



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



FUNDAÇÃO  
DA FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DA UNIVERSIDADE DE LISBOA

**FCT**

Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DO ENSINO SUPERIOR

## Relatório Técnico

# EVOLUÇÃO RECENTE DA PRAIA DO ALFEITE DO ESTUÁRIO DO TEJO



MorFeed – *Morphodynamic feedback of estuarine margins  
to climate change*

Autores: Martha Guerreiro, Filipa S. B. F. Oliveira, Paula Freire e Ana Rilo

LNEC, Lisboa, Janeiro de 2013



**EVOLUÇÃO RECENTE DA PRAIA DO ALFEITE DO ESTUÁRIO DO TEJO**

**RECENT EVOLUTION OF THE ALFEITE BEACH OF THE TEJO ESTUARY**

**ÉVOLUTION RÉCENTE DE LA PLAGÉ DU ALFEITE DU ESTUAIRE DU TEJO**



# EVOLUÇÃO RECENTE DA PRAIA DO ALFEITE DO ESTUÁRIO DO TEJO

## RESUMO

O presente estudo enquadra-se na área de investigação científica da dinâmica costeira tendo sido realizado no âmbito do projeto MorFeed - *Resposta morfológica das margens estuarinas ao impacto das alterações climáticas*. O objetivo do estudo foi avaliar a evolução morfológica recente da praia arenosa da restinga do Alfeite, na margem sul do estuário do Tejo. Coligiu-se e avaliou-se toda a informação topo-hidrográfica referente à área da restinga do Alfeite disponível desde há cerca de uma década. Esta inclui levantamentos de perfis transversais ao longo da praia (na direção longitudinal), e para alguns desses transeptos perfis em diversas datas, e fiadas que cobrem toda a parte emersa da restinga. Com base nesta avaliação concluiu-se que apesar de algumas diferenças entre perfis, estes mantiveram a mesma geometria de perfil no seu global, tendo apenas sido perceptível um pequeno avanço da face de praia. Este estudo vem reforçar os estudos anteriores, onde se concluiu que a praia do Alfeite é uma praia estável e que apenas quando submetida a eventos extremos sofre alterações morfológicas unicamente na zona da face de praia. Os dados mais recentes, relativos a levantamentos de perfil de praia obtidos no âmbito do projeto em que este estudo se insere (projeto MorFeed), sugerem que existe um pequeno avanço da linha de costa na zona central e oeste, contudo não são suficientes para sustentar esta afirmação.

**Palavras-chave:** Praia estuarina, Margem arenosa, Morfodinâmica, Médio-prazo, Curto-prazo.



# EVOLUÇÃO RECENTE DA PRAIA DO ALFEITE DO ESTUÁRIO DO TEJO

## Índice

---

Índice	VII
Índice de figuras	VIII
Índice de tabelas	IX
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 ENQUADRAMENTO, MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS	1
1.2 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	2
<b>2. METODOLOGIA E RESULTADOS</b>	<b>3</b>
2.1 LEVANTAMENTOS TOPO-HIDROGRÁFICOS DE PERFIS TRANSVERSAIS	3
2.2 LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO DA RESTINGA DO ALFEITE	8
2.3 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA PRAIA DO ALFEITE	10
<b>3. CONCLUSÕES</b>	<b>14</b>
<b>4. REFERÊNCIAS</b>	<b>15</b>

## EVOLUÇÃO RECENTE DA PRAIA DO ALFEITE DO ESTUÁRIO DO TEJO

### Índice de figuras

---

Figura 1 – a) Enquadramento e localização geográfica da restinga do Alfeite no contexto do estuário do Tejo; b) Pormenor da restinga do Alfeite (Ortofoto de 2007, Instituto Geográfico Português -IGP).....	2
Figura 2 – Linha temporal de levantamentos topo-hidrográficos de perfis transversais na praia do Alfeite. ....	3
Figura 3 – Localização dos perfis transversais levantados ao longo da praia do Alfeite, em diferentes estudos .....	4
Figura 4 – Perfis transversais levantados entre 1994 a 1996 no âmbito da tese de doutoramento de Freire (2003).....	5
Figura 5 – Perfis transversais levantados entre 2005 a 2007 no âmbito do projeto BERNA. ....	6
Figura 6 – Perfis transversais levantados em 2012 no âmbito do projeto MorFeed.....	7
Figura 7 – Extensão do levantamento topo-hidrográfico da ARH-Tejo. ....	9
Figura 8 – Modelo Digital de Terreno (MDT) da restinga do Alfeite com base no levantamento da ARH-Tejo.....	9
Figura 9 – Evolução do perfil A entre 1994 e 1996 (Freire, 2003).....	10
Figura 10 – Evolução dos perfis A, B e E entre 2005 e 2007 (projeto BERNA). ....	11
Figura 11 – Comparação entre os perfis com a mesma localização entre o projeto BERNA e o projeto MorFeed. ....	12
Figura 12 – Variação da variável z entre os perfis do projeto BERNA e o projeto MorFeed.....	12



## **EVOLUÇÃO RECENTE DA PRAIA DO ALFEITE DO ESTUÁRIO DO TEJO**

### Índice de tabelas

---

Tabela 1 – material utilizado durante os levantamentos topo-hidrográficos.....	4
--	---



# **EVOLUÇÃO RECENTE DA PRAIA DO ALFEITE DO ESTUÁRIO DO TEJO**

## **1. Introdução**

### **1.1 Enquadramento, motivação e objetivos**

O estudo que aqui se descreve realiza-se no âmbito do projeto MorFeed (Resposta morfológica das margens estuarinas ao impacto das alterações climáticas), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), com a referência PTDC/AAC-AMB/100092/2008, e enquadra-se no âmbito dos projetos do Plano de Investigação Programada (PIP) do LNEC para 2009-2012 “Dinâmica hidro-sedimentar do litoral a curto e médio prazo” e “Evolução da zona costeira a longo prazo em diferentes condições ambientais”.

Este estudo é parte integrante de um estudo mais alargado que visa melhorar o conhecimento sobre a resposta morfodinâmica das margens estuarinas ao impacto das alterações climáticas. Neste sentido, a praia do Alfeite, foi escolhida como um dos casos piloto do projeto MorFeed devido ao facto de ser a praia arenosa submetida à ação de ondas de vento incidentes da zona com maior extensão de geração-propagação (cerca de 20 quilómetros), e por isso, em princípio, a praia estuarina mais vulnerável.

O objetivo específico deste estudo é coligir toda a informação topo-hidrográfica da zona da restinga do Alfeite disponível desde há cerca de uma década e, com base nela, avaliar a evolução morfológica recente da praia arenosa da restinga do Alfeite, na margem sul do estuário do Tejo (Figura 1). Pretende-se que as conclusões desta análise contribuam para o conhecimento sobre a morfodinâmica da zona de estudo e permitam melhor fundamentar o trabalho futuro que se pretende realizar no âmbito do projeto MorFeed.



Figura 1 – a) Enquadramento e localização geográfica da restinga do Alfeite no contexto do estuário do Tejo; b) Pormenor da restinga do Alfeite (Ortofoto de 2007, Instituto Geográfico Português -IGP)

## 1.2 Organização do relatório

Para além da presente introdução onde se descreve o enquadramento, a motivação e os objetivos do estudo, este relatório divide-se em mais dois capítulos e uma lista de referências. No capítulo seguinte, capítulo dois, descreve-se a metodologia utilizada e simultaneamente os resultados obtidos. Mencionam-se apenas alguns aspetos relacionados com as técnicas de levantamento realizadas no sentido de esclarecer sobre a precisão das medições efetuadas, contudo, o objetivo é descrever a morfologia da praia do Alfeite. Este capítulo divide-se em três secções, a primeira dedicada à apresentação e análise dos perfis transversais medidos, a segunda dedicada à análise do modelo digital de terreno obtido com base no levantamento geral da restinga do Alfeite realizado pela ARH – Tejo (Administração da Região Hidrográfica do Tejo I.P.), e a última secção é dedicada à comparação dos perfis medidos por forma a avaliar a sua evolução durante o período de tempo em análise. Finalmente no capítulo três sumarizam-se as conclusões obtidas relativamente à evolução recente da praia do Alfeite na margem sul do estuário do Tejo.

## 2. Metodologia e Resultados

### 2.1 Levantamentos topo-hidrográficos de perfis transversais

Na praia do Alfeite têm sido realizados vários estudos de monitorização, no âmbito dos quais foram efetuados levantamentos topo-hidrográficos de perfis transversais à praia (Freire, 2003; BERNA: Silva *et al.* 2005a,b,c,d; 2006a,b,c,d,e,f; 2007a,b,c,d; Taborda *et al.*, 2007a,b; Freire *et al.*, 2008, MorFeed: Rilo *et al.*, 2012). Esta aquisição de dados teve como objetivo avaliar a tendência evolutiva a médio termo (décadas) da praia do Alfeite, entre 1994 e 2012. Neste relatório serão analisados levantamentos correspondentes a três trabalhos efetuados na praia do Alfeite que correspondem às datas assinaladas na Figura 2. A localização destes levantamentos encontra-se na Figura 3 e na Tabela 1 encontra-se o material utilizado durante as várias campanhas.

Um número variável de perfis foi monitorizado nos vários projetos, com pontos de referência e direção diferentes. Isto leva a que a comparação entre os vários perfis não seja possível para todos. De forma a facilitar a identificação dos perfis optou-se então por utilizar a mesma designação para os vários perfis monitorizados que têm pontos de referência aproximados.

Outro factor importante na comparação entre os vários perfis é o número e posicionamento dos pontos levantados em cada perfil. No caso da praia do Alfeite em que as diferenças são pequenas este factor pode induzir a erro na análise da variação dos perfis.

As medições dos perfis ocorreram em períodos de baixa-mar de forma a obter a máxima extensão possível do raso de maré. No caso do projeto MorFeed, as medições tiveram início na zona mais a Este, ou seja do Perfil A para o perfil E.

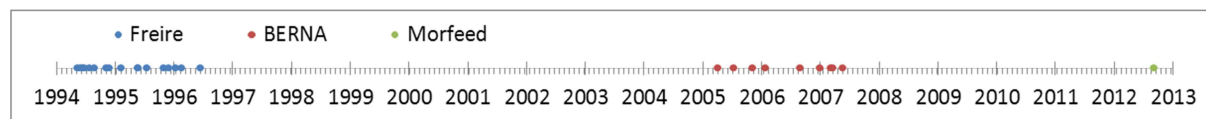


Figura 2 – Linha temporal de levantamentos topo-hidrográficos de perfis transversais na praia do Alfeite.

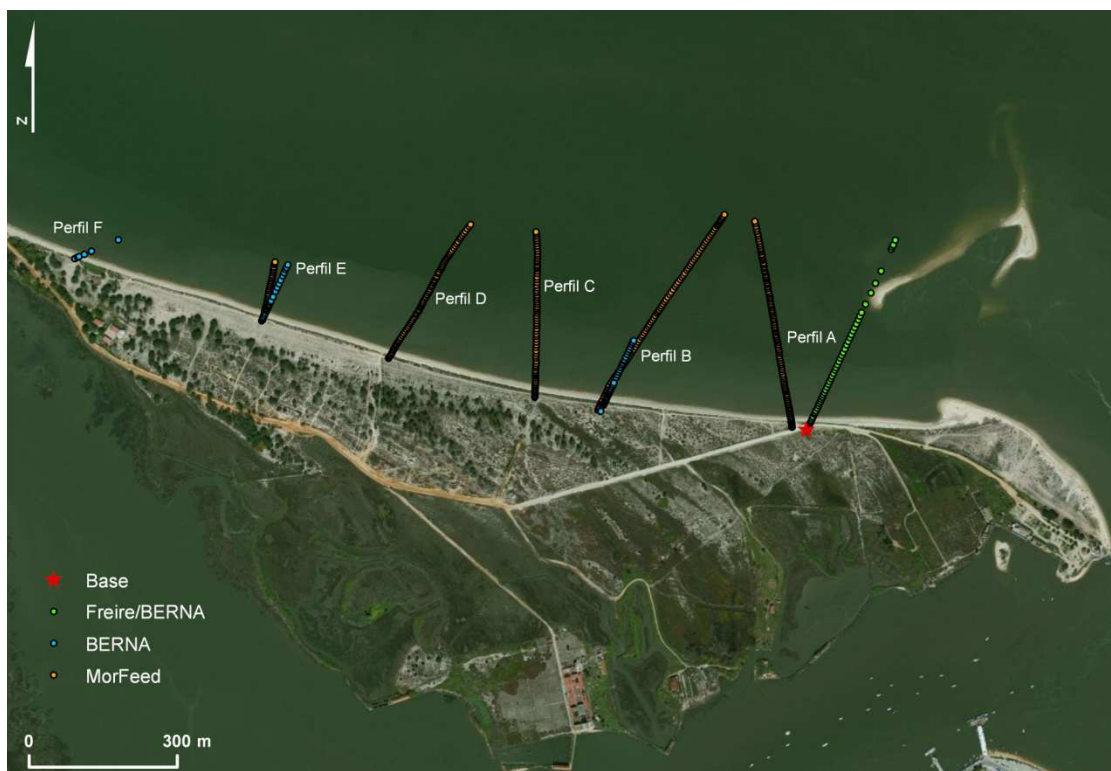


Figura 3 – Localização dos perfis transversais levantados ao longo da praia do Alfeite, em diferentes estudos.

Tabela 1 – Material utilizado durante os levantamentos topo-hidrográficos.

Campanha/Projeto	Material utilizado
Levantamentos entre Maio de 1994 e Junho de 1996 / Freire (2003)	- Nível WILD GST20 e estadia
Levantamentos entre Abril de 2005 e Junho de 2007 / BERNA	- Estação total (Zeiss) - GPS Trimble 4000 - Estação total (Leica)
Levantamentos em Setembro de 2012 / MorFeed	- DGPS TopCon Hiper Pro

Nas Figuras 4, 5 e 6 encontram-se os resultados obtidos, por perfil, nos levantamentos topográficos realizados desde 1994 a 2012, respetivamente no âmbito de um trabalho de tese de doutoramento (Freire, 2003), projeto BERNA e projeto MorFeed.

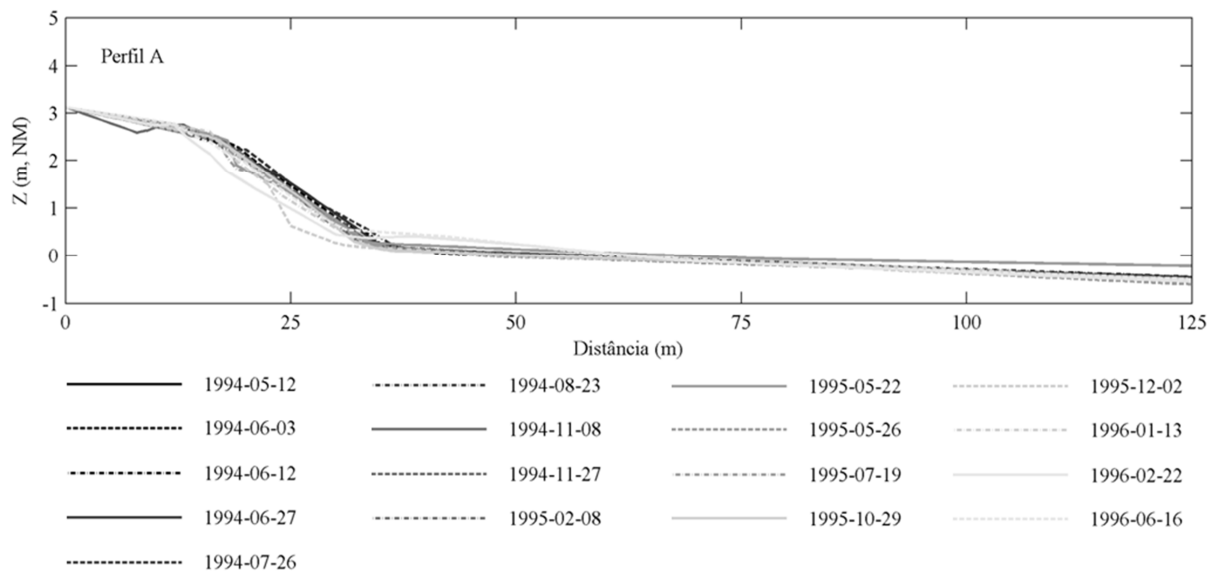


Figura 4 – Perfis transversais levantados entre 1994 a 1996 no âmbito da tese de doutoramento de Freire (2003).

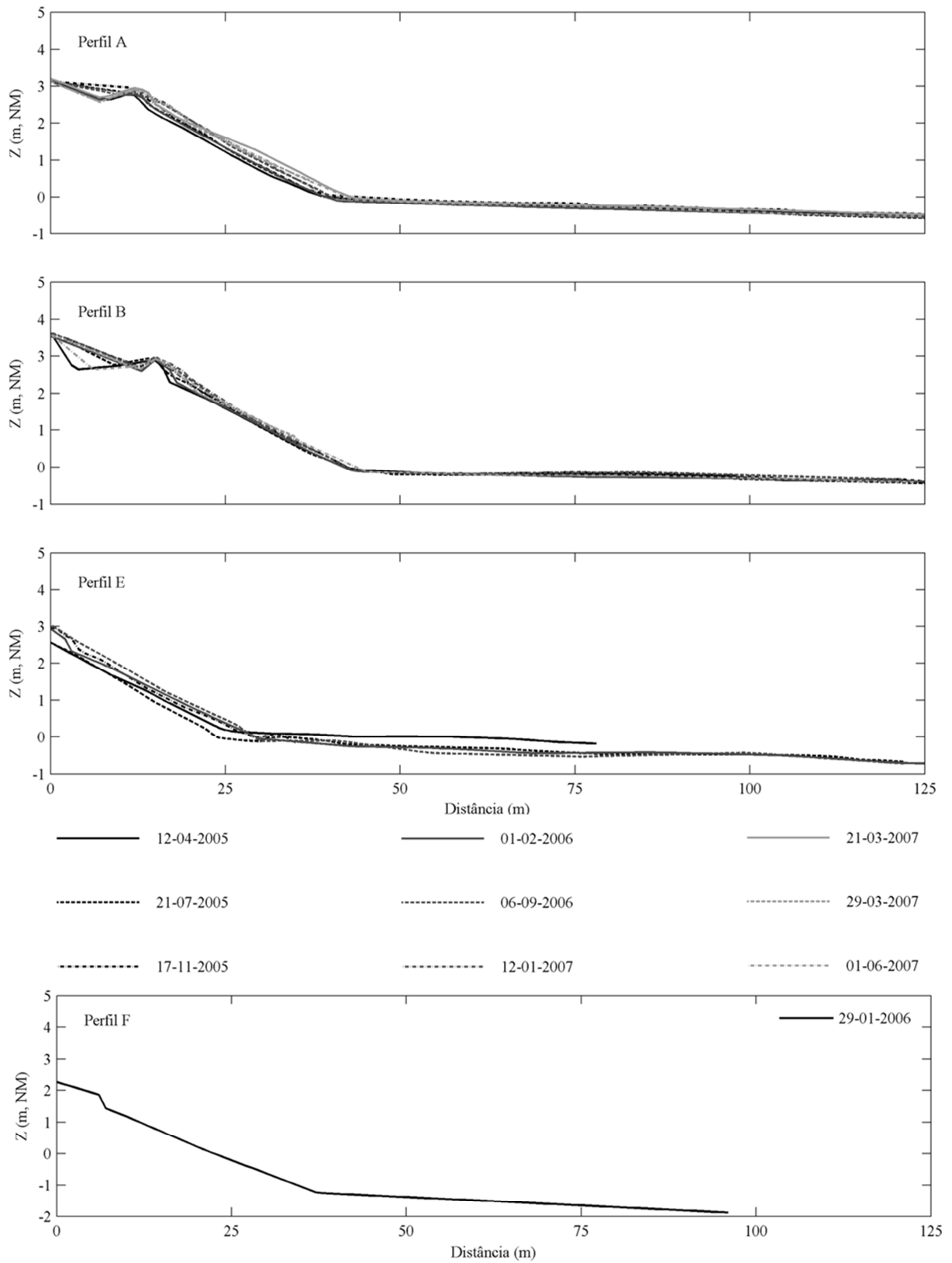


Figura 5 – Perfis transversais levantados entre 2005 a 2007 no âmbito do projeto BERNA.



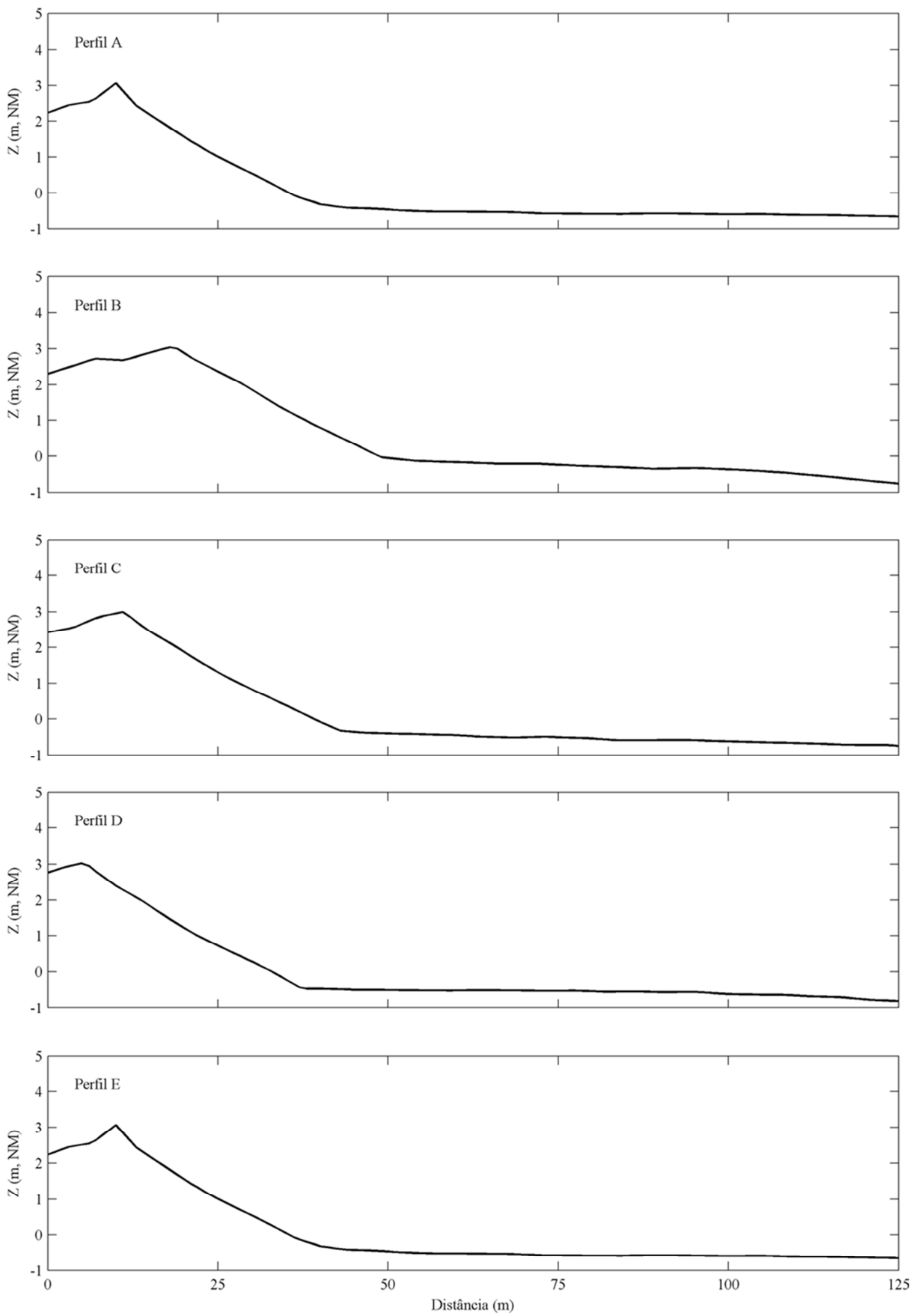


Figura 6 – Perfis transversais levantados em 2012 no âmbito do projeto MorFeed.

A praia do Alfeite tem um perfil transversal refletivo (Valente, 2006). O raso de maré é bastante extenso, quase horizontal e encontra-se a 0.5 m abaixo do nível médio do mar, enquanto a berma tem uma inclinação suave entre 5° a 10° e encontra-se acima do nível médio. Em todos os perfis medidos verificam-se estas características tanto ao longo dos anos de medição como longitudinalmente ao longo da praia. Na zona superior da praia, foram também registadas a formação de pequenas escarpas. Estas estão associadas a eventos de agitação local com valores superiores ao registo normal do estuário e o seu posicionamento vertical no perfil transversal.

Como já mencionado anteriormente, os perfis medidos não têm precisamente a mesma localização e a mesma discriminação espacial, essencialmente na zona superior do perfil, entre os vários estudos de monitorização. Terá que se ter em conta este facto na comparação entre os vários perfis.

## **2.2 Levantamento topo-hidrográfico da restinga do Alfeite**

No âmbito da elaboração do Plano de Ordenamento do Estuário do Tejo (POE Tejo), a ARH-Tejo realizou um levantamento topo-hidrográfico de toda a margem estuarina em 2011. Num protocolo assinado entre a ARH-Tejo e o projeto MorFeed foram cedidos os dados deste mesmo levantamento. No caso da restinga do Alfeite a localização dos dados topo-hidrográficos encontram-se na Figura 7. O respetivo Modelo Digital de Terreno (MDT), construído com base neste levantamento, encontra-se na Figura 8.

A restinga do Alfeite tem um comprimento de 2600 m e uma largura máxima de 750 m. Ao longo da sua extensão é uma área relativamente plana, com uma altura média de 4 m acima do nível médio do mar e uma cota máxima de 6 m. As zonas mais elevadas da restinga encontram-se ao longo da berma de praia, na ponta mais a Este, a ponta dos Corvos e na parte mais posterior da restinga, junto ao sapal.



Figura 7 – Extensão do levantamento topo-hidrográfico da ARH-Tejo.

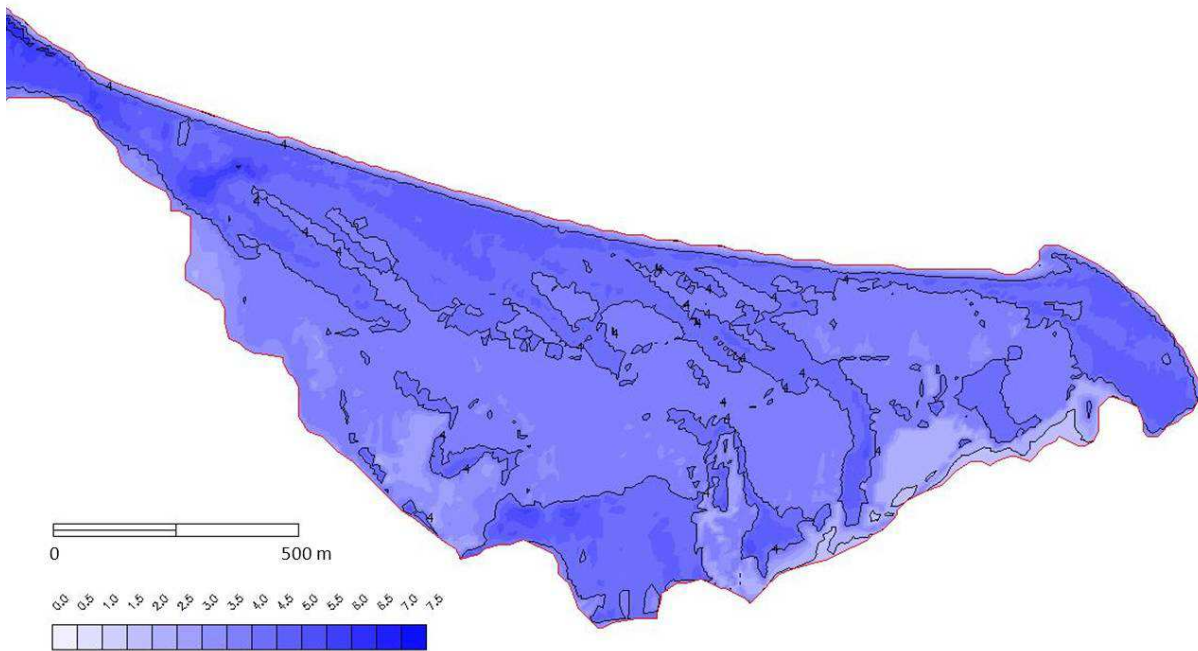


Figura 8 – Modelo Digital de Terreno (MDT) da restinga do Alfeite com base no levantamento da ARH-Tejo.

### 2.3 Análise da evolução da praia do Alfeite

Foram efetuadas comparações entre os vários perfis coincidentes. Calculou-se a variação entre o perfil inicial e os restantes perfis de cada estudo de monitorização. Nas figuras seguintes apresenta-se para cada perfil o resultado da comparação dos vários levantamentos (em diferença altimétrica).

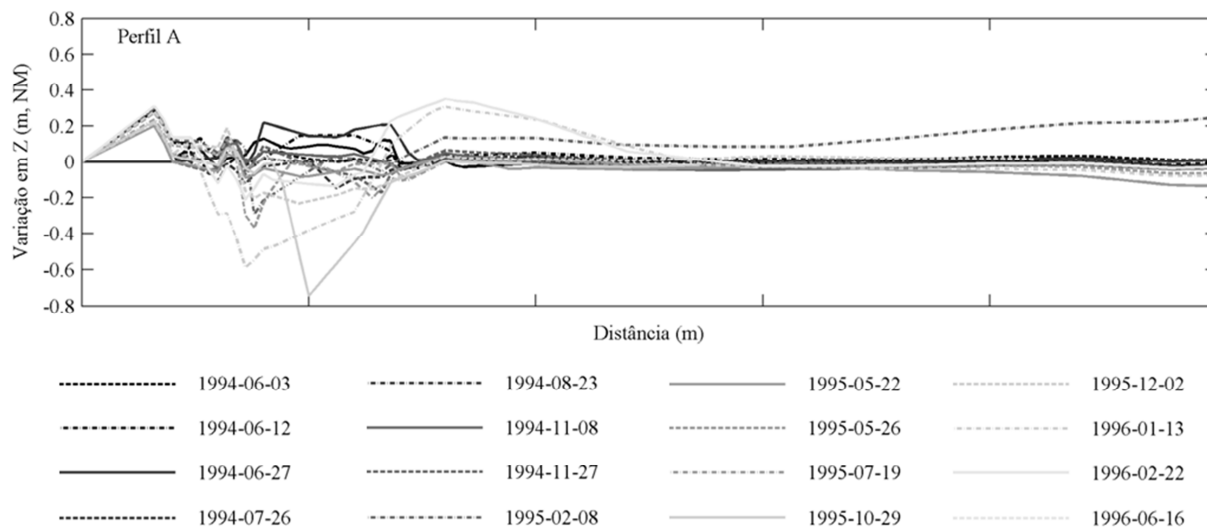


Figura 9 – Evolução do perfil A entre 1994 e 1996 (Freire, 2003).

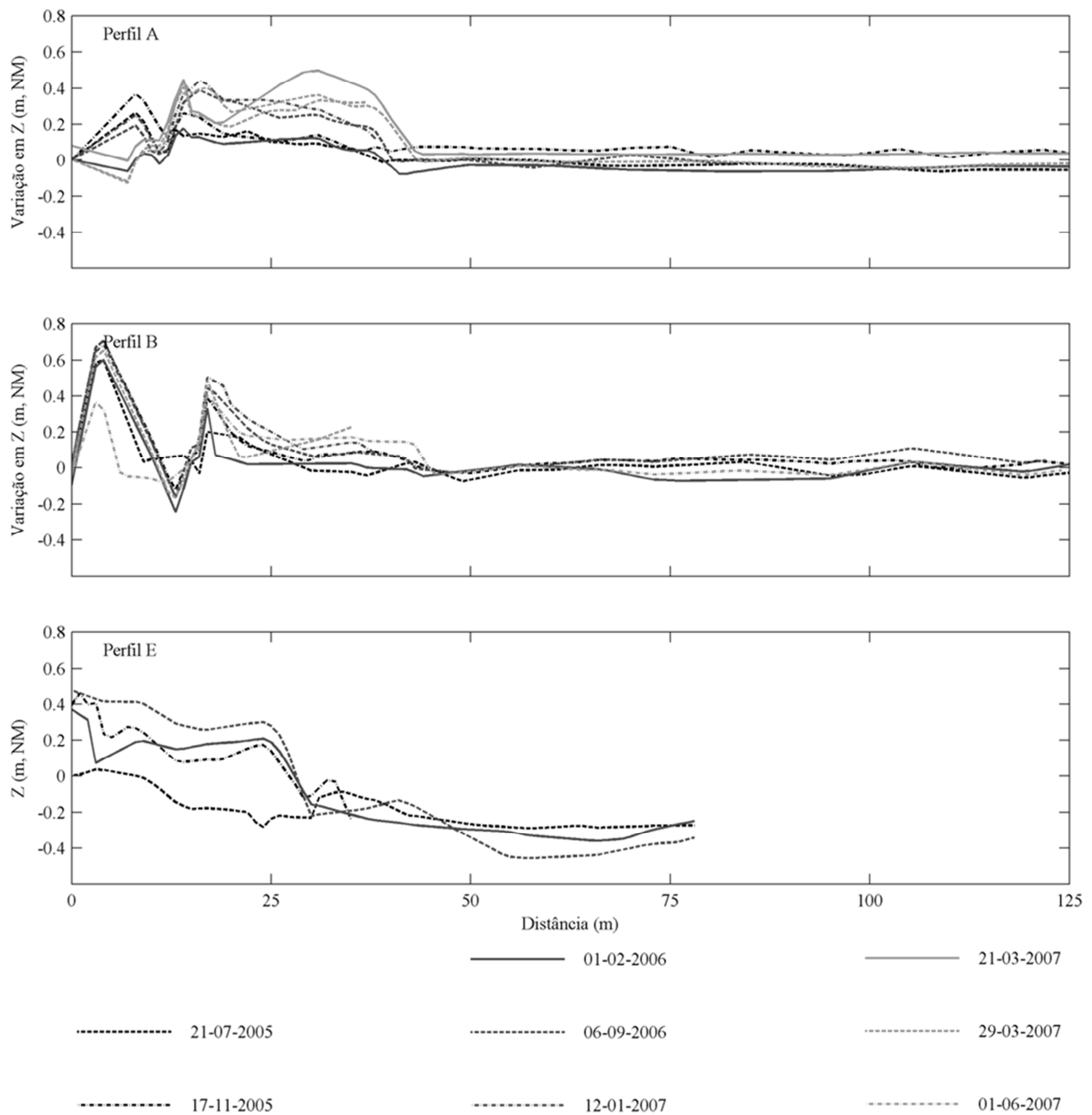


Figura 10 – Evolução dos perfis A, B e E entre 2005 e 2007 (projeto BERNA).

Entre o projeto BERNA e o projeto MorFeed existem dois perfis coincidentes em planimetria: perfis B e C com os perfis B e E, respetivamente. Nas figuras seguintes encontra-se a comparação entre estes perfis.

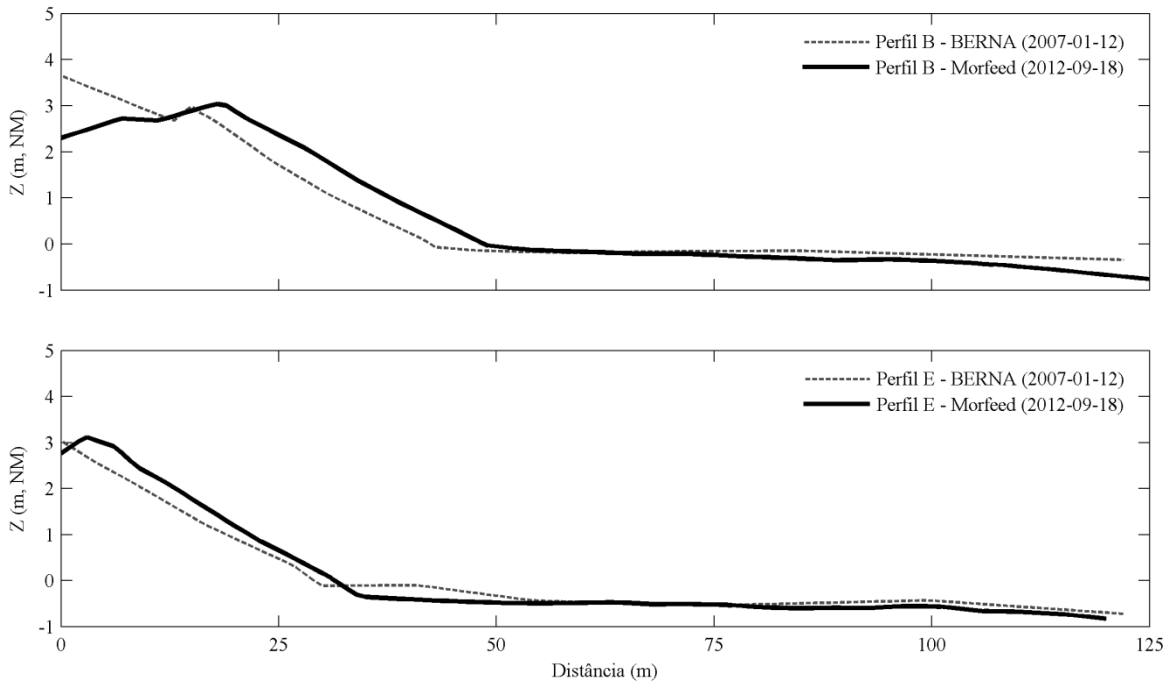


Figura 11 – Comparação entre os perfis com a mesma localização entre o projeto BERN A e o projeto MorFeed.

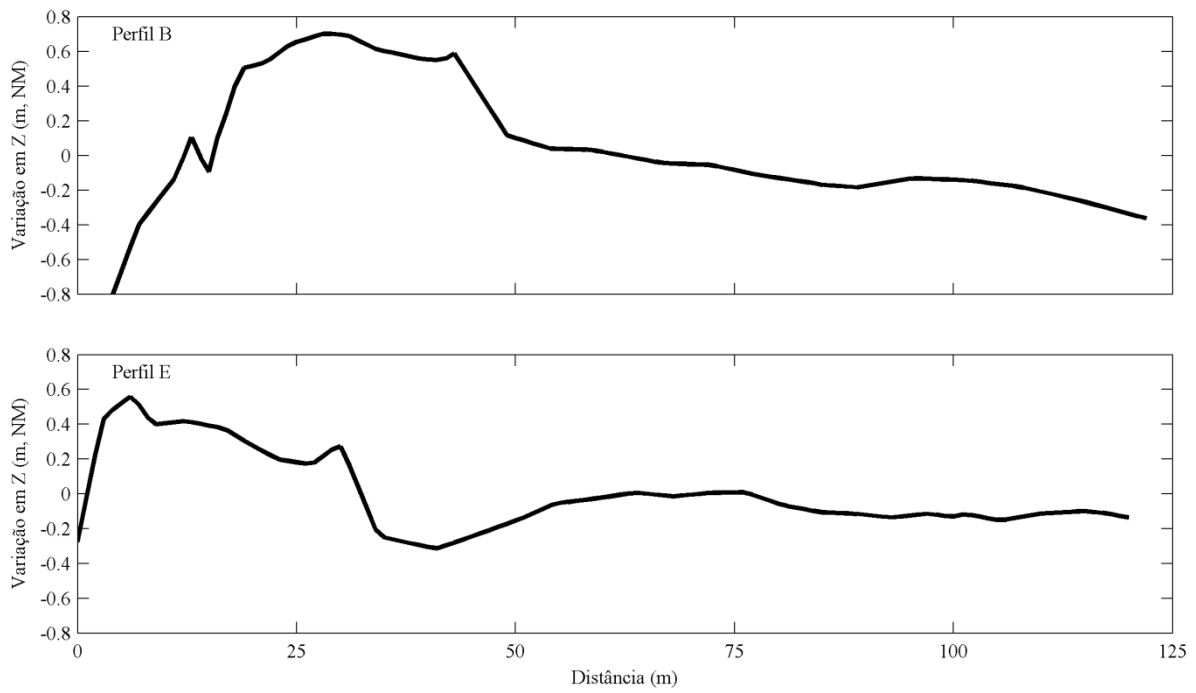


Figura 12 – Variação da variável z entre os perfis do projeto BERN A e o projeto MorFeed.

As praias estuarinas são consideradas zonas em equilíbrio, onde apenas ocorrem alterações rápidas quando associadas a eventos climáticos extremos ou a intervenções humanas na orla estuarina. Em todos os trabalhos efetuados na praia do Alfeite, verificou-se que esta é uma área que se encontra estável, e as alterações de curto- e médio-prazo que se sucederam na linha de costa estão associadas a intervenção humana.

A análise dos dados topográficos sugere que ocorreu transporte de sedimentos ao longo dos 50 m iniciais do perfil transversal, ou seja do topo de praia para o início do terraço de praia e vice-versa. A formação de pequenas escarpas na zona superior da praia está associada a eventos de agitação mais elevados do que o registo mais regular, durante a preia-mar, sendo que a localização destas escarpas no perfil está relacionada com o nível da água durante estes eventos. Entre 1994 e 1996 foram medidos no total 17 perfis (Perfil A – Figura 1 e Figura 4), em que o intervalo de medições permitiu verificar que em poucos dias a praia do Alfeite recupera rapidamente o seu perfil de equilíbrio, devido à ação do vento e da agitação local com menor intensidade.

Durante o projeto BERNA foram monitorizados três perfis transversais na praia do Alfeite: Perfil A, B e E, entre 2005 e 2007 (Figura 5). Durante este trabalho verificou-se mais uma vez a estabilidade da praia do Alfeite e a ausência das variações sazonais características de praias oceânicas. Comparando os perfis entre si, a análise sugere uma maior variabilidade no perfil E e menor no perfil A. Isto deve-se à localização, já que o perfil A encontra-se mais protegido pelo banco de areia.

No âmbito do Projeto MorFeed realizou-se uma campanha no âmbito da qual foram medidos 5 perfis transversais (Figura 6). Comparados entre si os perfis revelam ser semelhantes, apresentando o mesmo perfil de equilíbrio característico da praia do Alfeite.

Entre o projeto BERNA e o projeto MorFeed existem apenas dois perfis coincidentes na sua localização: perfis B e E. Quando comparados entre si, a análise sugere que, a uma escala temporal média, houve uma acumulação de sedimentos resultando num avanço positivo na linha de costa. Esta tendência foi também verificada através da análise de mapas e fotografias aéreas durante o projeto BERNA, principalmente associada a ações antrópicas.

Para uma escala temporal curta, e como descrito em projetos anteriores, as alterações morfológicas registadas na praia do Alfeite são pouco significativas. As grandes alterações estão associadas a eventos extremos que ocorrem com uma baixa frequência (Valente, 2006). Apesar de ser um sistema com uma certa fragilidade, têm uma recuperação rápida a essa escala temporal.

### **3. Conclusões**

Apesar das ligeiras diferenças morfológicas que se constataram entre os levantamentos topográficos realizados entre 1994 e 2012, a praia do Alfeite mantém em geral perfis de geometria estável. Este estudo vem reforçar os estudos anteriores, onde se concluiu que a praia do Alfeite é uma praia estável e que apenas quando submetida a eventos extremos sofre alterações morfológicas unicamente na zona da face de praia. A análise sugere que existe um pequeno avanço da linha de costa na zona central e oeste da praia, contudo não existem dados suficientes para sustentar esta afirmação.



## 4. Referências

### Teses

Freire, P. (2003) Evolução Morfo-Sedimentar de Margens Estuarinas. Estuário do Tejo, Portugal. Tese de Doutoramento apresentada à Universidade de Lisboa, LNEC, TPI 28, 380 pp.

Valente, C. (2006), "Evolução morfo-sedimentar de praias estuarinas". Relatório de estágio do curso Pós-Graduado de Especialização em Geologia Aplicada, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.

### Relatórios do projeto BERNA

Silva, A., Remédio, A., Mendes, T., Taborda, R., Freire, P., 2005a. Campanha BERNA I - 12/04/2005. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Áreas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Abril de 2005, 18 pp, 2005.

Silva, A., Carrasco, A. R., Remédio, A., Mendes, T., Taborda, R., Freire, P., 2005b. Campanha BERNA II - 21/07/2005. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Áreas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Julho de 2005, 29 pp, 2005.

Silva, A., Valente, C., 2005c. Campanha BERNA III - 07/11/2005. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Areas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Novembro de 2005, 11 pp, 2005.

Silva, A., Taborda, R., Freire, P., Valente, C., 2005d. Campanha BERNA IV - 17/11/2005. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Áreas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Novembro de 2005, 14 pp, 2005.

Silva, A., Taborda, R., Freire, P., 2006a. Campanha BERNA V - 29/01/2006. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Áreas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Fevereiro de 2006, 15 pp, 2006.

Silva, A., Freire, P., Valente, C., 2006b. Campanha BERNA VI – 01/02/2006. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Áreas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Fevereiro de 2006, 11 pp, 2006.

Silva, A., Taborda, R., Freire, P., Valente, C., 2006c. Campanha BERNA VII – 15/05/2006. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Áreas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Junho de 2006, 14 pp, 2006.

Silva, A., Taborda, R., Freire, P., 2006d. Campanha BERNA VIII – 06/09/2006. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Areas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Setembro de 2006, 11 pp, 2006.

Silva, A., Taborda, R., 2006e. Campanha BERNA X – 09/10/2006. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Areas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Outubro de 2006, 12 pp.

Silva, A., Taborda, R., Freire, P., Vargas, C., 2006f. Campanha BERNA XI – 07/11/2006. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Areas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Dezembro de 2006, 14 pp.

Silva, A., Taborda, R., Freire, P., 2007a. Campanha BERNA XIII - 12/01/2007. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Areas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Janeiro de 2007, 12 pp.

Silva, A., Taborda, R., 2007b. Campanha BERNA XIV - 21/03/2007. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Areas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Novembro de 2007, 15 pp.

Silva, A., Taborda, R., Freire, P. 2007c. Campanha BERNA XV - 29/03/2007. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Areas of Restricted *Fetch*: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Novembro de 2007, 13 pp.

Silva, A., Taborda, R., Freire, P., Catalão, J. 2007d. Campanha BERNA XVI - 01/06/2007. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Areas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Novembro de 2007, 15 pp.

Taborda, R., Freire, P. 2007a. Campanha BERNA XVII- 09/07/2007. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Areas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Julho de 2007, 9 pp.

Taborda, R., Silva, A., Freire, P. 2007b. Campanha BERNA XVIII - 11/07/2007. Relatório do projeto BERNA: Beach Evolution in Areas of Restricted Fetch: Experimental and Numerical Analysis. GEOFCUL, LNEC, Lisboa, Julho de 2007, 13 pp.

Freire, P., Oliveira, F.S.B.F., Valente, C., Vargas, C., Fortes, C., Capitão, R., Santos, J.A., Coli, A., Taborda, R., Silva, A.M., Ferreira, Ó, Carrasco, A. R., Matias, A.M., Garcia, T., Pacheco, A., 2008. BERNA: Evolução de Praias em Zonas de Fetch Restrito: Análise Experimental e Numérica, Relatório Final. Relatório de Execução Material, Lisboa, Julho 2008, 115 pp.

#### **Relatórios do projeto Morfeed**

Rilo, A., Guerreiro, M. e Oliveira, F.S.B.F., 2012. Campanha MORFEED X – 18/09/2012. Relatório técnico do projeto MORFEED: Morphodynamic feedback of estuarine margins to climate change. LNEC, Lisboa, Setembro, 2012, 8 pp.