas das pedras da estrutura da ponte pela população e marés;

2.2. Recomendações

Recomenda-se que:

- ✓ Para os próximos estudos que haja mais exploração sobre erosão usando outros métodos em um espaço de tempo prolongado; que sejam incluídas as descargas, a precipitação e o vento nas duas fases da maré (morta e viva);
- ✓ Que se desenvolvam projectos de medidas de melhoria da qualidade das pontes sobre os rios nacionais;
- ✓ Que se faça monitoria contínua após a construção de uma ponte sobre o rio, para que a população não retire qualquer suporte da estrutura;

CAPITULO VI

3. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIAS

Referências bibliográficas

Aguiar, D. F. (2011). Universidade do vale do itajaí, Modelagem de ondas geradas pelo vento no terminal Portuário de vila do conde – Pará. UNIVALI centro de ciências tecnológicas da terra e do mar – CTTMAR curso de oceanografia . Itajaí, Brazil .

António, M. H. (2013). Estuo da Hidrodinâmica do Estuário Bons Sinais. Tese de Mestrado- Universidade Eduardo Mondlane-Quelimane

Coelho, C. (2005). Risco de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Aveiro. Secção Autónoma de Engenharia Civil .

Castro, A. L. (2003). Manual de desastres. Ministério da Integração Nacional , vol. 1 . Brasília. .

Davis, R. A. (1985). Beach and nearshore zone. New York: Springer-Verlag.

Dean R. & Dalrymple R. (1991). water wave mechanics for engineers and scientists. advanced series on ocean engineering, vol. 2.

Delgado, A. L. (Setembro de 2011). Caracterização hidrodinâmica e sedimentar do estuário do rio Minho. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em engenharia civil — especialização em hidráulica, recursos hídricos e ambiente .

Filinho, C. B. (Agosto de 2009). Caracterização das correntes de Mares no canal do chuabo Dembe. Tese de Licenciatura . Quelimane, Moçambique.

Fredsoe, J., & Deigaard, R. (1992). Mechanics of coastal sediment transport. Advanced Series on Ocean Engineering (3. Ed. World Scientific ed., Vol. Vol. 3). Technical University of Denmark.

Fredsoe, J., & Deigaard, R. (1992a). Mechanics of coastal sediment transport. Advanced Series on Ocean Engineering. Denmark: World Scientific. Technical University of Denmark University of Denmark.

Hoguane, A. M. (2007). Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de . Revista de Gestão Costeira Integrada (SE). Moçambique, Quelimane-Zambezia.

Popp, J. H. (2007). Geologia geral. 5. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos (5. Ed. ed.). Rio de Janeiro.

Press, F. [. (2006). Para entender a terra. tradução Rualdo Menegat... [et al.] : Bookman (4ª ed ed.). Porto Alegre: Artmed editora.

Pernambuco, I. d. (2012). Recuperação da Orla Marítima – Municípios de Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda e Paulista (Pernambuco). Relatório de impacto ambiental (RIMA) . Pernambuco (Brazil).

PERNAMBUCO, I. D. (2012). Relatório de impacto ambiental- RIMA: Recuperação da Orla Marítima – Municípios de Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda e Paulista (Pernambuco). Pernambuco. Recife- Barzil.

Teixeira, A., & Guerra, A. J. (1997). Novo dicionário geológico- geomorfológicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil

4. Anexos

Inquerito para obtenção de informação relativa a erosão no rio Chipaca, Quelimane

1. Número do Inquerido _____
2. Idade do inquerido:
14 a 17 anos ___ 18 a 25 anos ___ 26 a 34 anos ___ 35 a 59 anos ___ Mais de 60 anos ___
3. A quanto tempo frequenta a zona da ponte do rio Chipaca?
0-1 ano ___ 2-5 anos ___ 6-9 anos ___ Mais de 10 anos ___
4. Qual era a actividade que lhe levava a passar por lá?
Serviço ___ Agricultura ___ Pesca ___ Negócio ___ Visita de família ___ Outras _____
5. O que aconteceu para começar a erodir naquela região?
6. Quando começou a erodir?
7. O que pode estar a provocar mais esta erosão nos últimos tempos? Ondas ___ Correntes ___
Marés ___ água das chuvas ___ Vento ___ Acções humanas ___ Outras ___ (Especifique)

8. O que já se perdeu na zona erodida?
9. Quais as implicações desta erosão na região?
10. Tem informação se o Governo/Município está a tentar procurar uma solução para resolver este problema?
11. A comunidade local já tentou combater/criar ideias para combater estas erosão?
Sim ___ (Qual?) _____ Quando?) _____
Não ___ (Porquê?) _____
12. Na sua opinião qual é melhor estratégia para diminuir este processo de erosão?

Anexo II



Figura: forno da UEM/ ESCMC



Figura: balança electrónica da UEM/ESCMC

