



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE  
Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental  
Centro de Desenvolvimento Sustentável para Zonas Costeiras



**ESTUDO DA MORFODINÂMICA DA PRAIA DE XIA-XAI E SUAS  
IMPLICAÇÕES NO SURGIMENTO DE ZONAS DE RISCO PARA BANHISTAS**



2012

**ASSISTÊNCIA TÉCNICA:**



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS**

Apoio Financeiro de DANIDA  
Projecto de Gestão Integrada da Zona Costeira. Fase III  
Componente Desenvolvimento Costeiro

## FICHA TÉCNICA

### **Autores**

CDS Zonas Costeiras (2012). Estudo da Morfodinâmica da Praia de Xai-Xai e Suas Implicações no Surgimento de Zonas de Risco para Banhistas. MICOA/CDS Zonas Costeiras.

**Assistência técnica:** Universidade Eduardo Mondlane. Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

**Revisão:** Equipa Técnica do Centro de Desenvolvimento Sustentável para Zonas Costeiras

**Fotos da capa:** Henriques Balidy

**Editor:** Henriques Balidy

### **Coordenação Geral**

**Manuel Victor Poio** (Mestrado em Planeamento Territorial e Gestão Costeira)

### **Equipa Técnica do CDS Zonas Costeiras**

Henriques Balidy (Licenciado em Biologia)

Manuel Menomussanga (Licenciado em Biologia)

### **Colaboradores**

**Administração Marítima de Gaza**

Miguel (Marinheiro)

## Índice de Conteúdos

<b>1.0. Introdução</b> .....	1
<b>2.0. Objectivos</b> .....	1
<b>2.1. Objectivos específicos</b> .....	1
<b>3.0. Descrição da área de estudo</b> .....	2
<b>4.0. Trabalho realizado</b> .....	3
<b>5.0. Resultados obtidos e discussão</b> .....	5
<b>5.1. Levantamentos do perfil topográfico da praia</b> .....	5
<b>5.2. Medição de correntes de deriva litoral e de retorno</b> .....	7
<b>5.3. Medição de ondas</b> .....	11
<b>5.4. Energia de ondas</b> .....	12
5.4.1. Zonas propensas de acidentes por afogamento .....	12
<b>6.0. Medidas para reduzir riscos de afogamento</b> .....	13
<b>6.1. Os sinais de advertência aos banhistas</b> .....	13
<b>6.2. Panfletos sobre procedimentos</b> .....	13
<b>7.0. Referências</b> .....	14

## **1.0. Introdução**

As praias oceânicas arenosas são ambientes inerentemente dinâmicos e apresentam algumas características hidrodinâmicas perigosas aos banhistas, expondo-os diariamente a riscos quanto à integridade física, à saúde e até a morte. Segundo Short (1999), as praias representam a fronteira natural entre o continente e o oceano profundo, que apresentam topografia variável, composta de bancos de areia e calhas onde ondas que rompem geram extrema turbulência, e que, na zona de surf, sistemas de correntes induzidos por ondas fluem em direcção à praia, em direcção longitudinal à praia e em direcção ao mar aberto, estes conhecidos por correntes de retorno. A estas características comuns a todas as praias, somam-se elementos localizados que podem induzir a perigos adicionais, como afloramentos rochosos, recifes de coral, desembocaduras fluviais, ventos fortes e grande amplitude de maré (Short, 1999). As correntes de retorno são os mais perigosos, elas resultam de complexas interacções entre as ondas, correntes, níveis de água e batimetria, são muitas das vezes repentinas e atingem velocidades relativamente elevadas, podendo atingir banhistas desprevenidos.

Por outro lado o movimento das águas nas praias exerce atrito sobre os sedimentos móveis da linha de costa, e como consequência, causa o seu transporte de um local para o outro das mesmas praias criando deste modo gradientes espaço-temporal destes sedimentos. A mudança dos sedimentos no espaço e no tempo, causa variações na morfologia nas praias, que por sua vez induzem modificações no padrão hidrodinâmico actuante, isto é, a morfologia e a hidrodinâmica evoluem conjuntamente (Pereira, 2005).

O presente trabalho visou estudar a morfodinâmica da praia, correntes litorais, identificar as zonas de ocorrência das correntes de retorno, usando métodos visuais e medições directas, e avaliar os riscos que apresentam para os banhistas na Praia de Xai Xai; Discute-se a relação entre a morfodinâmica da praia e as características das ondas, identificam-se os locais propensos a ocorrência de acidentes por afogamentos e avançam-se possíveis medidas de redução de riscos por afogamento na Praia de Xai-Xai.

## **2.0. Objectivos**

O objectivo principal deste trabalho foi de assistir o Centro de Desenvolvimento Sustentável Para as Zonas Costeiras na identificação das zonas e causas de afogamentos observados na praia de Xai-Xai e sugerir medidas de prevenção de afogamentos.

### **2.1. Objectivos específicos**

1. Identificar os locais de risco para os banhistas na Praia de Xai-Xai;
2. Identificar as causas dos acidentes de afogamento na Praia de Xai-Xai;
3. Caracterizar a hidrodinâmica no que diz respeito a ondas e correntes marítimas da praia de Xai-Xai;
4. Caracterizar a morfodinâmica da praia de Xai-Xai;
5. Propor medidas de redução de riscos de afogamentos na Praia de Xai-Xai.

### 3.0. Descrição da área de estudo

A praia de Xai-Xai fica situada na Província de Gaza a 10 km da cidade de Xai-Xai (Figura 1). Algumas características descritas por Siteo (2004), apontam a praia composta por bancos de areia branca e fina que é acumulada por ação das ondas, dunas altas e com vegetação (florestal). A Praia contém uma barreira rochosa natural que protege a praia das ondas do alto mar. Nas marés baixa as rochas permitem a formação de piscinas salgadas, nas marés altas as ondas atravessam a barreira.

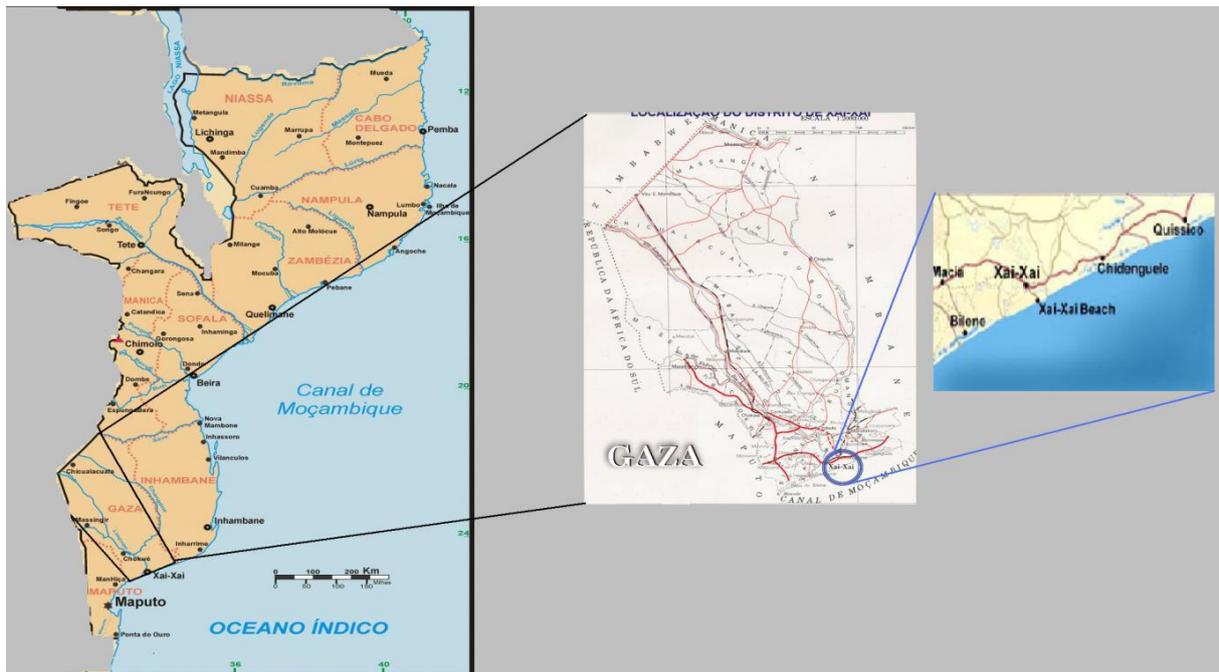


Figura 1: Localização de Área de Estudo. (Fonte: MAE, 2005)

O clima predominante é tropical húmido pela classificação do Koppen, que é influenciado pelos anti-ciclones do indico e do Atlântico pela célula continental de alta pressão (época fresca), pela depressão continental de origem térmica (época quente), (MAE, 2005). Geologicamente, a praia é composta por sedimentos de acumulação marinha e dunas interiores, as mais antigas e costeiras as recentes e instáveis (moveis) com solo arenoso (Siteo, 2004).

Trata-se de uma praia sem mangais, pois esta zona é influenciada por grande ação das ondas do mar, e a sua inclinação bem como o solo não permitem a retenção da água por longo período de tempo, mesmo durante a vazante crítica da maré. Isto é, o local não oferece pântanos costeiros, condições essenciais para o desenvolvimento de mangais.

#### 4.0. Trabalho realizado

Na concepção e execução deste trabalho foi postulado que os maiores perigos da praia ocorreriam como resultado do desenvolvimento de correntes induzidas por ondas e pela presença de buracos, rochas e fragmentos de estruturas fixas na zona de surf segundo (Bulhões, 2005; Right e Short,1984). O trabalho teve a duração de 12 meses, no período de Outubro de 2010 a Outubro de 2011 e consistiu em:

- Levantamentos do perfil topográfico da praia no mês de Outubro de 2010 e nos meses de Janeiro, Fevereiro e Maio de 2011;
- A medição de correntes de deriva litoral e de retorno;
- Medição de ondas

Para analisar as variações da topografia espaço-temporal da área de estudo, foram traçados 4 (quatro) perfis topográficos transversais à praia designados por perfil PXX1, PXX2, PXX3 e PXX4 (Figura 2). Estes perfis foram georreferenciados com recurso ao GPS. Os perfis foram estabelecidos a nível zero (0,0 m) da maré astronómica. O levantamento do perfil topográfico da praia, foi realizado com auxílio de um nível (aparelho de leitura topográfica) e mira topográfica com uma graduação de 4 metros (régua de leitura). As distâncias entre perfis topográficos e as diferenças entre dois pontos num perfil foram medidas através de uma fita métrica. A altura inicial do perfil foi determinada utilizando como ponto de referência fixo o nível médio do mar em períodos de baixa-mar de maré de sigizia (maré viva). O processo consistiu na medição dos desníveis desde o início do perfil até ao máximo recuo da onda no momento de levantamento de perfil topográfico. Neste ponto, foi marcada a hora exacta do monitoramento de perfil, para a realização da correcção da maré e com isto, foi avaliado o grau de exposição do perfil abaixo do nível médio do mar no instante de levantamento. Para a análise da variação dos perfis da praia foram feitas as comparações das leituras efectuadas em tempos diferentes com o objectivo de estabelecer a sua relação e comportamento face às mudanças topográficas



**Figura 2:** Área de estudo dividida em 4 pontos monitorados, em amarelo são os locais onde estão fixo os perfis, na praia de Xai-Xai (Fonte: Google Earth, 2010)

A medição de correntes foi feita por observações visuais, registos fotográficos e por meio de uma bóia de deriva lagrangeana associada a um sistema de localização da Garmin, constituído por um GPS Astro 440, e um transmissor por ondas de rádio DC

40. Os dados armazenados no GPS foram extraídos utilizando o programa BaseCamp, e de seguida foram analisados e processados no programa Matlab e Excel para determinação da velocidade, as imagens das zonas de ocorrência das correntes de retorno foram obtidas através do programa Google Earth.

As observações de campo foram feitas durante um período de 3 semanas (de 27 de Fevereiro a 18 de Março de 2011) na Praia de Xai-Xai. Na primeira semana construíram-se as bóias de deriva e estas foram lançadas para a medição das correntes nas restantes 2 semanas.

As ondas (amplitude e frequência) foram medidas usando quatro métodos, nomeadamente: (i) com uso de um acelerómetro instalado numa bóia fixa (Figura 3); (ii) com o uso de um altímetro ultra sónico Banner U-GAGE QT50 montado numa plataforma fixa na praia (Figura 4), (iii) com uso de um sensor de pressão RBR TWR-2050P montado no fundo, e (iv) com o uso de vasos comunicantes com tubos de plásticos para medir a diferença de pressão de água devido as ondas (Figura 4).



**Figura 3:** acelerómetro montado numa bóia flutuado e ancorado na praia.

O acelerómetro foi ancorado na zona antes de rebentamento das ondas. O aparelho mediu a aceleração devido a passagem da onda, a partir da qual se obteve a altura da onda por meio de integração. Os dados foram guardados usando um dispositivo interno WinDAQ 718B. O instrumento operou a uma frequência de 50 Hz. O altímetro ultrasónico mediu as ondas na praia usando o sistema de radar e operou a uma frequência de 10 Hz. O sensor de pressão operou a uma frequência de 4 Hz. Os dados brutos obtidos por estes instrumentos foram filtrados e analisado o espectro da onda usando o pacote estatístico de Matlab. Os tubos plásticos usados tinham 8 mm de diâmetro e 50 e 10 m de comprimento, conectados através de válvulas comunicantes. Os dois tubos estiveram separados por 30 metros perpendicularmente a linha da praia; fixou-se pedaços de algodão nas extremidades exteriores dos tubos de forma a filtrar as micro-ondas; Afixou-se uma corrente nos tubos para os manter fixos no fundo. A diferença de níveis de água entre os tubos foi medida por uma régua (Figura 4). O sistema usado neste estudo é uma versão portátil, modificada do sistema fixo aplicada por Nielsen, (1988) and Cartwright *et al*

(2009). Mais ainda, usou-se uma estação meteorológica portátil Kestrel 4500 para medir parâmetros meteorológicos padrão, direcção e força de vento, temperatura seco e húmido do ar, e pressão atmosférico.



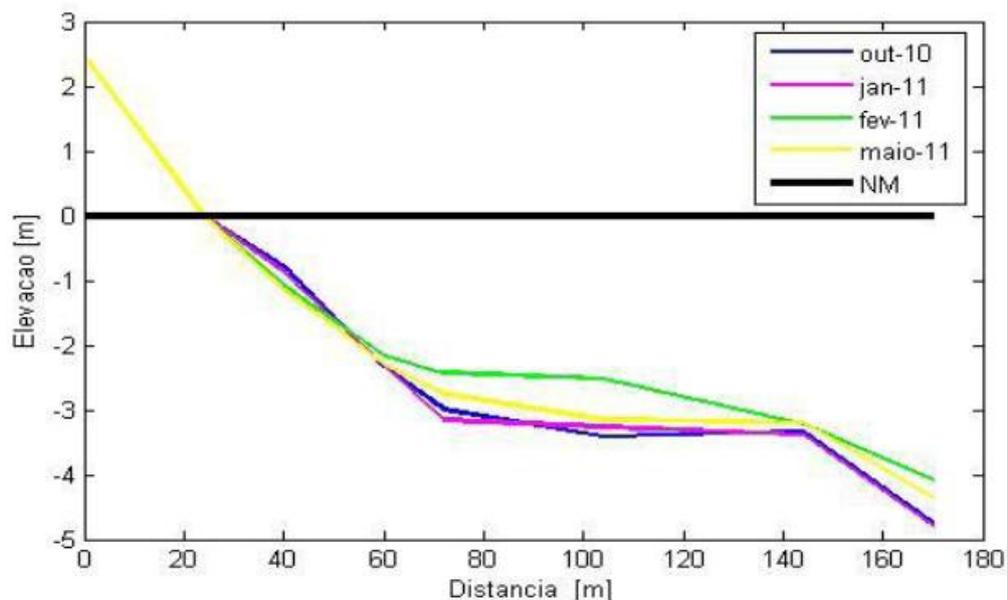
**Figura 4:** Altímetro ultra sónico montado no barrote e virado para a superfície de água e tubos plásticos ligados num sistema de vasos comunicantes.

## 5.0. Resultados obtidos e discussão

### 5.1. Levantamentos do perfil topográfico da praia

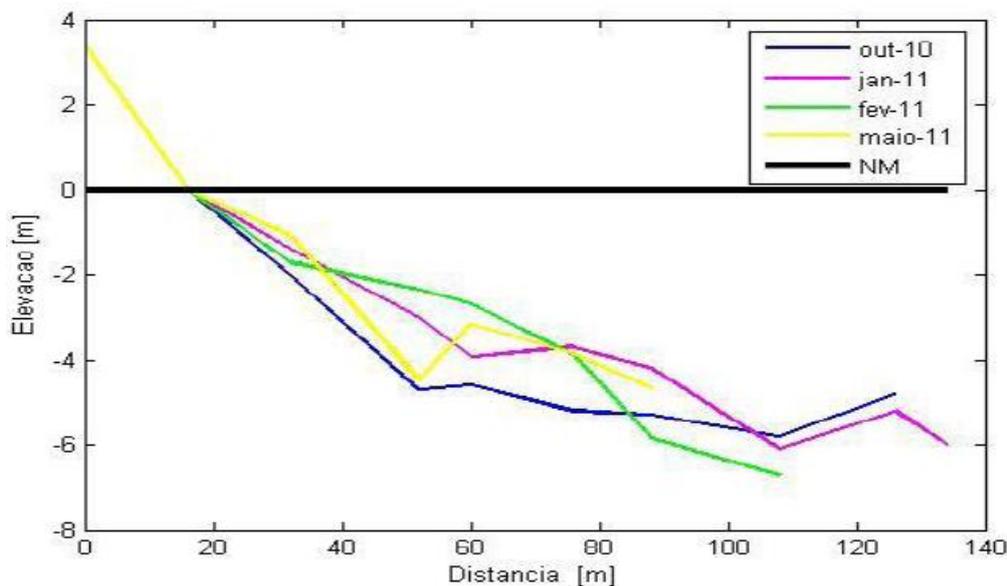
As Figuras 5, 6, 7 e 8 apresentam os perfis topográficos nas secções PXX1, PXX2, PXX3 e PXX4, respectivamente, durante os meses de Outubro de 2010 e Janeiro, Fevereiro e Maio de 2011. No geral mostraram feições morfológicas como: a formação e movimentação de bancos de areias, cavas paralelas à linha da praia, migração lateral de pequenas cúspides e marcas de correntes de retornos encontradas na face da praia. Este facto pode estar associado à vários processos hidrodinâmicos, como, energia das ondas, bem como às correntes de deriva que ocorreram no local, que segundo Almeida (2007), influenciam na distribuição de sedimentos ao longo da praia.

A morfologia do Perfil PXX1, apresentou uma ligeira variação em relação aos outros perfis. Facto possivelmente explicado pela contribuição dos sedimentos de origem marinha neste Perfil e pela localização geográfica.



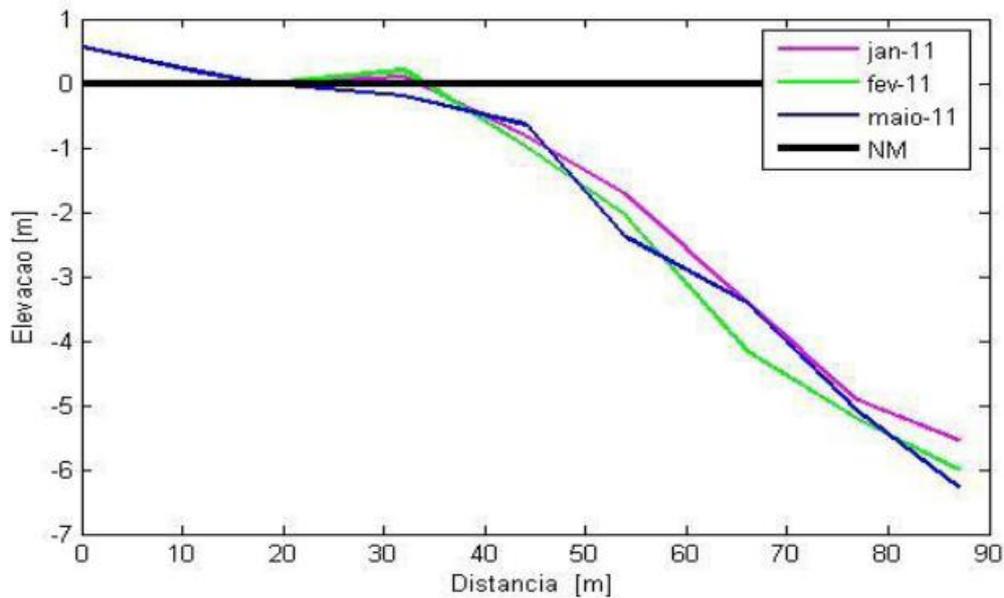
**Figura 5:** Perfil morfodinâmico na secção PXX1.

No Perfil PXX2, ficaram evidenciadas as mudanças sofridas na face da praia, caracterizadas pela formação e movimentação de bancos paralelos à linha da praia. Este facto deve-se, provavelmente, à processos físicos que ocorrem no local como marés, as correntes de retorno e à existência de areia de granulometria fina a muito fina neste Perfil, factores que, segundo Fischer, (2005), contribuem significativamente para a formação dos bancos de areia.



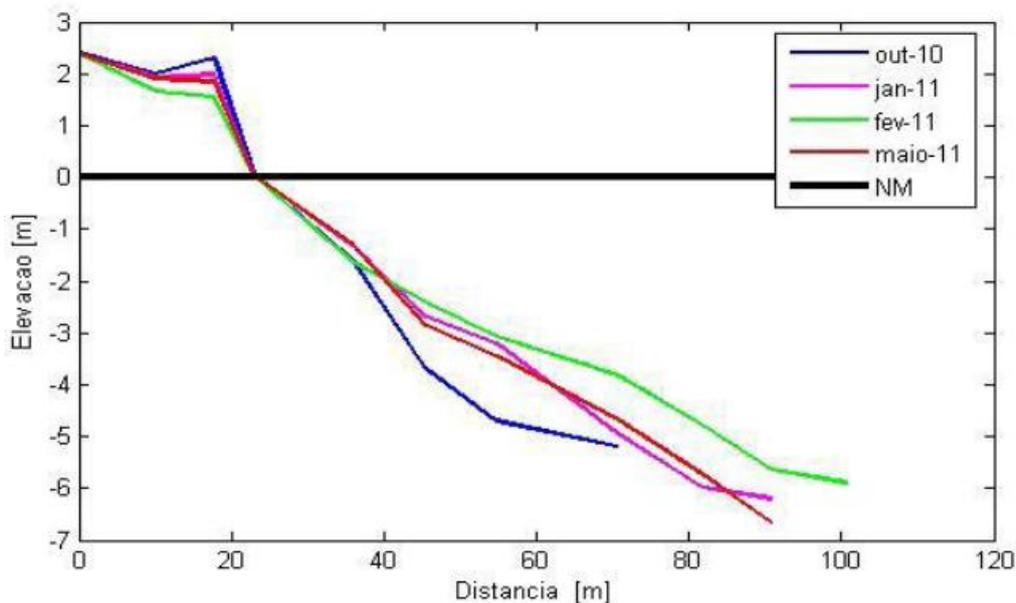
**Figura 6:** Perfil morfodinâmico na secção PXX2.

O perfil PXX3 foi caracterizado por sucessivos processos de erosão, a cada levantamento efectuado. A interferência entre processos como a altura da onda e as correntes de retorno bem como os processos aerodinâmicos e a exposição do local à acção de ondas, podem estar na origem desta erosão. Segundo, Gomes (2004) são processos que influenciam para erosão progressiva.



**Figura 7:** Perfil morfodinâmico no perfil PXX3.

No Perfil 4, foram verificados índices de erosão e deposição entre os levantamentos topográficos. Essa dinâmica pode ser justificada pelas mudanças de energia de ondas geradas localmente através das variações na velocidade do vento. Fischer, (2005) estas situações são verificadas quando o perfil é dominado pelo transporte transversal.



**Figura 8:** Perfil morfodinâmico no perfil PXX3.

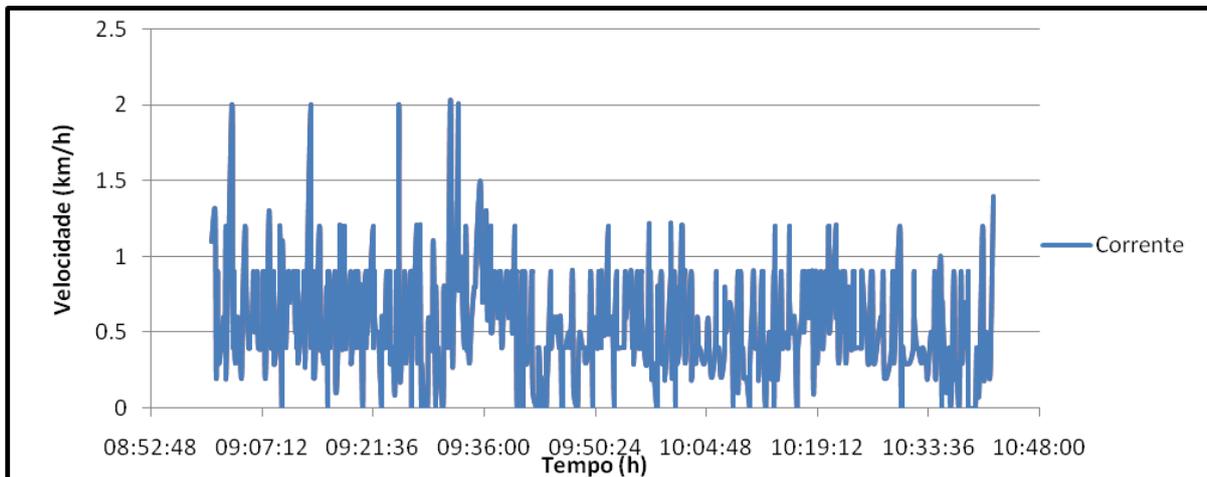
## 5.2. Medição de correntes de deriva litoral e de retorno

Durante o período de observação as correntes de deriva litorânea moviam-se de sudoeste a nordeste (Figura 9). Durante a maré baixa as velocidades destas correntes foram de  $0-0.5 \text{ m s}^{-1}$  (Figura 10), presumevelmente devido a fraca interacção entre a zona da praia e o alto mar, pois o nível era inferior ao da barreira rochosa. Durante as marés altas as velocidade das correntes de deriva litorânea

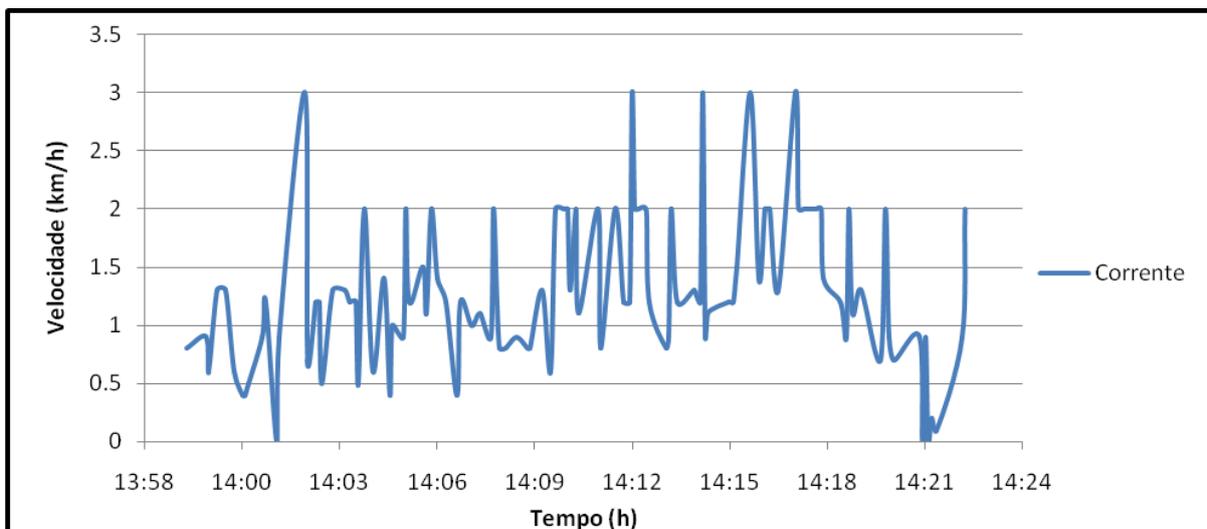
atingiram  $1.4 \text{ m s}^{-1}$  (Figura 11). Essas correntes são perigosas para os banhistas, pois elas podem alimentar e intensificar as correntes de retorno.



**Figura 9.** Trajectória das correntes de deriva litorânea na Praia de Xai-Xai, durante (5 a 18 de Março, 2011)



**Figura 10.** Velocidade de correntes de deriva litorânea durante a baixa-mar na Praia de Xai-Xai, durante (9 de Março de 2011)



**Figura 11** Velocidade de correntes de deriva litorânea durante a preia-mar alta na Praia de Xai-Xai, durante (18 de Março de 2011)

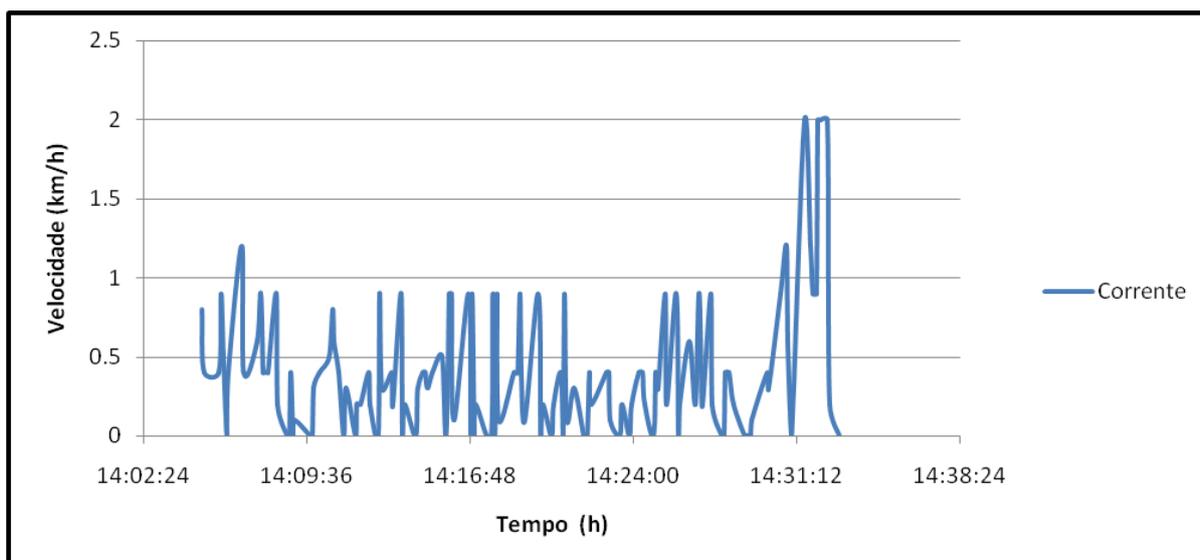
As correntes de retorno foram detectáveis nas observações visuais (Figura 12), e as bóias de deriva registaram movimentos perpendiculares a praia e na direcção ao alto mar (Figura 13), e algumas vezes pareceram ser alimentados por correntes de deriva litorânea. A intensidade da corrente variou entre  $0.3$  e  $0.8 \text{ m s}^{-1}$  (Figura 5) na maior parte do tempo, tendo ocasionalmente observado picos de  $1.1 - 1.4 \text{ m s}^{-1}$  e por vezes atingindo  $3.1 \text{ m s}^{-1}$  (Figuras 14 e 15). A máxima velocidade foi observado num dia em que o mar estava bastante agitado. Essas correntes são bastante fortes que podem perigar nadadores experientes segundo estudos feitos por Short e Hogan (1994).



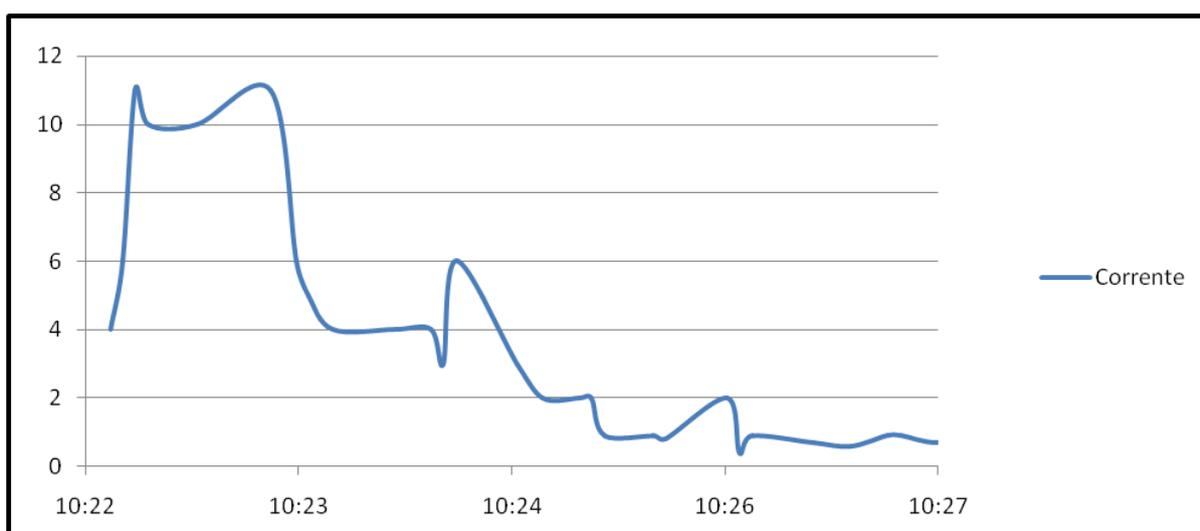
**Figura 12.** Observação visual das correntes de retorno na Praia de Xai-Xai, durante (13 de Março de 2011)



**Figura 13.** Trajectória das correntes de retorno na Praia de Xai-Xai, durante (5 a 18 de Março)



**Figura 14.** Velocidades de correntes de retorno durante a baixa-mar na Praia de Xai-Xai, durante (9 de Março de 2011)



**Figura 15.** Velocidades de correntes de retorno durante a preia-mar na Praia de Xai-Xai, durante (14 de Março de 2011)

Os resultados de correntes, obtidos através da bóia de deriva, indicaram a existência de correntes de deriva litorânea e de retorno do tipo permanente e que a sua velocidade variou em função do nível do mar, altura das ondas e estado do mar. As maiores velocidades foram verificadas durante a vasante, até ao nível do mar atingir o ponto mais baixo da rocha, e as velocidades mais baixas registram-se na baixa mar, sugerindo o controlo de topografia na geração dessas correntes segundo descrito por Bulhões (2005).

### 5.3. Medição de ondas

A Figura 16 mostra ondas medidas pelo acelerómetro no alto mar, antes de rebentamento de ondas. A altura máxima de ondas aumentou de 0.75 a 1.5 m, como resultado da progressão de baixa- para preia-mar. A Figura 17 mostra ondas medida por altímetro ultra sónico na praia. O instrumento foi colocado de modo a medir as ondas de rebentamento. As medições do altímetro indicaram a ocorrência de ondulação com período de 6 segundos. Junto a praia a altura significativa de onda foi de 0.4 m e o período máximo variou entre 12-16 segundos o que indica o aumento do nível de água devido a ondas de rebentamento. É de esperar que essas ondas de arebentamento estabeleçam um regime de ondas estacionárias na praia.

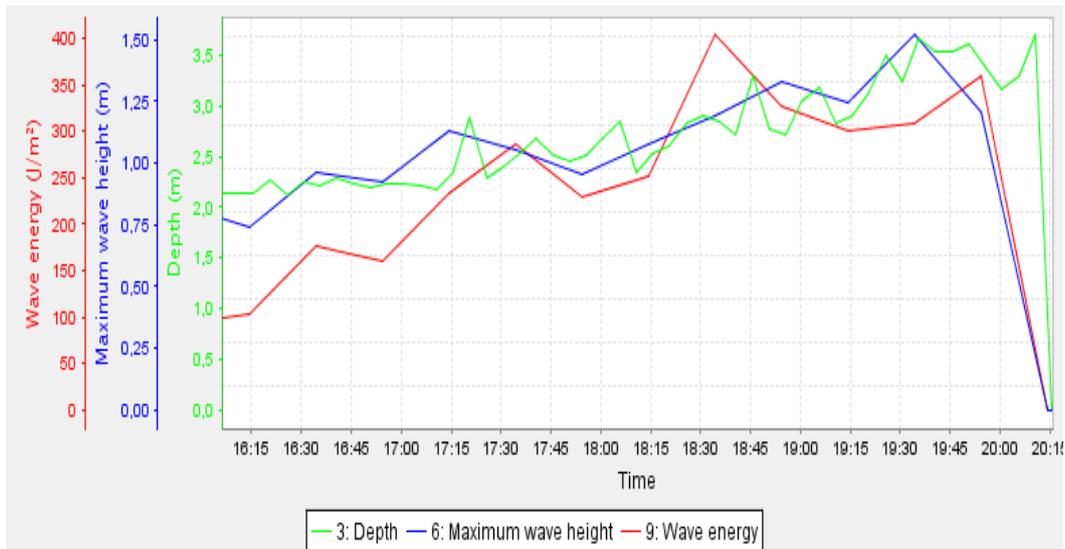


Figura 16: Dados de ondas medidos por acelerómetro.

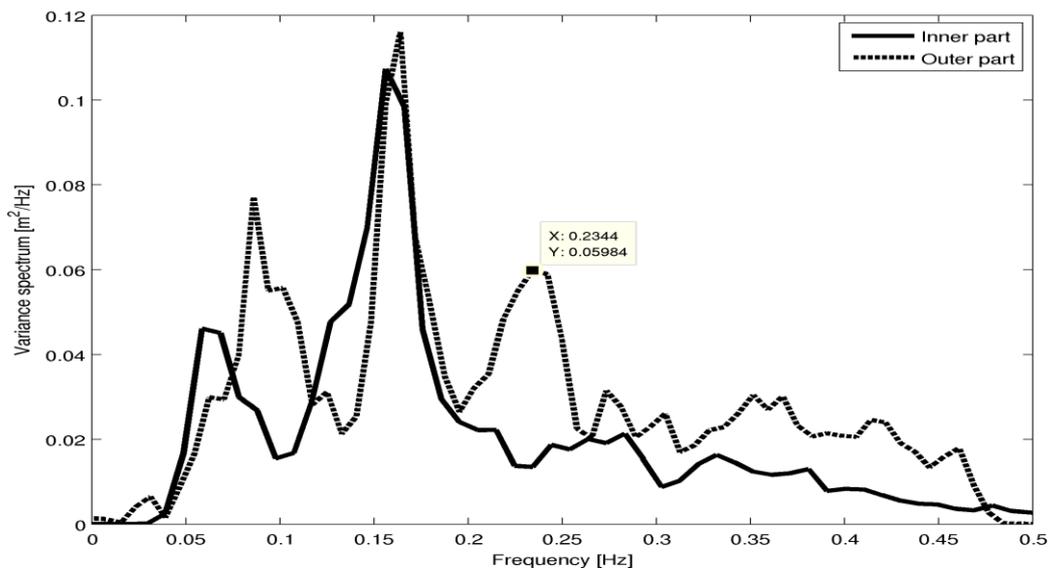


Figura 17: Dados de ondas medidos por altímetro ultra sónico na praia e pelo sensor de pressão perto no interior.

#### 5.4. Energia de ondas

A energia das ondas em todos os perfis, identifica-se que o Perfil PXX1 registou menor energia no mês de Outubro de  $636.7 \text{ J m}^{-2}$  e maior energia no mês de Maio de  $891.3 \text{ J m}^{-2}$ , no perfil PXX2 registou-se a energia máxima em Outubro e mínima em Maio de  $1263.0$  e  $934.1 \text{ J m}^{-2}$ , respectivamente, no perfil PXX3 registou-se a energia máxima e mínima de  $1879.9$  e  $1818.8 \text{ J m}^{-2}$ , respectivamente, no Perfil PXX4 a energia máxima e mínima foi registada nos meses de Fevereiro e Outubro e foi de  $2037.2$  e  $1788.6 \text{ J m}^{-2}$ , respectivamente, esses resultados são similares aos obtidos por Siteo, (2004). A energia da onda sempre foi menor no perfil PXX1, uma vez que a energia da onda está directamente relacionada ao quadrado da altura da onda, portanto os valores maiores são dos pontos onde foram observados ondas relativamente de alturas maiores. Os perfis expostos a energias de ondas relativamente altas sofrem erosão e deposição em resposta da agitação do mar. O gradiente de energia observado é o resultado da redução na contribuição das ondas oceânicas sobre o regime actuante na praia. Esses eventos de alta energia geram fortes correntes que transportam os sedimentos em direcção a região de ante-praia, depositando-o os em bancos submersos (Héquete & Hill, 1993) citado por Weschenfelder e Zouain, (2002).

##### 5.4.1. Zonas propensas de acidentes por afogamento

A Figura 18 mostra as zonas de risco e seguras para banhistas na Praia de Xai-Xai. A zona segura para banhista está compreendida entre os perfis PXX1 e PXX2. A zona entre os perfis PXX2 e PXX3 regista ocorrência de correntes de deriva litorânea. É uma zona relativamente segura para banhista, contudo devem ter cuidado com correntes paralelos a costa, que regra geral propagam-se em direcção a norte. A zona entre os perfis PXX3 e PXX4 é zona potencialmente perigosa pois ocorrem correntes de deriva e de retorno muito fortes. Os banhistas devem ter muito cuidado e evitar nadar particularmente durante a preia-mar das marés vivas.



Figura 18: Indicação de zonas de risco

## **6.0. Medidas para reduzir riscos de afogamento**

### **6.1. Os sinais de advertência aos banhistas**

Propõe-se a colocação dos seguintes sinais para advertência aos banhistas:

1. Na zona entre PXX1 e PXX2 devem se colocar os seguintes dizeres:

*“Zona para banhistas”*

2. Na zona entre PXX2 e PXX3 devem se colocar os seguintes dizeres:

*“Cuidado, ocorrência de correntes de deriva litorânes para Norte”*

3. Na zona entre PXX3 e PXX4 devem se colocar os seguintes dizeres:

*“Perigo, ocorrência de correntes fortes de retorno e de deriva litorânes para Norte”*

### **6.2. Panfletos sobre procedimentos**

Propõe-se a distribuição e afixação de cartazes a explicar o procedimento que os banhistas devem assumir quando apanhados nas correntes, como se segue:

*“Quando apanhados por correntes de deriva litorânea nadar para a costa”*

e, *“Quando apanhados por correntes de retorno nadar paralelamente a costa.”*

## 7.0. Referências

- Almeida M. P. (2007). Simulação da Ondulação com Refdif para Recifes para Surf. Dissertação de Mestrado Universidade Técnica de Lisboa
- Bulhões, E.M.R. (2005) *Condições Morfodinâmicas Associadas a Riscos aos Banhistas: Em Busca da Segurança nas Praias Oceânicas da Cidade do Rio de Janeiro*. Exame de Qualificação. Programa de Pós-Graduação em Geografia. UFRJ. Rio de Janeiro.
- Cartwright, Nick, Dave Callaghan and Peter Nielsen, 2009: Coastal field research facility, The Spit, Gold Coast, Australia, Bulletin 25, The University of Queensland, School of civil engineering.
- Fischer, A, (2005). Morfodinamica do Saco do Laranjal: Costa Noroeste do Estuário da Laguna dos Patos – Rs. Inc.
- Gomes, R. C.; (2004). Perfil Praial de Equilíbrio da Paia de Meaípe – Espírito Santo. Trabalho de conclusão do curso de Oceanografia. Departamento de Ecologia e Recursos Naturais - UFES.
- Nielsen, P, 1988. Wave Setup: A Field Study, *J Geophys Res*, **93**(C12), pp 15,643-15,652
- Holland et al, 1995: Runup kinematics on a natural beach, *J Geophys Res*, **100**(C3), pp 4985 – 4993.
- Pereira, P. S.; 2005. Variabilidade da Orla Oceânica do Rio Grande do Sul e suas Implicações na Elaboração de Planos de Contingência: Aspectos Morfodinâmicos, Sedimentológicos e Geomorfológica. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica. Rio Grande, Fundação Universidade Federal do Rio Grande
- Right, L.D.; Short, A.D. (1984); *Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: a Synthesis. Marine Geology*. 56, 1984. p. 93 – 118.
- Short, A.D. (1999) *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chinchester.
- Sitoe, A. F. (2004). Estudo das Ondas Oceânicas na Praia de Xai-Xai. Trabalho de Licenciatura, Maputo, Universidade Eduardo Mondlane.
- Weschenfelder, Jair & Zouain Ricardo N. Ayup, (2002), Variabilidade morfodinâmica das Praias Oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil.