



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para obtenção do grau de Licenciatura em Oceanografia

***Avaliação do fluxo de sedimentos em suspensão na região do Porto de
Quelimane no Estuário de Bons Sinais província da Zambézia***



Autor

Ernesto da Hortência Tembe

Quelimane, Novembro de 2017



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para obtenção do grau de Licenciatura em Oceanografia

***Avaliação do fluxo de sedimentos em suspensão na região do Porto de
Quelimane no Estuário de Bons Sinais província da Zambézia***

Autor

Ernesto da Hortência Tembe

Supervisor

MSc Noca Bernardo Furaca

Quelimane, Novembro de 2017

DEDICATÓRIA

Especialmente a minha mãe Hortência Tembe que mesmo nas dificuldades fez de tudo para me formar.

Meu tio Ernesto Jorge Macaringue (pai) que responsabilizou-se pelo meus estudos, minha fonte de inspiração pelo amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus a fonte de iluminação, por ter-me abençoado neste percurso. E pela oportunidade que me deu de fazer parte da academia.

Ao estado por ter financiado durante os quatro anos a minha bolsa de licenciatura.

Ao MSc Noca Bernardo Furaca, pelo exemplo de conduta profissional, principalmente pela confiança, paciência, colaboração e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos que me acompanharam no trabalho de campo (MSc Noca Furaca, sr. Maquina, Cândido Timba e Feliz Sodasse).

Aos colegas do quarto (Alberto Sibie, Erasnes Howhana, Adriano Muhate e David Chibesso) e antigos colegas (dr. Evaristo, dr. Mavie, Americo e dr. Vicente) a residência universitária da UEM ESCMC, por ter, com muita paciência me acompanhado nos momentos mais difíceis e bons durante a formação.

Aos colegas que vivemos juntos como irmãos Orlando Macicame, Flávio Jeje, Sebastião Mariquel, Xieo, Timba, Sodasse, Orlando Jamisse, Guta, Erasnes, Sibie, Muhate, Nhacudima, Da Sandra, Cesárdio, Banze, Balbina, Katia,

Aos meus colegas de curso e a todos que directo ou indirectamente contribuíram na realização deste trabalho.

As novas amizades feitas em Quelimane:em especial Zainura Vacane, Nurja Wandoca e Rosa de Jesus e a Congregação da Assembleia de Deus de Chuabo Dembe.

Aos meus familiares e amigos Hortência Tembe, Yuran Tembe, Celeste, Ana, Hélio, Ernesto Macaringue, Virgílio, Anuário, Isabel, Marta Romana, Ermitério, Adriano, Agostinho, Jorgete, Dininha, Silvestre, Nando, Ernesto, Leopoldina, Nilsa, Carlos Garis, José Kampira, Emidio Tembe, Milton Uaene, Mercia Chico João, Jojo, Vina, Ulaf, Odete Tembe, Adelino Langa, Helena Mathe, Jorge Mathe, Pascual, Dino Lenço, Eng Mario Lemos, Celio, Narieta, Martinho, Rachid, Rafael Tembe.

E Dizer que:

A Gratidão é uma sensação tão agradável. Quase todos temos motivos para a gratidão, quando pessoas em nossas vidas têm tempo para partilhar e nos fazer saber por bons actos que nós estamos em seus pensamentos e que elas se importam. Obrigado por se importarem comigo, isso ilumina o meu viver.

Declaração sob compromisso de honra

Eu, Ernesto da Hortência Tembe, declaro por minha honra que o presente trabalho de pesquisa nunca antes foi publicado e que constitui fruto do meu esforço e empenho originado por uma profunda pesquisa científica, tendo sido obedecidas todas as regras de investigação, e devidamente indicadas as fontes consultadas.

Quelimane, Novembro de 2017.

O autor:

(Ernesto da Hortência Tembe)

Resumo

O estuário Bons Sinais é afectado pelas descargas dos rios Cuácua e Licuari. De acordo com Gimo (2015) o rio Cuácua é o responsável pela maior descarga de sedimentos na boca, estas descargas tem contribuído no desenvolvimento de muitos bancos de areia ao longo do estuário. São no total seis bancos dos quais três situados em direção a boca do estuário, dois em direção a confluência dos rios Cuácua e licuari e um em frente do Porto de Carga de Quelimane. Ainda não foram feitos trabalhos que justificam a dependência do banco que está em frente do Porto. Um trabalho de campo efectuado em duas fases de maré (viva e morta) foi efectuado em frente do banco de areia situado em frente do porto de Carga a fim de avaliar o fluxo de sedimento e por fim identificar a origem dos sedimentos que alimentam o banco. Para tal foram colhidas amostras de água superficial em intervalos de uma hora, foram colhidos dados de velocidade de corrente da água, da variação da maré e por fim efectuado o perfil topográfico. Resultados encontrados indicam que no local em estudo registou maior e menor concentração de sedimentos (0.1378 g/L e 0.0358 g/l) nas fases de maré viva e morta respetivamente. O maior e menor fluxo observado foi de 20.558,3 kg/s e 14.68 kg/s, respetivamente, durante as fases de maré viva e morta respetivamente. Do balaço efectuado do fluxo de entrada e de saída dão conta que a fonte de sedimentos que alimentam o banco vêm do lado do mar. Esta quantidade é consideravelmente preocupante dada a irregularidade da dragagem que se têm verificado no canal que dá acesso ao porto, e sugere-se as entidades competentes para que criem condições de tal modo que haja regularidade no processo de dragagem do local.

Palavras-chave: Fluxo, sedimento, banco de areia

Abstract

The Bons Sinais estuary is affected by the discharges of the Cuácua and Licuari rivers. According to Gimo (2015) the Cuácua River is responsible for the largest discharge of sediments in the mouth, these discharges have contributed to the development of many sand banks along the estuary. In total there are six banks, three of which are situated towards the mouth of the estuary, two towards the confluence of the Cuácua and licuari rivers and one in front of the Port of Quelimane. Work has not yet been done to justify the dependence of the bank in front of Oporto. Fieldwork in two phases of tide (live and dead) was carried out in front of the reef bench located in front of the port of Carga in order to evaluate the sediment flow and finally to identify the origin of the sediments feeding the bank . For this, samples of surface water were collected at one hour intervals, water velocity data, tidal variation data were collected and finally the topographic profile was taken. Results found indicate that the highest and lowest concentrations of sediment (0.1378 g / L and 0.0358 g / l) in the live and dead tide phases were observed at the study site. The highest and lowest observed flow was 20,558.3 kg / s and 14.68 kg / s, respectively, during the live and dead tide phases respectively. From the inflow of the inflow and outflow, they note that the source of sediments feeding the bank comes from the sea side. This quantity is of considerable concern given the irregularity of dredging that has occurred in the canal giving access to the port, and it is suggested that the competent authorities create conditions so that there is regularity in the dredging process of the site.

Keywords: Sediment flow, sandbanks.

Lista de abreviaturas

| Símbolo | Significado |
|-------------------|---|
| % | Porcentagem |
| Ai | Área inundada da maré da secção transversal |
| ESCMC | Escola Superior das Ciências Marinhas e Costeiras |
| Cs | Concentração de sedimentos em suspensão |
| Flx | Fluxo de sedimentos |
| g | Gramas |
| h | Horas |
| kg | Quilogramas |
| <i>l</i> | Largura da secção transversal |
| L | Litros |
| m | Metros |
| mL | Mililitros |
| <i>pss</i> | Peso de sólidos suspensos |
| <i>p</i> | Profundidade media |
| Q | Descarga solida ou Vazão |
| UEM | Universidade Eduardo Mondlane |
| s | Segundos |
| V | Velocidade da corrente |
| Vc | Volume de amostra coletado |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Modo de transporte de sedimentos na coluna de água, BIGARELLA, (1979)..... | 5 |
| Figura 2: Localização geográfica da área do estudo, usada para colecta de dados no Estuário dos Bons Sinais. Fonte Tembe..... | 09 |
| Figura 3: Ilustração de alguns instrumentos usados. Fonte: Tembe, (2017)..... | 10 |
| Figura 4: Perfil topográfico da zona do porto no banco de areia no Estuário Bons Sinais..... | 14 |
| Figura 5: Taxa de concentração de sedimentos e o tempo em função da altura da maré no estuário dos Bons sinais Quelimane no dia 22/07/2017. | 15 |
| Figura 6: Relação do fluxo de sedimentos com o tempo em função da maré na primeira observação da maré viva no dia 22/07/2017..... | 16 |
| Figura 7: Taxa de concentração de sedimentos em relação a altura da maré em função de tempo no estuário dos Bons sinais Quelimane no dia 02/10/2017..... | 17 |
| Figura 8: Relação do fluxo de sedimentos com o tempo em relação a altura da maré na maré morta do dia 02/10/2017..... | 18 |

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Alguns instrumentos referentes a serie e a precisão..... | 11 |
| Tabela 2: Interpretação dos coeficientes de correlação e determinação de Pearson..... | 19 |
| Tabela 3: Relação da concentração e o fluxo de sedimentos e a altura da maré na maré viva e morta nos dias 22 de Julho e 02 de Outubro de 2017..... | 19 |
| Tabela 4: Balanço de fluxo de sedimentos nas fases da maré que apesentou maior e menor fluxo de sedimentos respectivamente..... | 20 |

CAPÍTULO I

| | |
|-------------------------|---|
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Objectivos: | 2 |
| 1.1.1 Geral: | 2 |
| 1.1.2 Especifico: | 2 |

CAPÍTULO II

| | |
|---|---|
| 2 Revisão da Literatura..... | 3 |
| 2.1 Sedimentos..... | 3 |
| 2.1.1 Origem | 3 |
| 2.1.2 Tipos de sedimentos..... | 3 |
| 2.2 Mecanismos de transporte de sedimentos | 3 |
| 2.2.1 Erosão | 3 |
| 2.2.2 Transporte Sedimentar..... | 4 |
| 2.2.3 Deposição de sedimentos | 5 |
| 2.3 Bancos de areia | 6 |
| 2.3.1 Formação de banco de areia | 6 |
| 2.4 Assoreamento dos estuários ou rios | 6 |
| 2.5 Influência de marés no transporte de sedimentos | 7 |
| 2.6 Influência de Correntes no transporte de sedimentos | 7 |
| 2.7 Influência de ondas no transporte de sedimentos | 7 |
| 2.8 Influencia das descargas fluviais no transporte de sedimentos | 8 |
| 2.9 Dragagem..... | 8 |

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| 3 Metodologia | 9 |
| 3.1 Descrição da área do estudo | 9 |
| 3.2 Material..... | 10 |
| 3.3 Método..... | 11 |
| 3.3.1 Determinação da topografia e da área da secção transversal | 12 |
| 3.3.2 Concentração de sedimentos suspensos | 12 |
| 3.3.3. Peso de sólidos suspensos | 13 |
| 3.3.4 Descarga Solida | 13 |
| 3.3.5 Fluxo de sedimentos | 13 |

CAPÍTULO IV

| | |
|-------------------------------|----|
| 4 Resultados e discussão..... | 14 |
|-------------------------------|----|

CAPÍTULO V

| | |
|-----------------------|----|
| 5 Conclusão:..... | 21 |
| 6 Recomendações:..... | 21 |

CAPÍTULO VI

| | |
|-----------------------------------|----|
| 7 Referências bibliográficas..... | 22 |
| 8 Anexos | 25 |

CAPÍTULO I

1 Introdução

O fluxo de sedimentos constitui característica que expressa a funcionalidade hidrológica e o comportamento do processo erosivo nas bacias hidrográficas nos estuários até ao mar. Desta forma, o estudo do fluxo sedimentar em determinado estuário colabora com a análise das bacias hidrográficas para aplicações de planeamento ambiental Christofolletti, (1999).

Entende-se por fluxo sedimentar ou vazão em um corpo hídrico como sendo a massa de sedimentos transportada na coluna de água através de uma secção transversal de área definida e num dado intervalo de tempo que depende das condições de corrente e variações no fundo, Mangor, (2004).

Segundo Miranda, (1989) o fluxo de sedimentos no estuário depende da intensidade das descargas fluviais, da água subterrânea, do vento, da dragagem, do perfil topográfico e da altura da maré com as correntes, salientar que os rios com um caudal grande têm maior descarga fluvial do fluxo de sedimentos.

O estudo de fluxo de sedimentos em global no intuito de obter uma maior precisão e compreensão da dinâmica sedimentar tem-se buscado a combinação de diferentes técnicas e ferramentas para o processamento, o método Euleriano, Lagrangiano, sensoriamento remoto, modelagem numérica, modelo numérico tridimensional ELCOM-CAEDYM, sendo a última utilizada para simular o movimento das partículas sedimentares e fluxo de sedimentos. No estuário dos Bons Sinais os estudos que tem-se verificado são sobre o método Euleriano e Langragiano.

No estudo do fluxo de sedimentos tem-se verificado muitos estudos nos rios com as seguintes limitações: falta de informação a respeito do volume do fluxo de sedimentos transportados pelos rios até ao estuário, a quantidade de sedimentos transportado usando sensoriamento remoto e modelagem.

O estuário Bons Sinais é afectado pelas descargas dos rios Cuácua e Licuari. De acordo com Gimo, (2015) o rio Cuácua é o responsável pela maior descarga de sedimentos na boca, estas descargas tem contribuído no desenvolvimento de muitos bancos de areia ao longo do estuário causando dificuldades das actividades pesqueiras daquela comunidade circunvizinha obrigados a fazer grandes manobras para contornar os bancos na vazante da maré viva, no processo de manobra das embarcações de grande porte no porto de carga e a dificuldade de entrada das embarcações no caso da baixa-mar da maré viva.

No presente estudo usou se o método Euleriano para o registo das correntes nas fases da maré e foi determinado a concentração de sedimentos suspensos que é determinada evaporando-a à temperatura de 100 a 105°C durante uma hora usada a água contida em um recipiente plástico de 500mL e pesando-se os sedimentos. Para uma descrição detalhada dos procedimentos do ensaio, recomenda-se a consulta do

Manual Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Eaton *et al.*, (1995). O material em suspensão a concentração é obtida através da filtração da água com a utilização de filtros especiais recomendados e optou-se pelo uso da concentração de sedimentos suspensos para o cálculo do fluxo de sedimentos. Acredita-se que no estuário dos Bons Sinais estudada neste trabalho a concentração e o fluxo de sedimentos sejam o problema da criação de bancos de areia produzidas ao longo do canal que se torna válida a presente análise.

O presente estudo contribuirá na compreensão do processo de deposição de sedimentos causado pela erosão costeira, dragagem no porto de carga condicionando o processo de sedimentação de grandes fluxos de sedimentos nos bancos de areia ao longo do estuário e constituindo informações extremamente importantes para a gestão costeira do local.

1.1 Objectivos:

1.1.1 Geral:

Estudar o fluxo de Sedimentos na região do Porto de Quelimane no Estuário de Bons Sinais.

1.1.2 Especifico:

- ✓ Identificar a fase de maré que proporciona maior concentração de sedimentos no local em estudo;
- ✓ Determinar a fase de maré que condiciona maior fluxo de sedimentos no local em estudo;
- ✓ Identificar a origem dos sedimentos que alimentam o banco localizado em frente do porto.

CAPÍTULO II

2 Revisão da Literatura

2.1 Sedimentos

Denomina-se sedimento, toda partícula derivada das rochas ou de materiais biológicos (matéria orgânica) capazes de ser transportada por um fluido. Originam-se da fragmentação de rochas pelos processos de intemperismo, as quais são transportadas pela água ou pelo vento do local de origem, até os rios estuários até a locais de deposição, caracterizando-se por material sólido em suspensão na água ou depositado no leito Guerra e Guerra, (2001).

2.1.1 Origem

Os sedimentos têm origem na erosão, as partículas erodidas que chegam ao estuário podem ser transportadas em suspensão no meio líquido ou pelo leito. As partículas em suspensão se movimentam com a velocidade da corrente de água. As partículas do leito deslocam-se por arraste, ou seja, pela velocidade da corrente; mas também sofrem resistência de atrito, o que resulta numa velocidade menor que aquelas em suspensão, Medeiros, et al, (2008).

2.1.2 Tipos de sedimentos

A distribuição de sedimentos num estuário revela, geralmente, o predomínio de:

- ✓ Areia, nos canais em contacto directo com o mar;
- ✓ Silte/argila – em áreas urbanizadas e águas pouco profundas;
- ✓ Lodo (argila), junto a depressões topográficas, descargas de efluentes e em zonas de máxima turvação associadas à intrusão da cunha salina.

2.2 Mecanismos de transporte de sedimentos

2.2.1 Erosão

A erosão é um fenómeno caracterizado pelo deslocamento de terra ou de rochas, podendo ser causado pela ação do homem ou por processos naturais. Quando ocorre por ação da natureza, a erosão está associada a agentes como o vento, as águas, a presença de seres vivos e variações climáticas, que modificam os solos e demais materiais da crosta terrestre Silva, et al, (2003).

2.2.2 Tipos de erosão

Erosão geológica ou natural

Ocorre sobre condição natural, ou seja, sem interferência do homem. Sua principal característica é que sua intensidade é sempre menor do que a intensidade com que os solos se formam.

Erosão acelerada

Ocorre sobre condições de interferência do homem. Neste caso, quase sempre a intensidade da erosão é muito grande e acelerada, sendo muito prejudicial por ocorrer num período de tempo muito curto.

Silva, (1995) classifica os tipos de erosão consoante os seus agentes causadores:

a) Erosão pluvial: é o tipo de erosão causado pela ação da água das chuvas. Em geral, qualquer desgaste do solo ocasionado pelas precipitações, em áreas onde o terreno é menos protegido pela vegetação e outros elementos, os efeitos da ação da água podem ser mais intensamente sentidos.

b) Erosão Fluvial: é o desgaste provocado pelo leito dos rios, quando eles se excedem avançam sobre as margens, quando a vegetação é removida e desprotege o relevo ao redor dos cursos da água.

c) Erosão Marinha: ocorre quando as rochas ou o solo litorâneo são desgastados pela água das ondas do mar. É um processo natural e que se transforma em problema quando habitações ou estradas são construídas em áreas ocasionalmente ocupadas pelas ondas.

d) Erosão Eólica: quando a força dos ventos é um dos grandes causadores da modificação do solo e das rochas. Seus efeitos variam de acordo com sua intensidade, mas em geral é mais lento que o causado pelas águas.

e) Erosão glacial: é o tipo de erosão causado pela ação do gelo, tanto da neve das geleiras. Geralmente ocorre quando as variações da temperatura congelam e descongelam a água, que se dilata e se comprime, afetando as rochas e os solos.

2.3 Transporte Sedimentar

Transporte é o movimento dos sedimentos por agentes como a água, o vento durante o qual os sedimentos sofrem arredondamento, devido aos choques entre si, e são separados de acordo com o seu tamanho, forma e densidade.

Silva (2003) divide o transporte de sedimentos em três grupos:

Carga sólida do leito ou de arrasto - são partículas que rolam ou escorregam longitudinalmente nos cursos de água, entrando em contacto com o leito praticamente todo o tempo.

Carga sólida saltitante - são as partículas que pulam ao longo do curso de água por efeito das correntes ou pelo impacto de outras partículas.

Carga sólida em suspensão - são os sedimentos suportados pelas componentes verticais das velocidades do fluxo turbulento, enquanto estão sendo transportados pelas componentes horizontais dessas velocidades, sendo suficientemente pequenas para permanecerem em suspensão, subindo e descendo na corrente acima do leito.

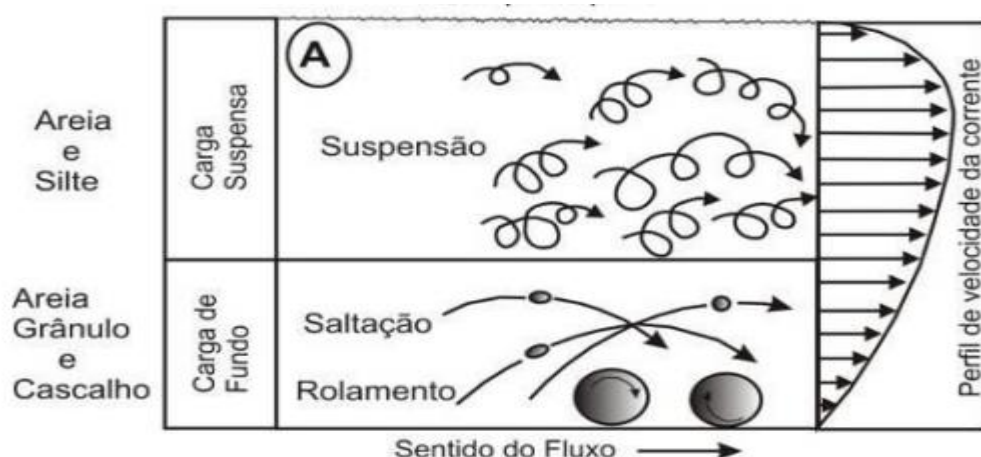


Figura1: Modo de transporte de sedimentos na coluna de água, Fonte: Bigarella, (1979).

2.2.3 Deposição de sedimentos

Quando os rios atingem os estuários e a velocidade das suas águas reduzem de velocidade das correntes e as forças que os sustenta são vencido com a força de gravidade os sedimentos carregados são depositados Afonso, (2006).

Deposição é o acúmulo de sedimentos transportados por água, vento ou gelo. A deposição ocorre na medida que o meio transportador vai perdendo sua energia. Os sedimentos mais grosseiros (seixos e cascalhos) são os primeiros a se depositarem, e os mais finos (argila) são os últimos. Os depósitos sedimentares têm características próprias em função do agente transportador do material Baccaro, (1999).

2.4 Bancos de areia

Em ambientes marinhos bancos de areia são feições costeiras arenosas que formam uma sobre-elevação no leito, caracterizadas por um contorno batimétrico fechado. São encontrados em estuários e áreas costeiras onde há abundância de areia e o regime hidrodinâmico é capaz de transportá-los Fernandes, (2010). Eles são fornecedores potenciais de agregados marinhos; representam um sistema de defesa costeiro natural, mas também representam uma ameaça à navegação, além disso, são regiões preferenciais de acúmulo de microrganismos Silva, (2001).

2.4.1 Formação de banco de areia

Bicalho, (2006) ainda não se sabe exatamente como a formação de bancos de areia acontece, mas uma das teoria mas recente defende de que eles surgiram há cerca de 18 mil anos, com o final da era do gelo, apos a ultima era glacial, em 11mil anos os mares subiram de nível do mar inundando muitas áreas e reformulando as regiões costeiras.

Os bancos de areia modificam as correntes residuais de maré, dentre os fatores que determinam seu crescimento destaca-se a disponibilidade de areia, o tamanho do grão e a presença de escoamentos secundários. Eles inicialmente se desenvolvem em forma circular e evoluem para uma forma mais alongada. A morfologia dos bancos é resultado de uma interação não linear entre correntes de maré, transporte de sedimentos e a topografia de fundo. Devido à interação desses processos, uma variedade de bancos de diferentes origens pode existir no mesmo ambiente de maré Fernandes, (2010).

2.5 Assoreamento dos estuários ou rios

Assoreamento é a obstrução, por sedimentos, areia ou detritos quaisquer, de um estuário, rio, ou canal. Que pode causar a redução da velocidade das correntes, este fenômeno pode ser produzido naturalmente por rios, correntes costeiras e ventos, ou através da influência antrópica por obras de engenharia civil, tais como pontes e barragens Carlstron Filho, (1981).

É uma das causas que leva o desaparecimento de rios, devido à redução de profundidade, os processos erosivos, causados pelas águas, ventos e processos químicos, antrópicos e físicos, desagregam solos e rochas formando sedimentos que serão transportados, o depósito destes sedimentos constitui o fenômeno do assoreamento.

Carvalho, (2000) assoreamento é um fenômeno muito antigo e existe há tanto tempo quanto existem os mares e rios do planeta, e este processo já encheu o fundo dos oceanos em milhões de metros cúbicos de sedimentos.

2.5 Influência de marés no transporte de sedimentos

A propagação da onda de maré pode 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 sal, sedimentos e nutrientes dos estuários Perillo, (1995). As variações verticais da maré são causadas pela combinação da atração gravitacional do sistema Terra-Lua-Sol, com a rotação da Terra e, recebem influência da morfologia da plataforma continental.

Marés são as alterações cíclicas do nível das águas do mar causadas pelos efeitos combinados da rotação da terra com as forças gravitacionais exercidas pela lua e pelo sol o campo gravítico da terra. Os efeitos das marés traduzem-se em subidas e descidas periódicas do nível das águas cuja amplitude e periodicidade é influenciado pelos factores hidrodinâmicos.

2.6 Influência de Correntes no transporte de sedimentos

Correntes são as alterações inversas das marés, são alterações ou movimentos horizontais das massas de águas que se deslocam em diferentes rumos ao longo dos oceanos, mares e estuário. As correntes estuarinas tanto podem ser uma fonte de energia como um importante factor de pressão para os ecossistemas aquáticos DAY *et al.*, (1989). Para intensidades moderadas, elas funcionam como fontes de energia para os prados marinhos, ao transportar matéria orgânica e nutrientes inorgânicos ou sedimentos. Se as correntes forem muito fortes, a sua acção passa a ser perturbadora, podendo levar à erosão das margens e transportar sedimentos no estuário por quebra das suas fixações no leito.

As correntes exercem papel fundamental no transporte e ressuspensão de sedimentos; dessa forma, espera-se um transporte sedimentar ao longo do canal que pode ter gerado depósitos a jusante, onde cessa a intensificação gerada pelo confinamento das correntes. Mézerais. (1993).

2.7 Influência de ondas no transporte de sedimentos

Onda é um pulso energético que se propaga através do espaço ou através de um meio (líquido, sólido ou gasoso), com velocidade definida.

As ondas são formadas pela força do vento sobre a água, e o tamanho destas varia com a velocidade do vento, da sua duração e da sua distância. O movimento da água que resulta da força do vento, transporta energia cinética que pode ser aproveitada por dispositivos próprios para a captação dessa energia, Schmitz, (1983).

As ondas podem atuar causando erosão dos sedimentos de zona costeira e adjacentes transportá-los até as desembocaduras estuarinas. Quando estas invadem os estuários, pode ocorrer também a erosão das margens e a ressuspensão de sedimentos que serão dispersos pelas correntes Mallin, (1993).

2.8 Influencia das descargas fluviais no transporte de sedimentos

A descarga fluvial é uma variável importante para que ocorram os processos físicos, químicos, biológicos e geológicos nos sistemas estuarinos. Neste tipo de sistema, variações na descarga de água doce influenciam os padrões de circulação e mistura, a diluição e a intrusão do sal, o transporte de sedimentos, nutrientes, poluentes, bem como a distribuição das comunidades biológicas Perillo, (1995).

Muitos trabalhos apontam a influência da dinâmica de fluviais no transporte de sedimentos e nas alterações morfológicas observadas em ambientes costeiros Bruum, (1966).

O aporte fluvial pode fornecer uma significativa quantidade de sedimentos ao estuário e reduzir o transporte dos mesmos nas suas águas. Este aporte mantém os gradientes verticais e horizontais da salinidade de modo a produzir uma única circulação estuarina dispersando os sedimentos. Contudo, em tempos de enchente estes efeitos podem se estender consideravelmente em direção ao mar Gibbs, (1977).

A estratificação das águas estuarinas, ao induzir o escoamento da água doce sobre a cunha salina, permitindo o transporte à superfície de substâncias dissolvidas e favorece a inversão do sentido de escoamento nas camadas inferiores, responsáveis pelo transporte de sal e de poluentes para montante Duarte *et al.*, (2001).

2.9 Dragagem

A dragagem consiste no processo de remoção ou relocação de solos e sedimentos do fundo de um curso de água qualquer. Atua não só na necessidade contínua de aprofundamento e alargamento de canais, portos, lagos, estuários e rios, mas também em aterrar pântanos, charcos e áreas alagadas, para serem empregados como terra firme; e utilizando um tipo especial de embarcação, denominada draga Martins, (1974).

Segundo Bray, (1997) e Compton's Enciclopédia, (1998) os trabalhos de dragagem vêm evoluindo desde a mais remota antiguidade, sendo alguns destes: abertura das profundidades dos portos, abertura de canais para a navegação, abertura de canal para o fluxo das águas, execução de aterros hidráulicos.

CAPÍTULO III

3 Metodologia

3.1 Descrição da área do estudo

O presente trabalho foi efectuado num dos pontos do estuário dos Bons Sinais. Este ponto está localizado na latitude 17°52'745" S e longitude 036°52'414" E. É um local limitado entre o banco de areia do estuário Bons Sinais e o Porto de carga da cidade de Quelimane. O Banco de areia limitado na margem direita faz parte de um total de seis bancos de areia localizados ao longo de todo o estuário Bons Sinais e vinha sendo um dos locais de colheita de ameijoas nas baixas da maré viva.

É uma região influenciada por marés semi-diurnas com variações de 4.6m durante a maré viva e 1m durante a maré morta. Este local dista a 22 km da boca do estuário Bons Sinais e a 8 km da confluência dos rios Cuácua e Licuari.

Com clima marcado por uma estação fria e seca entre os meses de Abril e Outubro, e uma estação quente e húmida de Novembro a Março Portal do Governo, (2005). A zona é fortemente influenciada pelos ventos monções da África Oriental.

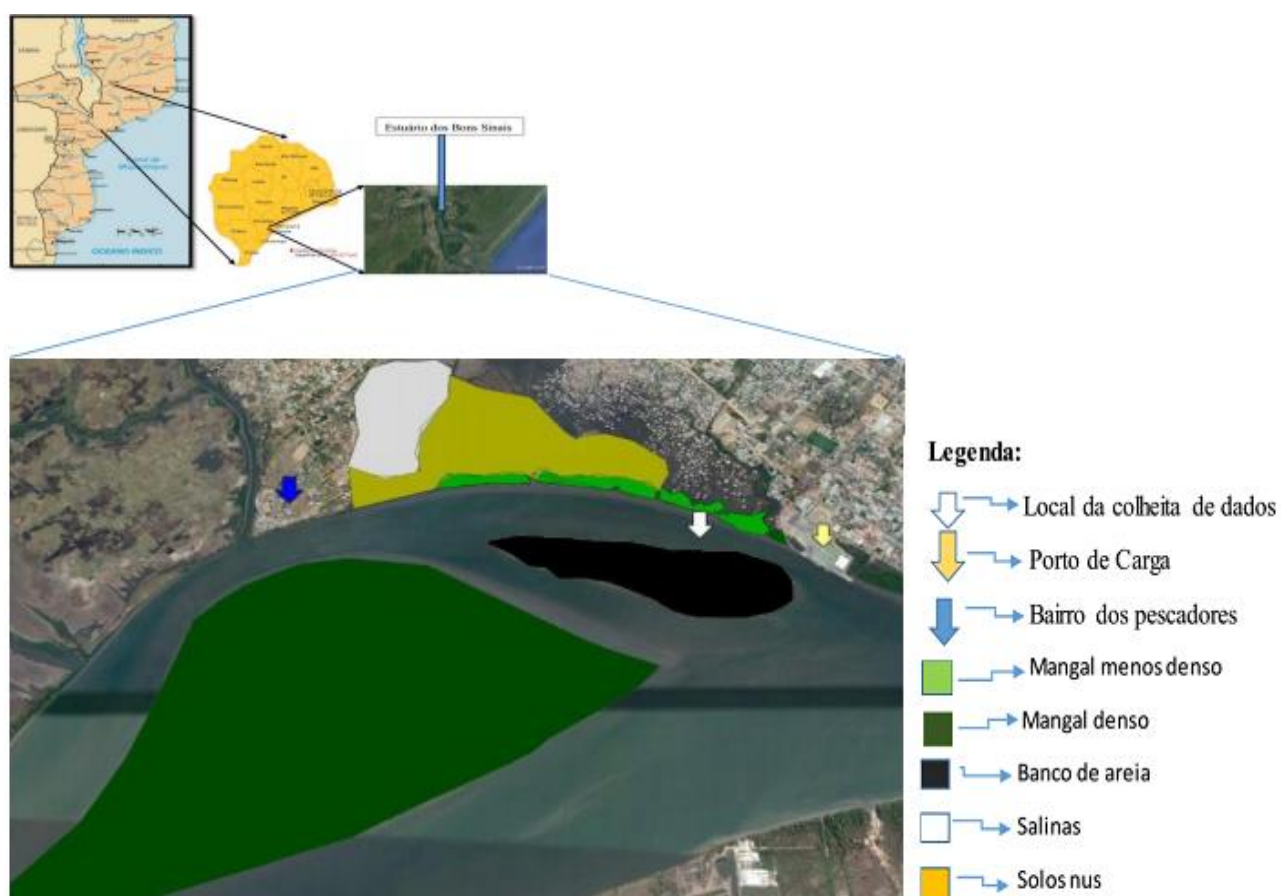


Figura2: Localização geográfica da área do estudo, usada para colecta de dados no Estuário dos Bons Sinais. Fonte (editado por Tembe.)

3.2 Material

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

- ✓ *Barco semi-industrial* - Barco de 7m, motor 40 HP existente na Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras para as saídas do campo;
- ✓ *Cordas* – para acorar os instrumentos nas boias;
- ✓ *Bóias* – para assegurar os instrumentos para não afundarem com ajuda das cordas;
- ✓ *Sonda* – para nos dar o perfil topográfico da área do estudo e a localização;
- ✓ *Marégrafo e ondógrafo TWR 2050* – para medição das amplitudes das marés
- ✓ *Correntómetro RCM* - Para a determinação da velocidade das correntes de marés.
- ✓ *Garrafas plásticas de 500 ml* - para conservação das amostras de água;
- ✓ *Papel de filtro* – para reter sedimentos para serem levados ao forno;
- ✓ *Balança eléctrica* – para medir a quantidade de sedimentos;
- ✓ *Bomba de sucção* – para a filtragem de sedimentos no papel de filtro;
- ✓ *Computador* – para o processamento de dados e realização do relatório.

Apresentação do material na recolha de dados até na fase de processamento dos mesmos.



Legenda:

- | | | |
|-----------------|----------------------|--------------|
| a- Barco | d- Papel filtros | g- Eco sonda |
| b- Corretometro | e- Bomba de sucção | h- Marégrafo |
| c- Estufa | f- Balança analítica | |

Figura3: Ilustração de alguns instrumentos usados. Fonte: Tembe, (2017).

Tabela1: Alguns instrumentos referentes a serie e a precisão.

| Nome | Serie | Precisão |
|-------------------|--------|---|
| Corretometro RCM | 1385 | 1 Hz |
| Estufa | 6000 | 250 °C |
| Papel de filtro | 934-AH | 47 µm de porosidade e 0,45 mm de diâmetro |
| Balança analítica | | 10 ⁻⁴ g |
| Sonda | | 50 Hz |
| Marégrafo TWR | 27982 | 1 Hz |

3.3 Método

Para se alcançar os objetivos do trabalho usou se o método Euleriano para o registo das correntes nas fases da maré viva (dia 22 de Julho de 2017) e na maré morta (dia 02 de Outubro de 2017).

Para a determinação das amplitudes das marés foi ancorado o marégrafo e ondógrafo TWR 2050 no Estuário de Bons Sinais através de um peso submerso, o instrumento foi configurado para a medição das marés a cada 10 minutos na frequência de 1 Hz. Para o Ondógrafo foi configurado na banda de 510 (Bust). Os seus dados foram extraídos através de *software Ruskin*, que foram convertidos para a planilha de *Microsoft Office Excel* onde foram produzidos os respectivos gráficos.

Para a determinação da velocidade das correntes de marés foi ancorado o *Correntómetro RCM*, a 1m da superfície no mesmo ponto onde esteve ancorado o marégrafo e ondógrafo, Este instrumento foi configurado na mesma definição do TWR, leitura a cada 10 minutos e a frequência de 1 Hz. Os dados foram extraídos através de *software Seaguard Studio* no qual foram convertidos para a planilha *Microsoft Office Excel*, onde por sua vez foram produzidos os respectivos gráficos.

Referir que os valores da velocidade observados durante a enchente da maré foram considerados positivos e os da vazante da maré foram considerados negativos, com intuito de diferenciar o fluxo proveniente do rio ou da confluência para o estuário (entrada +) com o que sai veem da boca do estuário para a confluência ate aos rios (Saída -).

3.3.1 Determinação da topografia e da área da secção transversal

Para o levantamento do perfil topográfico foi usada um sensor de sonda acoplado a um monitor Garmin 420, configurado na frequência de 50 Hz, na medição automática. No uso da sonda foi usada uma velocidade de 12 km/h. Dos dados obtidos foi adicionada a profundidade de 30 cm valor correspondente a profundidade da sonda em relação ao calado da embarcação usada. O trajecto foi de uma margem a outra de modo a obter o perfil transversal do estuário na área de estudo.

A área da secção transversal foi calculada usando a planilha *Microsoft Office Excel*, através da equação 1.

$$A_i = p \times l \quad \text{Eq: (1)}$$

Onde:

A_i – Área inundada da maré da secção transversal (**m^2**);

p – Profundidade media (**m**);

l – Largura da secção transversal (**m**).

3.3.2 Concentração de sedimentos suspensos

A determinação da concentração dos sedimentos suspensos na coluna de água usou-se garrafas plásticas de 500 ml. As amostras foram submetidas a temperatura ambiente e levadas posteriormente ao laboratório para o seu processamento.

Para a determinação de concentração pesou-se o filtro seco numa balança, em seguida filtrou-se a cada amostra de água, onde ambos foram colocados numa estufa a 105°C durante 1h de tempo com o objectivo de obter os sedimentos suspensos, tendo o peso real de sedimentos calcula-se as quantidades ou concentrações usando a equação 2 seguinte:

$$C_{ss} = \frac{P_{ss}}{V_c} \quad \text{Eq: (2)}$$

Onde:

C_{ss} – Concentração de sedimentos suspensos (**g/L**);

P_{ss} – Peso de sedimentos suspensos (**g**);

V_c – Volume das amostras coletadas (**m/L**)

3.3.3. Peso de sólidos suspensos

Peso de sólidos suspensos foi determinado a partir da subtração de peso do filtro (*pf*) com o peso de sedimentos depois da queima do material orgânico (*Ps*) a **105°C** segundo a equação 3 que se segue:

$$P_{ss} = P_s - pf \quad \text{Eq: (3)}$$

Onde:

Pss- peso de sólidos suspensos (**g**);

Ps- peso do filtro depois da queima de sedimentos (**g**);

Pf- peso do filtro seco antes da filtração de sedimentos (**g**).

3.3.4 Descarga Solida

Descarga solida em suspensão ou fluxo de sedimentos no período do estudo foi determinado a partir da equação estabelecida por Colby e Paiva, descarga solida (**Q**) foi calculada a partir da equação 4:

$$Q = V * Ai \quad \text{Eq: (4)}$$

Onde:

Q – descarga solida (**m³/s**);

V – velocidade da corrente (**m/s**);

Ai – área inundada pela maré (**m²**).

3.3.5 Fluxo de sedimentos

A determinação de fluxo de sedimentos foi obtida através equação 5:

$$Flx = C_{ss} \cdot Q \quad \text{Eq: (5)}$$

Onde:

Flx – fluxo de sedimentos (**g/s ou Kg/s**);

Css – Concentração de sedimentos suspensos (**g/l**);

Q – descarga solida (**m³/s**).

CAPÍTULO IV

4 Resultados e discussão

O gráfico abaixo ilustra o perfil topográfico da zona do porto de Quelimane no estuário dos Bons sinais Quelimane.

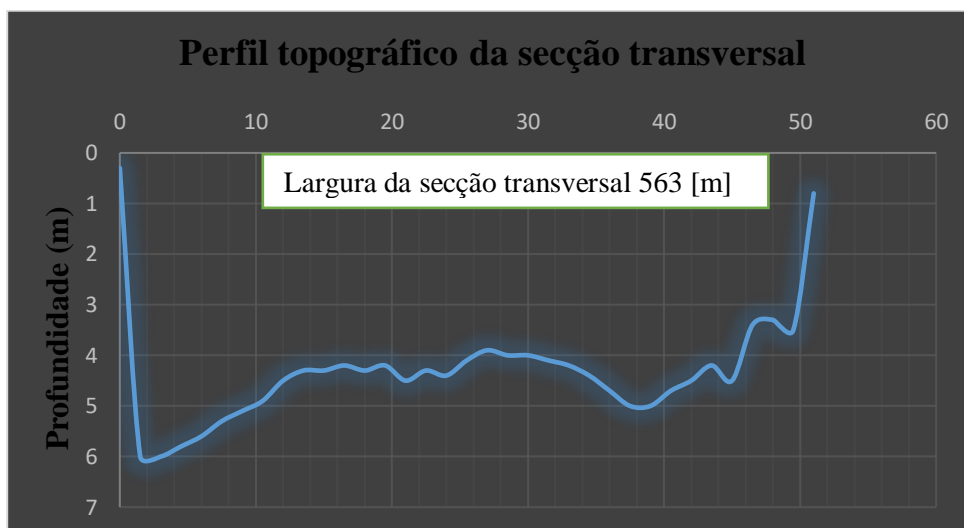


Figura 4: Perfil topográfico da zona do porto no banco de areia no Estuário Bons Sinais.

O perfil topográfico foi calculado usando o próprio perfil da seção transversal obtido no levantamento topográfico, considerou-se as variações das alturas da maré na coluna de água em cada hora que fazem variar em cada instante a altura obtida para o cálculo.

Para se ancorar os instrumentos da medição dos parâmetros físicos como velocidades das correntes e altura das marés usou-se o ponto mais profundo no intervalo de [0 a 10 m] no perfil da distância.

a) 1ª Observação (22 de Julho de 2017)

Na primeira observação foram medidas as alturas das marés, as velocidades das correntes, a área, as concentrações de sedimentos, vazão e os fluxos de sedimentos, cujos os valores encontram-se representados na forma gráfica nas figuras seguintes:

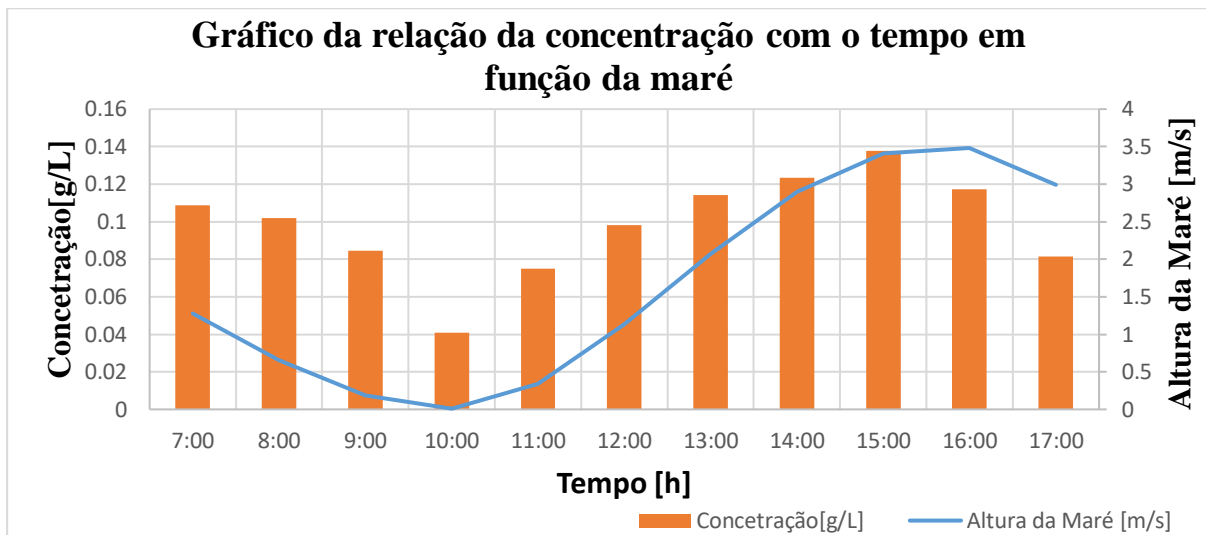


Figura 5: Taxa de concentração de sedimentos com o tempo em função da fase de maré no estuário dos Bons sinais Quelimane no dia 22/07/2017.

A figura 5 ilustra a variação da concentração de sedimentos com o tempo em função da fase da maré. Neste gráfico nota-se que a maior concentração de sedimentos foi registada na preia-mar com valor de 0.1378 g/L às 15:00h e a menor concentração foi registada na baixa-mar no valor de 0.041 g/L às 10:00h. No geral nota-se a concentração de sedimento para este dia foi diretamente proporcional a variação da maré.

Esta relação directa pode estar relacionado com as velocidades das correntes de maré que se fazem sentir no local do banco, apresentaram maiores velocidades de correntes na enchente devido a morfologia do estuário, perfil topográfico, relevo e esses sedimentos vêm dos vales inundados e sendo um estuário composto por bancos de areia.

Resultados similares foram obtidos num estudo desenvolvido por Gimo em 2015 na qual teve maiores valores de concentração de sedimentos na enchente alegando que o estuário atravessa um município onde os seus efluentes contribuem muito na concentração de sedimentos.

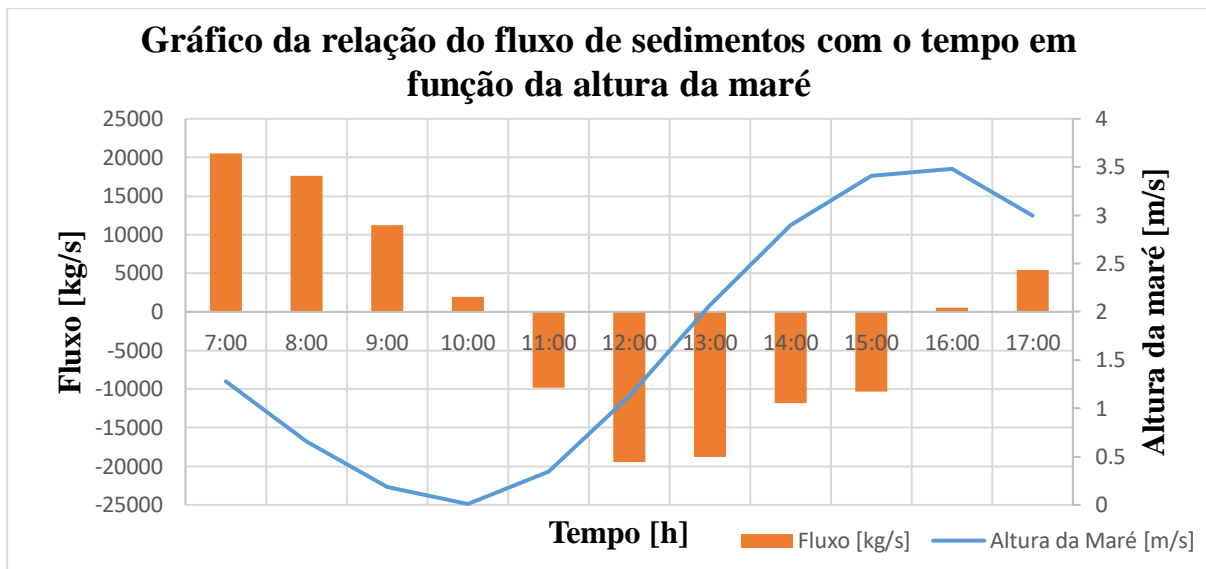


Figura 6: Relação do fluxo de sedimentos com o tempo em função da maré na primeira observação da maré viva no dia 22/07/2017.

No gráfico da figura 6 nota-se que o maior fluxo de sedimentos no valor de 20.558,30 kg/s foi registado na fase da vazante na maré quando eram 07:00h, ao passo que o menor fluxo no valor de 527, 12 kg/s foi registado na baixa-mar quando eram 16:00h. No geral nota-se que o maior fluxo notou-se nas fases intermédias da enchente assim como da vazante da maré. Para este gráfico foi considerado valores negativos para o fluxo de enchente ao passo que para a vazante foram considerados valores positivos.

Esta relação directa pode estar relacionada com a descargas fluviais dos rios e essas descargas tem influência no escoamento dos rios que dependem da precipitação na montante, logo como estamos na época seca, não verificou-se precipitação para que houvesse descarga dos rios, e outros factores pode ter a ver com a agitação das águas pelo barcos de passageiros, canoas na pesca e Navios de carga na sua navegação e a descarga dos sedimentos pelas drenagens.

Resultados similares foram obtido num estudo desenvolvido por Davis Jr, (1985); Dalrymple et al., (1992); Perillo, (1996); Roy et al., (2001) citados por Quaresma em 2006 na qual é comum em estuários caracterizados por bancos de areia devido à mistura de sedimentos fluviais e marinhos provocadas pelas ondas, marés e vazão dos rios na época seca na maré morta. À medida que as forças adentram o ambiente estuarino na vazante elas perdem força ou velocidades das correntes, porém, na enchente, há evidências de erosão costeira ou erosão do fundo na jusante dos rios devido a velocidades de correntes que se fazem sentir.

b) 2ª Observação: (02 de Outubro de 2017)

Na segunda observação nota-se também as relações que foram encontradas na fase da maré viva mas com proporções menores.

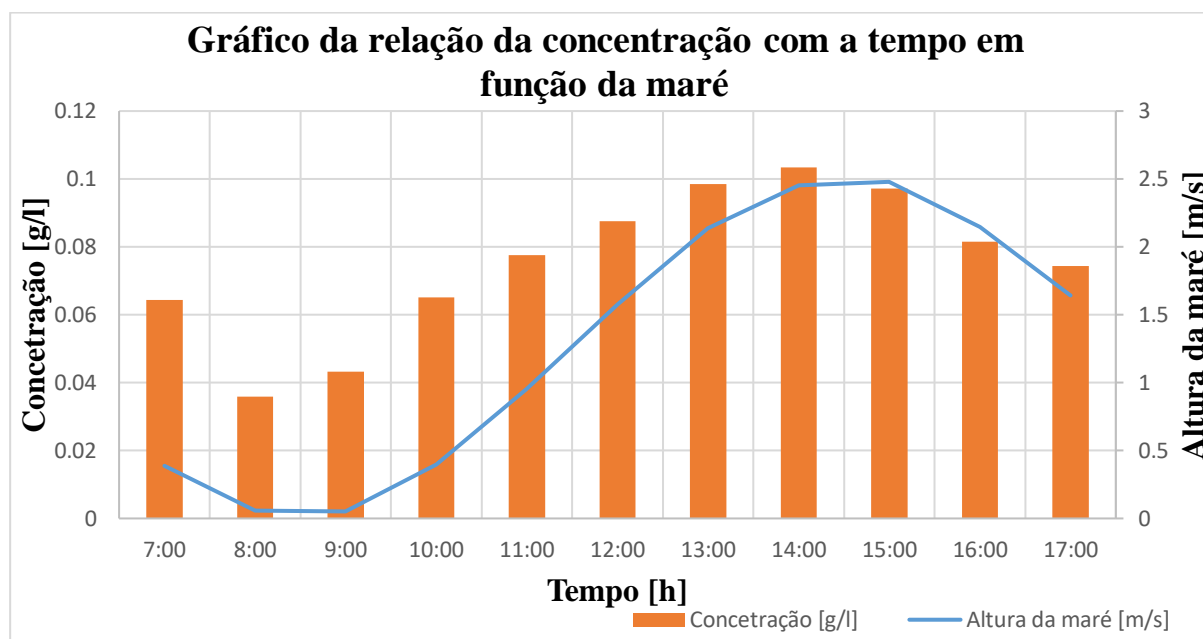


Figura 7: Taxa de concentração de sedimentos em relação com o tempo em função da altura da maré no estuário dos Bons sinais Quelimane no dia 02/10/2017.

A figura 7 ilustra a variação a concentração de sedimentos com o tempo em função da altura da maré. Neste gráfico nota-se que a maior concentração de sedimentos foi registada na preia-mar com o valor de 0.1034 g/l às 14:00h e a menor concentração foi registada na baixa-mar no valor 0.0358 g/l às 08:00h. No geral nota-se que a concentração de sedimento para este dia foi diretamente proporcional a variação da maré.

Esta relação direita pode estar relacionado com as baixas velocidades que se fazem sentir local da vazante e a época da colheita das amostras e na enchente as efluentes municipais contribuem para a concentração ou pode haver outros parâmetros físico desconhecidos que actuam no local do banco.

Resultados similares foram obtidos num estudo desenvolvido por Miguel, (2013 a 2017) no estuário de Macuse na qual alega que essas concentrações variaram conforme a elevação da altura da maré que os valores das velocidades das correntes são relativamente inferiores a valores observados na maré viva, essa diferença é explicada pelo facto da sua localização ser distante da fonte de sedimentos provenientes dos rios.

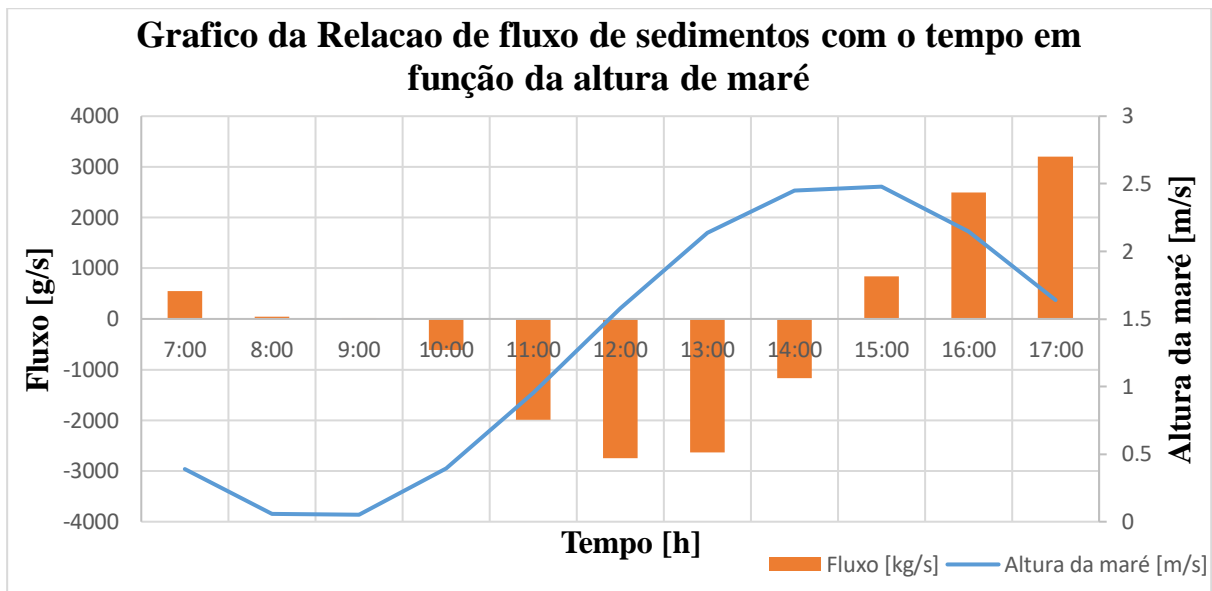


Figura 8: Relação do fluxo de sedimentos com o tempo em relação a altura da maré na maré morta do dia 02/10/2017.

No gráfico da figura 8 nota-se que o maior fluxo de sedimentos de 32001,35 kg/s foi registado na fase da vazante da maré quando eram 17:00h, ao passo que o menor fluxo de 14.68 kg/s foi registado na baixa-mar quando eram 09:00h. No geral nota-se que o maior fluxo nota-se nas fases intermédias da enchente assim como da vazante da maré. Para este gráfico foi considerado valores negativos para o fluxo de enchente ao passo que para a vazante foram considerados valores positivos.

Esta relação direta pode estar relacionada com a maré que se fez sentir naquele dia (maré morta), que apresentou menores velocidades de correntes, por sua vez o estuário apresentou águas limpas ou menos turvas em relação as marés vivas que apresentam maiores velocidades de correntes e águas turvas.

Resultados similares foram obtido num estudo desenvolvido por Schettini em 2003 na qual que ele afirma que esses fluxos de sedimentos são menores que as observadas na maré viva e apresentam maiores fluxos na fase da maré enchente em relação a maré vazante explicando uma possível assoreamento de sedimentos no leito, por gravidade devido ao seu peso e falta de energia suficiente para transportar os sedimentos na lâmina da água e acabam por se depositar no fundo do leito rio. Esses processos também foram observados por Chen *et al.* (2014) em ambientes similares no Brasil e na China.

Correlação entre os fluxos de sedimentos e a altura da maré em ambas observações.

Segundo Lopes et al., (2014) para avaliar estatisticamente o desempenho das técnicas e calcularam-se os valores encontrados, utilizando o parâmetro estatístico de coeficiente de correlação (R^2) é correlação de pearson (ρ) tendo a seguinte relação de [0 a 1] como mostra a seguinte tabela

Tabela 2: Interpretação dos coeficientes de correlação e determinação de Pearson.

| Escala de Pearson | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Fraca | Moderada | Forte |
| $0,00 \leq R^2 \leq 0,25$ | $0,25 \leq R^2 \leq 0,81$ | $0,81 \leq R^2 \leq 1,00$ |

Fonte: Adaptado de Shimakura, (2014).

Tabela 3: Relação da concentração e o fluxo de sedimentos e a altura da maré na maré viva e morta nos dias 22 de Julho e 02 de Outubro de 2017.

| Relação do fluxo, concentração com a altura da maré | | Equação da recta | Coefficiente de variação |
|---|-------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Primeira Observação | Concentração e altura da maré | $y = 0.0143x + 0.0745$ | $R^2 = 0.5094$ |
| | Fluxo e altura da maré | $y = 0.3369x - 0.3428$ | $R^2 = 0.6961$ |
| Segunda Observação | Concentração e altura da maré | $y = 0.021x + 0.048$ | $R^2 = 0.8453$ |
| | Fluxo e altura da maré | $y = -4547.5x + 16319$ | $R^2 = 0.0412$ |

Onde:

y – Fluxo de sedimentos, x – Altura da maré, R^2 – Coeficiente de variação.

Segundo a tabela acima na primeira observação a concentração e altura da maré apresentou uma correlação boa e satisfatória com o coeficiente de variação de $R^2 = 0.5094$ significa que a correlação é positiva e moderada porque a margem do erro ou nível de certeza está na ordem de 50%.

Ao fluxo de sedimentos com a altura da maré o coeficiente também apresentou uma boa correlação com o coeficiente de variação $R^2 = 0.6961$ com uma margem de erro de 31%, significa que há uma boa correlação entre o fluxo e a altura da maré com nível de certeza de 69%.

Na segunda observação a Concentração e altura da maré apresentaram uma boa correlação com coeficiente de variação de $R^2 = 0.8453$ significa que a correlação é boa e forte com uma margem de erro na ordem de 16% e nível de certeza na ordem de 84%.

Quanto ao fluxo de sedimentos não apresentou uma boa correlação com o coeficiente de variação de $R^2 = 0.0412$ significa que não há correlação entre o fluxo e as marés.

Segundo Tucci, (2000) quando o fluxo e a concentração de sedimento variam ao longo do tempo com a altura da maré num banco de areia, apresentando uma boa relação indica que os sedimentos são provenientes do mar ou da erosão marginal.

Quando o coeficiente de Pearson for forte alega que o fluxo e a concentração de sedimentos sofreram influência de outras variáveis como materiais orgânicos (fitoplancton e zooplancton) turbidez, condutividade elétrica e transparência Júnior, (2014).

Balanco do fluxo de sedimentos nas duas observações na mare viva e mare morta nos dias 22 de Julho e 02 de Outubro de 2017.

Tabela 4: Balanço de fluxo de sedimentos nas fases da maré que apresentou maior e menor fluxo de sedimentos respectivamente.

| Tipo de maré | Fluxo na vazante [kg/s] | Fluxo na enchente [kg/s] | Balanço [kg/s] |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|
| Maré viva 22/07/2017 | 57.653,45 | 70.121,8 | 12.468,4 |
| Maré morta 02/10/2017 | 7.141,2 | 9.160,03 | 2.018,83 |

Fonte: Tembe, (2017).

A tabela 4 ilustra o balanço de fluxo de sedimentos em duas marés viva e morta, onde as duas marés tiveram o mesmo comportamento apresentaram maior fluxo de sedimentos na enchente com o balanço de 12.468,4 kg/s na maré viva e 2.018,83 kg/s respectivamente.

O maior fluxo de sedimentos em duas marés é de origem do mar.

CAPÍTULO V

5 Conclusão:

- ✓ Nas duas observações nas fases de maré que apresentaram maiores concentrações de sedimentos em suspensão foi na enchente com 0.5488 g/L na maré viva e 0.4754 g/L na maré morta.
- ✓ No estuário a fase de maré que contribuiu com maior fluxo de sedimentos em duas observações foi na enchente com 70.121,4 kg/s e 9.160.83 kg/s.
- ✓ As tabelas referentes a coeficiente de Pearson os resultados obtidos apresentaram uma boa correlação na maré viva na concentração e fluxo enquanto na maré morta apresentou uma correlação forte na concentração e fraca no fluxo de sedimentos.
- ✓ Os sedimentos que alimentam o banco de areia localizado em frente do porto são provenientes da erosão costeira e do mar.

6 Recomendações:

Para futuros trabalhos sobre o estudo do género recomenda-se que:

- ✓ Sejam feitas os estudos em duas épocas chuvosa e seca para ter se maior precisão do estudo;
- ✓ Sejam estudados outros parâmetros físicos que condicionam o fluxo de sedimentos no banco de areia;
- ✓ Sejam feitos estudos comparativos do fluxo de sedimentos em suspensão e de fundo em 3 estações na confluência, no banco e na zona da boca;
- ✓ Sejam estudados a fonte e o tipo de sedimentos que compõem os bancos de areia ao longo do canal e de porto de carga de Quelimane.

CAPÍTULO VI

7 Referências bibliográficas

- ✓ Anfonso, C. M. (2006). *A paisagem da Baixada Santista: urbanização, transformação e conservação* (II ed., Vol. V). (U. d. Paulo, Ed.) Sao Paulo, Sao Paulo.
- ✓ BACCARO, C.A.D. Processos erosivos no Domínio do Cerrado. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (org.). *Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações*. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 195-227p. 1999.
- ✓ BICALHO, C.C. Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do rio Descoberto.
- ✓ BIGARELLA, J. J. Ambientes fluviais. In: BIGARELLA, J. J.; SUGUIO, K.; BECKER, R. D. **Ambientes desedimentação**. 1. ed. Curitiba: UFPR, 1979. p. 1-183. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2006. 123p.
- ✓ BIGGS, R.B. Sources and distributions of suspended sediments in Northern Chesapeake Bay. **Marine Geology**. v.9, p.87–201, 1977.
- ✓ BRAY, R.N., BATES, A.D., LAND, J.M., *Dredging, a Handbook for Engineers*, John Wiley & Son, Inc. Second Edition, New York, USA, 434 p., 1997.
- ✓ CARVALHO, N.O. Assoreamento de reservatórios – consequências e mitigação dos efeitos. In: *Anais... IV Encontro Nacional de engenharia de Sedimentos*. Santa Maria-RS. CD-ROM. 1-22p. 2000.
- ✓ CARLSTRON FILHO, C.; GIMENEZ, A.F.; PIRES NETO, A.G.; PRADINI, L.F.; MELO, M.S.; FULFARO, V.J.; PONÇANO, W.L. Metodologia para estudo de assoreamento de reservatórios (II) Reservatório de Passo Real e Ernestina (RS). In: *Anais... CBGE*, 3, Itapema (SC), São Paulo, ABGE, v2. 143-162p. 1981
- ✓ CHEN, W.; LIU, W.; HSU, M., HWANG, C. Modelling investigation of suspended sediment transport in a tidal estuary using a three-dimensional model. *Applied Mathematical Modelling* . Volume 39, Issue 9, p.2570-2586.2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2014.11.006>.
- ✓ CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Geomorfologia Fluvial Volume 1 – O Canal Fluvial*. São Paulo: ed. Edgard Blucher, 1981. 313 pág.
- ✓ Compton's Interactive Encyclopedia, 1998 Edition, Disponível em: <http://www.learningco.com>.
- ✓ Day, J.W. Jr., Hall, C.A.S., Kemp, W.M., Yanez-Arancibia, A. (1989). *Estuarine Ecology*, John Wiley & Sons., New York.

- ✓ Duarte, A.A.L.S., Pinho, J.L., Pardal, M.A., Neto, J. M., Vieira, J.M.P.; Santos, F.S. (2001). Effect of residence times on river Mondego estuary eutrophication vulnerability. *Water Science and Technology*, 44, n.2-3, pp.329-336.
- ✓ Eaton, A. D., Clesceri, L. S. & Greenberg, A. E. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington DC.
- ✓ FERNANDES J. B., (1958). Relatório da Campanha Hidrográfica de 1956 a 1958, Missão Hidrográfica de Moçambique, (1956) PP. 1 - 112; (1957) PP. 1-34.
- ✓ FERNANDES R.D., (2010). Formação e evolução dos bancos de areia da foz do Rio Amazonas. Tese de Doutorado em Engenharia Costeira e Oceânica. UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- ✓ JÚNIOR, J. F. (2014). *AVALIAÇÃO DOS SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO COM O USO DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS NOS RESERVATÓRIOS DE CAÇU E BARRA DOS COQUEIROS - GO*. Uberlândia.
- ✓ LOPES, F.B.; BARBOSA, C.C.F.; NOVO, E.M.L.M.; ANDRADE, E.M.; CHAVES, L.C.G. Modelagem da qualidade das águas a partir de Sensoriamento Remoto Hiperespectral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, (Suplemento), p.S13–S19, 2014.
- ✓ Mallin, M.A., Paerl, H.W., Rudek, J. e Bates, P.W. (1993). Regulation of estuarine primary production by watershed rainfall and river flow. *Marine Ecology Progress Series* 93, pp.199-203.
- ✓ Mangor, K. 2004. Shoreline management guidelines. DHI.
- ✓ MARTINS, H.L., História da Evolução da Dragagem, Monografia III Curso de Tecnologia de Dragagem, Rio de Janeiro, Brasil, 1974.
- ✓ MEDEIROS, P. A., CORDERO, A., Transporte de Sedimentos em Suspensão em 3 Postos Sedimentométricos da Bacia do Rio Itajaí-Açú, VIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2008.
- ✓ MÉZERAIS ML, FAUGÈRES JC, FIGUEIREDO AG & MASSÉ L. 1993. Contour current accumulation off the Vema Channel mouth, southern Brazil Basin: pattern of a contourite fan. *Sediment. Geol.*, 82 (Anfonso, 2006)(1-4): 173-187.
- ✓ Miguel, L. L. (2017). *A MECÂNICA DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NO ESTUÁRIO DO RIO MACUSE, MOÇAMBIQUE, SUDESTE DE ÁFRICA*. (Q. B. Vista, Ed.) Macuse, Rio de Janeiro, Brazil. Retrieved Maio 2017
- ✓ Miranda, L. B. (1989). *Princípios de Oceanografia Física de Estuários* (4 ed., Vol. Vol. 42). (Pernambuco, Ed.) Rio de Janeiro, Brazil.

- ✓ PERILLO, G.M, SEQUEIRA E. e MARIO E., (1989), Geomorphologic and sediment transport characteristics of the Middle Reach of the Bahia Blanca Estuary. (Argentina).
- ✓ Quaresma, V. J. (2006, Outubro). Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema estuarino tropical: Baía de Vitória, ES. *Revista Brasileira de Geofísica*, 27, 23.
- ✓ Silva, A. F. (2001). *CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS DO ESTUÁRIO*. (R. d. Janeiro, Ed.) Beira, Moçambique.
- ✓ SILVA, A. M., Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas, 2003.
- ✓ Silva, M. S. (1995). *Estudos da Erosao*. Petrolina.
- ✓ SCHETTINI, A. C. A. Estudo do regime de correntes e material particulado em suspensão ao largo do estuário do rio itajaí-açu. Brasil, 2003.
- ✓ SHIMAKURA, S.E. Interpretação do coeficiente de correlação. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003>>. Acesso em: Mar. 2014.
- ✓ SCHMITZ WJ & HOGG NG. 1983. Exploratory observations of abyssal currents in the South Atlantic near Vema Channel. *J. Mar. Res.*, 41: 487-510.
- ✓ TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2000. 943 Pág.

8 Anexos

a) Maré viva (22/07/2017)

| Tempo [h] | Ps [g] | Mss [g] | Vol [l] | Conc [g/l] | Área [m²] | Vel [m/s] | Vazão [m³/s] | Fluxo [g/s] | Obs |
|------------------|---------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------|------------|
| 7:00 | 0.1656 | 0.0644 | 0.5 | 0.1288 | 3175.02 | 59.513 | 188955 | 20558.3 | V |
| 8:00 | 0.1684 | 0.0410 | 0.5 | 0.1020 | 2816.55 | 61.409 | 172961.5 | 17642.07 | V |
| 9:00 | 0.1697 | 0.0423 | 0.5 | 0.0846 | 2554.81 | 52.049 | 132975.3 | 11249.71 | V |
| 10:00 | 0.1579 | 0.0305 | 0.5 | 0.0610 | 2452.39 | 19.382 | 47532.22 | 1948.821 | V |
| 11:00 | 0.1649 | 0.0375 | 0.5 | 0.0750 | 2640.16 | -49.697 | -131208 | -9840.6 | E |
| 12:00 | 0.1615 | 0.0341 | 0.5 | 0.0982 | 3089.67 | -64.139 | -198168 | -19460.1 | E |
| 13:00 | 0.1595 | 0.0321 | 0.5 | 0.1142 | 3618.84 | -45.356 | -164136 | -18744.3 | E |
| 14:00 | 0.1692 | 0.0418 | 0.5 | 0.1236 | 4096.80 | -23.287 | -95402.2 | -11791.7 | E |
| 15:00 | 0.1663 | 0.0389 | 0.5 | 0.1378 | 4386.99 | -17.016 | -74649 | -10286.6 | E |
| 16:00 | 0.166 | 0.0386 | 0.5 | 0.1172 | 4426.82 | 1.016 | 4497.649 | 527.1245 | V |
| 17:00 | 0.1632 | 0.0358 | 0.5 | 0.0816 | 3010.01 | 22.03 | 66310.52 | 5410.938 | V |

a) Maré morta (02 de Outubro de 2017)

| Tempo [h] | Ps [g] | Mss [g] | Vol [l] | Conc [g/l] | Área [m²] | Vel [m/s] | Vazão [m³/s] | Fluxo [g/s] | Obs |
|------------------|---------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------|------------|
| 7:00 | 0.1388 | 0.0397 | 0.5 | 0.0744 | 216.22 | 39.7 | 8583.934 | 552.8053 | V |
| 8:00 | 0.147 | 0.0479 | 0.5 | 0.0658 | 33.57 | 32.278 | 1083.572 | 38.79189 | V |
| 9:00 | 0.1357 | 0.0366 | 0.5 | 0.0732 | 29.58 | 11.491 | 339.9038 | 14.68384 | E |
| 10:00 | 0.1367 | 0.0376 | 0.5 | 0.0852 | 227.6 | -41.475 | -9439.71 | -615.469 | E |
| 11:00 | 0.1366 | 0.0375 | 0.5 | 0.0975 | 540.55 | -47.588 | -25723.7 | -1993.59 | E |
| 12:00 | 0.1379 | 0.0388 | 0.5 | 0.1076 | 899.02 | -34.89 | -31366.8 | -2747.73 | E |
| 13:00 | 0.1416 | 0.0425 | 0.5 | 0.1185 | 1217.6 | -21.934 | -26708.2 | -2630.75 | E |
| 14:00 | 0.1358 | 0.0367 | 0.5 | 0.1234 | 1394.5 | -8.136 | -11342 | -1172.76 | E |
| 15:00 | 0.1377 | 0.0386 | 0.5 | 0.1372 | 1411.1 | 6.15 | 8678.388 | 843.5393 | V |
| 16:00 | 0.1399 | 0.0408 | 0.5 | 0.1116 | 1223.5 | 25.051 | -1798.25 | -18270.22 | V |
| 17:00 | 0.1363 | 0.0372 | 0.5 | 0.0944 | 933.16 | 46.111 | -19043.0 | -17976.592 | V |