



CRIAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO NO LITORAL ABRANGIDO PELA ÁREA DE JURISDIÇÃO DA ADMINISTRAÇÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TEJO

Estudo da Lagoa de Albufeira

Relatório e mapa de perímetro de manchas de dragagem

Entregável 3.4.2.a

Junho 2013





Centro de
Geologia

INSTITUTO
DOM LUIZ

CRIAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO NO LITORAL ABRANGIDO PELA ÁREA DE JURISDIÇÃO DA ADMINISTRAÇÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TEJO

Este relatório corresponde ao Entregável 3.4.2.a do projeto “Consultoria para a Criação e Implementação de um Sistema de Monitorização do Litoral abrangido pela área de Jurisdição da ARH do Tejo”, realizado pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), para a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. / Administração da Região Hidrográfica do Tejo (APA, I.P. /ARH do Tejo).

AUTORES

Maria da Conceição Freitas ^{(1), (2)}

César Freire de Andrade ^{(1), (2)}

Sandra Moreira ^{(1), (2)}

⁽¹⁾ Departamento de Geologia (FCUL)

⁽²⁾ Centro de Geologia da Universidade de Lisboa



REGISTO DE ALTERAÇÕES		
Nº Ordem	Data	Designação
1	Junho de 2013	Versão inicial

Componentes do estudo da Lagoa de Albufeira

3 Estudo da Lagoa de Albufeira

3.1 Estudo da dinâmica da barra de maré e das suas relações com a agitação marítima incidente e as marés

- 3.1.1 Levantamentos topo-hidrográficos da barreira e sistema lagunar em situação de barra fechada

Entregável 3.1.1.a Batimetria de todo o sistema lagunar

- 3.1.2 Levantamentos topo-hidrográficos da área mais próxima do canal de maré após a abertura da barra

Entregável 3.1.2.a Topo-hidrografia da área próxima do canal

- 3.1.3 Cartografia das modificações morfológicas da secção da barra de maré

Entregável 3.1.3.a Cartas de diferenças entre levantamentos sucessivos

- 3.1.4 Avaliação das características e modificações geométricas da secção da barra ao longo da sua existência

Entregável 3.1.4.a Perfis topográficos da secção da barra da Lagoa de Albufeira

- 3.1.5 Estudo das relações entre morfologia da barra de maré e magnitude do prisma de maré lagunar, e

- 3.1.6 Caracterização da evolução morfodinâmica da embocadura através de modelação

Entregável 3.1.5.a e 3.16.a Morfodinâmica da embocadura da Lagoa de Albufeira

- 3.1.7 Caracterização da hidrodinâmica e das trocas entre a laguna e o mar

Entregável 3.1.7.a Caracterização das trocas entre a Lagoa de Albufeira e o mar com o modelo ELCIRC e cálculo dos tempos de residência para várias configurações da embocadura

- 3.1.8 Medição das correntes de maré na barra

Entregável 3.1.8.a Séries temporais de dados de velocidade de corrente integrada na coluna de água, séries temporais de valores de velocidade de escoamento superficial

- 3.1.9 Integração dos dados: modelo do comportamento morfodinâmico da barra de maré da Lagoa de Albufeira e estabelecimento das condições favoráveis à abertura da barra de maré

Entregável 3.1.9.a Síntese do comportamento morfodinâmico da barra de maré da Lagoa de Albufeira, incluindo relações empíricas específicas deste sistema e orientações conducentes à maximização da eficácia das trocas de água entre a laguna e o oceano em cada abertura artificial

3.2 Estudo e caracterização da qualidade da água no espaço lagunar baseada em parâmetros físico-químicos e biológicos (macroinvertebrados bentónicos, fitoplâncton, peixes, macrófitas)

- 3.2.1 Monitorização dos parâmetros físico-químicos *in situ* e análises laboratoriais

- 3.2.1.1 Monitorização dos parâmetros físico-químicos *in situ*

*Entregável 3.2.1.1.a Parâmetros físico-químicos medidos *in situ* na Lagoa de Albufeira*

- 3.2.1.2 Análises laboratoriais

Entregável 3.2.1.2.a Análises laboratoriais da água da Lagoa de Albufeira

- 3.2.1.3 Monitorização da qualidade da água das ribeiras

Entregável 3.2.1.3.a Qualidade da água das ribeiras afluentes à Lagoa de Albufeira

- 3.2.2 Monitorização dos parâmetros biológicos

- 3.2.2.1 Biomonitorização das ribeiras (qualidade da água e grau de stress)

Entregável 3.2.2.1.a Dados de poluentes e parâmetros fisiológicos das ribeiras afluentes à Lagoa de Albufeira

- 3.2.2.2 Monitorização do fitoplâncton

Entregável 3.2.2.2.a Dados da monitorização do fitoplâncton na Lagoa de Albufeira

- 3.2.2.3 Monitorização do estado da flora e da vegetação na Lagoa de Albufeira e zona envolvente

Entregável 3.2.2.3 Relatário com o estado da flora e da vegetação na Lagoa de Albufeira e zona envolvente

Entregável 3.2.2.3.a Lista das unidades de vegetação representativas da Lagoa de Albufeira e zona envolvente

Entregável 3.2.2.3.b Lista com a composição florística de cada unidade de vegetação

Entregável 3.2.2.3.c Lista de espécies da Diretiva Habitat ou por outros motivos relevantes para a conservação

Entregável 3.2.2.3.d Lista anotada das ameaças identificadas para a vegetação da Lagoa de Albufeira e zona

envolvente

Entregável 3.2.2.3.e Índices QBR

Entregável 3.2.2.3.f Dados e gráficos de síntese de biomassa e parâmetros fisiológicos das macrófitas

3.2.2.4 Caracterização da comunidade bentónica

Entregável 3.2.2.4.a Dados de caracterização da comunidade bentónica

3.2.2.5 Caracterização da comunidade de peixes

Entregável 3.2.2.5.a Dados de caracterização da comunidade de peixes

3.2.3 Integração de toda a informação obtida

Entregável 3.2.3.a Síntese das características físico-químicas do hidrossoma lagunar e das características biológicas do sistema

3.3 Estudo da capacidade de suporte do sistema lagunar face à atividade de miticultura ali instalada

3.3.1 Monitorização da qualidade dos sedimentos do fundo lagunar

Entregável 3.3.1.a Contrastes texturais e composicionais decorrentes da atividade da miticultura e cartografia dos parâmetros analisados

3.3.2 Monitorização do fitoplâncton

Entregável 3.3.2.a Monitorização do fitoplâncton

3.3.3 Monitorização dos invertebrados bentónicos

Entregável 3.3.3.a Avaliação da influência das plataformas de mexilhão na comunidade bentónica

3.3.4 Estudo da componente parasitológica

Entregável 3.3.4.a Relação entre a comunidade de macroparasitas e indicadores parasitológicos, e sua influência no sistema lagunar

3.3.5 Integração da monitorização dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso

Entregável 3.3.5.a Monitorização dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso

3.3.6 Definição da capacidade de carga da Lagoa de Albufeira para a miticultura

Entregável 3.3.6.a Definição da capacidade de carga da Lagoa de Albufeira para a miticultura

3.4 Definição das zonas de dragagem das áreas assoreadas

3.4.1 Comparação de levantamentos topo-hidrográficos

Entregável 3.4.1.a Carta de diferenças topo-hidrográficas: zonas assoreadas/erodidas

3.4.2 Definição da volumetria e da área a dragar

Entregável 3.4.2.a Relatório e mapa de perímetro de manchas de dragagem

3.4.3 Realização de sondagens nas áreas a dragar

Entregável 3.4.3.a Localização e logs das sondagens, boletins dos resultados analíticos e interpretação quanto ao grau de contaminação dos sedimentos

3.4.4 Caracterização e comparação da hidrodinâmica da lagoa em diferentes configurações

Entregável 3.4.4.a Contribuição para a definição das dragagens da embocadura da Lagoa de Albufeira

3.4.5 Estudo de incidências ambientais nos fatores bióticos e abióticos

Entregável 3.4.5.a Estudo de incidências ambientais nos fatores bióticos e abióticos; matrizes de impacto

3.5 Definição dos locais de deposição dos dragados

3.5.1 Avaliação de alternativas para a colocação de dragados de natureza vasosa

Entregável 3.5.1.a Avaliação de alternativas para a colocação de dragados de natureza vasosa; mapas de deposição dos dragados

3.5.2 Avaliação de alternativas para a colocação dos dragados de natureza arenosa

Entregável 3.5.2.a Avaliação de alternativas para a colocação dos dragados de natureza arenosa; mapas de deposição dos dragados

Índice

1	INTRODUÇÃO	9
2	LAGOA PEQUENA E CANAL DE LIGAÇÃO COM A LAGOA GRANDE	10
3	ZONA DA EMBOCADURA	13
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15



1 Introdução

A Lagoa de Albufeira está situada na orla ocidental da Península de Setúbal, no Concelho de Sesimbra, cerca de 20 km a sul de Lisboa. Ocupa atualmente em média uma superfície de aproximadamente 1.3 km² e apresenta uma geometria alongada com o eixo maior oblíquo relativamente à linha de costa, orientado SW-NE; tem um comprimento máximo de 3.5 km e uma largura máxima de 625 m.

A laguna é formada por dois corpos contíguos - a Lagoa Pequena (assim designada na toponímia local) e o corpo lagunar principal a Lagoa Grande - ambos ligados por um canal estreito, sinuoso e pouco profundo. A Lagoa Grande é constituída por dois corpos elípticos, separados por duas cúspides arenosas aproximadamente simétricas, localizadas em margens opostas, sendo a da margem direita dupla.

A Lagoa de Albufeira está separada do oceano por uma barreira arenosa soldada (na classificação de Davis e Fitzgerald, 2004) ancorada às praias adjacentes que com ela se alinham. A barreira apresenta orientação aproximada N-S, um comprimento de 1200 m e largura variável entre 610 m, a norte, e 430 m, a sul; é constituída por: (1) um cordão litoral propriamente dito, que engloba a praia formada por areias grosseiras, refletindo um nível energético elevado (Freitas *et al.*, 1992; Freitas e Andrade, 1994; Freitas, 1995), uma duna frontal em diferentes estádios de evolução/degradação e depósitos de galgamento ativos; e (2) por depósitos arenosos interiores (ver Entregável 3.1.2.a *Topo-hidrografia da área próxima do canal*) constituídos por bancos de areia amalgamados, originados pelo galgamento do cordão litoral em situação de barra fechada e por fragmentos de antigos deltas de enchente, acumulados em situação de barra aberta; os depósitos interiores, recortados por canais de maré ativos ou desativados, apresentam uma largura média de 250 m, verificando-se uma tendência para aumento significativo dessa largura e redução da profundidade, devido à captura de areias promovida pelos sucessivos episódios de reabertura/fecho da barra de maré (Freitas e Ferreira, 2004).

Com o intuito de evitar a eutrofização do hidrossoma lagunar, todos os anos se abre artificialmente uma barra de maré nos meses de março/abril. Atualmente é realizada uma empreitada de “abertura da lagoa ao mar”, em que se utilizam retroescavadoras e pás mecânicas para rasgar na barreira um canal de ligação ao mar, de dimensões relativamente pequenas e cuja cota de rasto é pouco inferior à do espelho de água lagunar. A barra deve alinhar-se com a zona mais profunda da laguna e localizar-se onde o perfil do sistema praia-duna seja mais curto, simples e com cotas mais baixas, de modo a facilitar o rompimento. A localização tem variado ao longo do tempo: os canais desativados localizados a norte são testemunhos de antigas aberturas e os canais ativos (atuais) posicionam-se a sul.

A ligação ao mar permanece durante um intervalo de tempo variável de poucos dias a vários meses, dependendo das condições oceanográficas, do estado inicial do corpo aquoso lagunar e da reorganização morfológica local do sistema barra de maré imediatamente após a operação

de reabertura. A barra fecha naturalmente (barra efémera), e caracteristicamente divaga a favor da corrente de deriva litoral.

A Lagoa de Albufeira recebe sedimentos:

1. do continente, por via fluvial e através da erosão das margens;
2. do mar, pela barra de maré em situação de barra aberta e por episódios de galgamento em situação de barra fechada.

Os materiais continentais são constituídos por mistura de areias e vasas, ficando as primeiras depositadas nas margens lagunares e nos leques aluviais enquanto as segundas viajam para os depocentros lagunares, quer na Lagoa Pequena, quer na Lagoa Grande. Os materiais marinhos são constituídos apenas por areias que se depositam na zona da embocadura sob a forma de deltas de enchente e leques de galgamento.

A Lagoa de Albufeira é o ambiente lagunar mais profundo do litoral português, com profundidades superiores a 10 m na Lagoa Grande; no entanto, quer a zona da embocadura, quer a Lagoa Pequena e ainda o canal de comunicação entre esta e a Lagoa Grande são as zonas mais assoreadas (ver Entregável 3.1.1.a *Batimetria de todo o sistema lagunar*).

O objetivo deste entregável é a definição de áreas a dragar, incluindo volumetrias e características geométricas de canais. Para facilidade de exposição, as áreas da embocadura e o canal de ligação entre a Lagoa Pequena e a Lagoa Grande e a Lagoa Pequena são apresentadas separadamente. Qualquer das alternativas aqui explanadas, carece de estudos posteriores e da apresentação de projetos de acordo com a legislação em vigor.

2 Lagoa Pequena e canal de ligação com a Lagoa Grande

De acordo com o levantamento topo-hidrográfico de 2010 (ver Entregável 3.1.1.a *Batimetria de todo o sistema lagunar*), a Lagoa Pequena é, na generalidade, pouco profunda (cotas de -2 m relativo ao nível médio do mar - NMM), apresentando maiores profundidades junto à margem sul (cotas de -6 m NMM); é possível que estes valores estejam algo sobrestimados nesta região onde, devido a razões de acessibilidade, a densidade das sondas foi reduzida.

A opção de dragar a Lagoa Pequena aumentaria a capacidade de retenção sedimentar nesta área, armadilhando sedimentos provenientes da bacia hidrográfica. Os impactos do aumento de profundidades na bacia mais distante da embocadura na hidrodinâmica lagunar, que se supõem pequenos, não se encontram porém devidamente avaliados. Por outro lado, as taxas de sedimentação que caracterizam aquele espaço (cerca de 7 mm/ano - Freitas e Ferreira, 2004; Cruces et al., 2005), são suficientemente reduzidas para diferir para um horizonte temporal distante uma situação de completa terrestrialização. Neste contexto, apesar de a Lagoa Pequena constituir um depocentro pouco profundo quando comparado com a Lagoa

Grande, não se encontram vantagens óbvias que justifiquem uma intervenção de dragagem. A este propósito, importa ter atenção aos usos do solo na bacia hidrográfica afluyente, a qual constitui fonte principal dos sedimentos que se acumulam na Lagoa Pequena. Também, a gestão da área da Lagoa da Estacada e do dique que separa esta zona palustre da área da Lagoa Pequena é muito relevante.

O canal de ligação entre a Lagoa Pequena e a Lagoa Grande tem cotas entre -2 e + 2 m (NMM), e maioritariamente acima do nível médio do mar. No entanto, a baixa resolução espacial das sondas, associada a uma coluna de água pequena e a secção estreita, pode ter influenciado igualmente a qualidade da interpolação batimétrica. Este estrangulamento que liga a Lagoa Grande à Lagoa Pequena pode ficar praticamente seco em baixa-mar quando a barra está aberta, impossibilitando a navegação, mesmo por barcos de pequena dimensão e desprovidos de quilha, embora subsista sempre um canal muito estreito que assegura a conexão hidráulica.

Esta conexão hidráulica é visível no registo da maré efetuado nos transdutores de pressão colocados em simultâneo em três pontos da laguna (**Figura 1**). Efetivamente, não há diferenças significativas de níveis entre a Lagoa Grande e a Lagoa Pequena (**Figura 2**), mostrando que a dissipação da maré entre as duas partes da laguna é desprezável. Também, a renovação da água lagunar na Lagoa Pequena é efetuada em poucos dias.

Neste contexto, a melhoria da conexão entre os dois corpos lagunares não é indispensável, mas pode ajudar as trocas de massa e facilitar a navegação. Para este efeito, considerou-se a opção de ligação dos fundos da Lagoa Grande e da Lagoa Pequena à cota -2 m (NMM). Assim, definiu-se a área a intervencionar representada na **Figura 3**. Em ambiente ArcGIS, utilizando o modelo digital de elevação (MDE) de 2010 (ver Entregável 3.1.1.a *Batimetria de todo o sistema lagunar*) e a ferramenta *Volume Surface*, calculou-se a superfície envolvida – cerca de 63000 m² – e a volumetria a dragar - 180000 m³.



Figura 1. Localização dos transdutores de pressão na Lagoa de Albufeira.

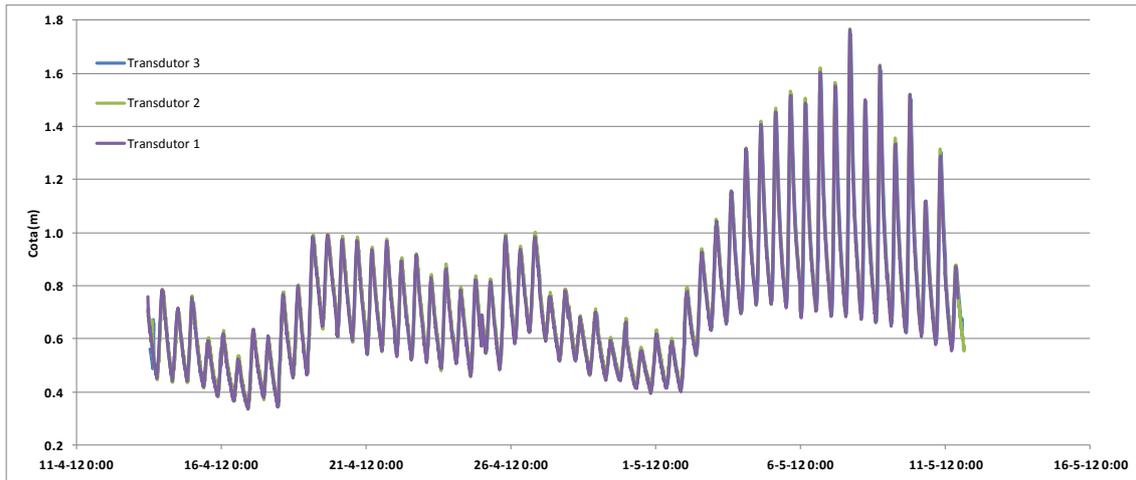


Figura 2. Níveis medidos em simultâneo na lagoa Grande e na lagoa Pequena em abril/maio de 2012. As três linhas (a azul, verde e roxo) correspondem às estações identificadas na Figura 1.

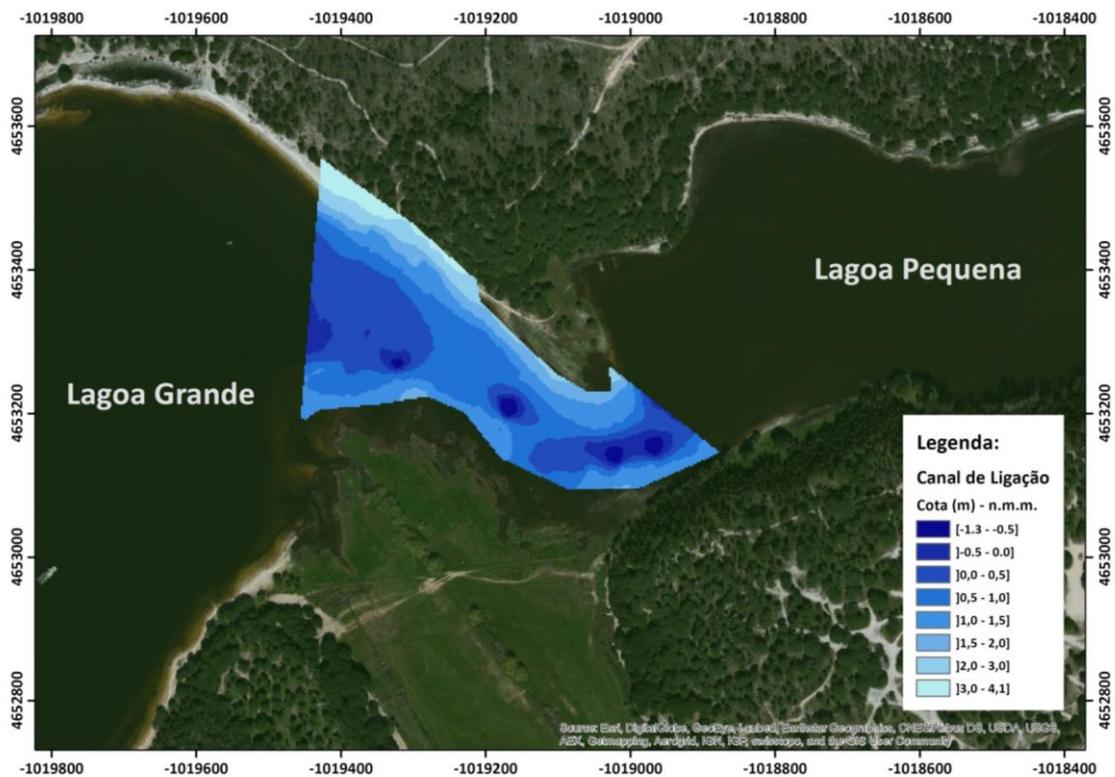


Figura 3. Batimetria do canal de ligação entre a Lagoa Pequena e a Lagoa Grande em 2010.

3 Zona da embocadura

Em 2013, a superfície dos bancos interiores desenvolvia-se essencialmente desde o nível médio do mar até 0.5 m cima desta referência (ver Entregável 3.4.1.a *Carta de diferenças topohidrográficas: zonas assoreadas/erodidas*). A comparação com o MDE de 1998, efetuado pouco tempo depois de uma operação de dragagem nesta área da laguna, sugere alterações pouco significativas neste intervalo temporal, com redistribuição de sedimentos erodidos nos canais mais recentes para colmatação de canais mais antigos (**Figura 4**).

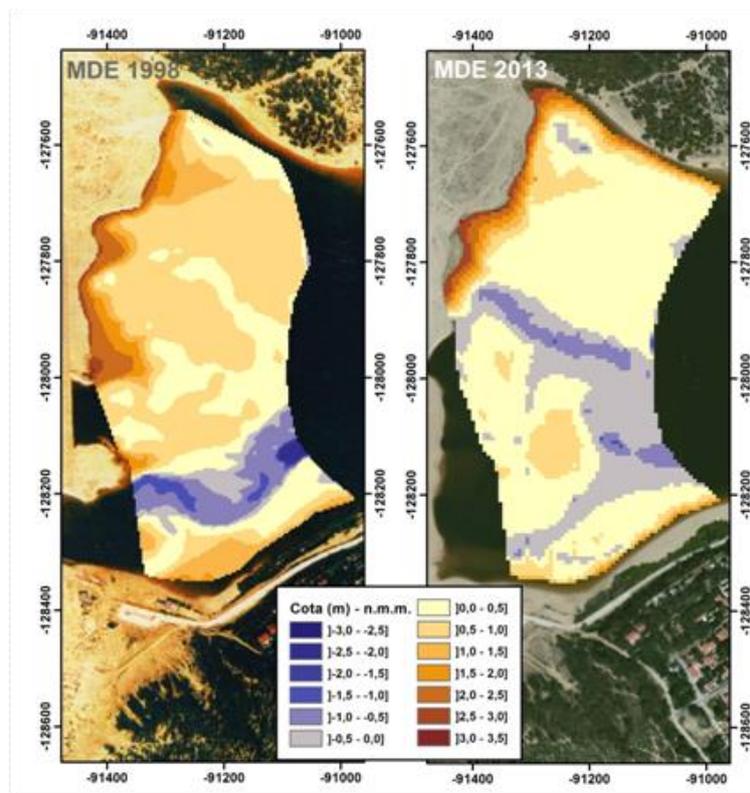


Figura 4. Comparação entre os Modelos Digitais de Elevação (MDE) os depósitos interiores da Lagoa de Albufeira 1998 e 2013.

As simulações efetuadas para análise de possíveis intervenções visando melhorar a comunicação entre a Lagoa de Albufeira e o mar, aumentando o período em que a barra se mantém ativa após a sua abertura (ver Entregável 3.4.4.a *Contribuição para a definição das dragagens da embocadura da Lagoa de Albufeira*), sugerem como melhor solução a reaproximação da duna ao seu estado morfológico natural por redução da sua altura. Os resultados mostraram que esta intervenção conduziria a aberturas mais largas, maiores amplitudes e prismas de maré, e, em consequência, a uma embocadura mais estável.

A duna artificial construída em 1996 está a ser erodida a um ritmo elevado em épocas de migração da barra para norte e é hoje muito menos extensa (ver Entregável 3.1.2.a *Topo-*

hidrografia da área próxima do canal). Também, o estudo da morfodinâmica sazonal da barra de maré valida estas conclusões: os elementos disponíveis sugerem que a eficácia das trocas de massa veiculadas pela barra de maré e a sua longevidade seriam incrementadas se aquele aterro fosse removido e a configuração geomorfológica da barreira devolvida à condição natural. A extrapolação linear das taxas de encurtamento da duna artificial observadas no passado recente, sugerem que os processos naturais de divagação e reorganização morfodinâmica da embocadura de maré durante os ciclos de barra aberta serão capazes de produzir esse efeito nos próximos 10 a 15 anos, pelo que não se justifica considerar intervenções de correção.

Embora não se entenda como premente a concretização de uma intervenção de dragagem nos depósitos interiores da Lagoa de Albufeira, considerou-se esta opção neste estudo. Na **Figura 5** representa-se a delimitação dos polígonos interessados na operação de dragagem.

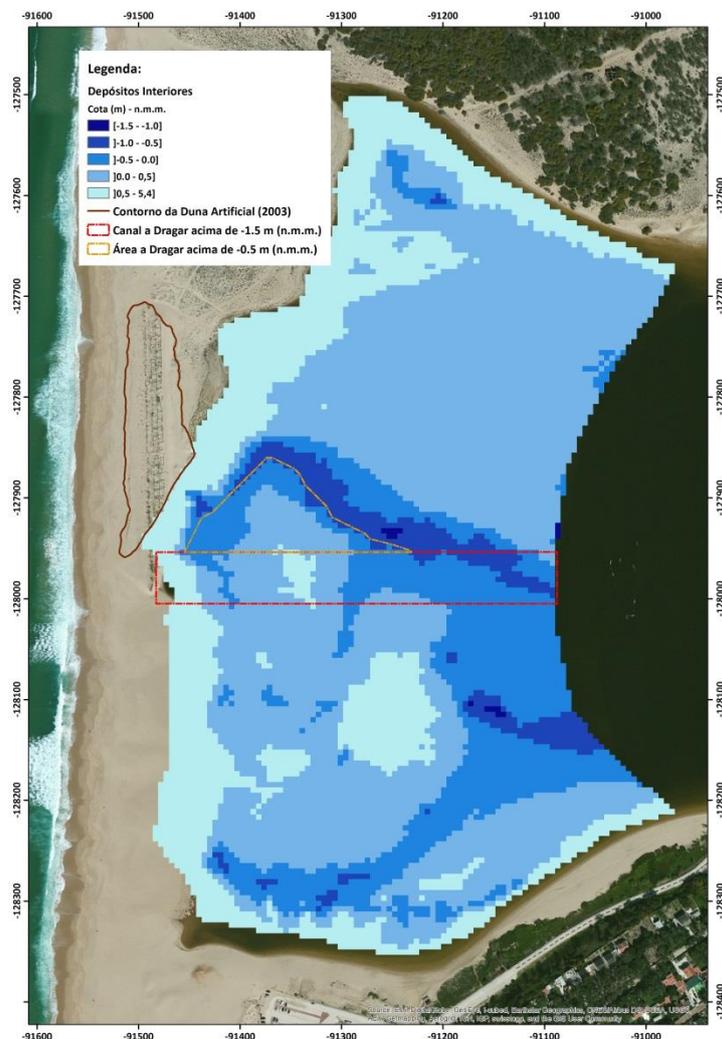


Figura 5. Implantação no Modelo Digital de Elevação (MDE) de 2013 dos polígonos (canal e área complementar) a dragar.

Um dos polígonos corresponde a um canal retilíneo com 55 m de largura por 390 m de comprimento, para assegurar conexão entre o tardoz da barreira e o domínio mais profundo da Lagoa Grande. Este canal seria desassoreado para garantir uma cota de rasto de -1.5 m (NMM) ao longo de todo o seu comprimento. O outro polígono, com contorno aproximadamente triangular, constitui uma área complementar de rebaixamento, com o objetivo de remover o obstáculo topográfico constituído por um delta de enchente e nivelar os fundos a -0.5 m (NMM).

A superfície envolvida na escavação do canal corresponde a cerca de 18000 m² e o volume de desassoreamento orça por 28000 m³. No que respeita à área complementar, a superfície é de 8100 m² e o volume de desassoreamento estimado é de 4000 m³.

4 Referências bibliográficas

- Cruces, A., Freitas, M.C., Andrade, C., Araújo, M. F., Jouanneau, J.M. 2005. Caracterização geoquímica dos sedimentos da Lagoa de Albufeira (Portugal) e utilização de radionuclídeos (²¹⁰Pb e ¹³⁷Cs) na determinação de taxas de sedimentação. Actas, XIV Semana de Geoquímica e VIII Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Vol. 2, 607-610.
- Davis, R. e Fitzgerald, D. 2004. Beaches and coasts. Blackwell Science, 419 pp.
- Freitas, M.C. 1995. A Laguna de Albufeira (Península de Setúbal) – Sedimentologia, Morfologia e Morfodinâmica. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a Obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Geologia do Ambiente. Lisboa, 337 pp.
- Freitas, M.C. e Andrade, C. 1994. Tidal inlet evolution and hydraulic characteristics at Albufeira lagoon. Proceedings, Littoral 94 - Eurocoast - Second International Symposium, vol. I, 257-271.
- Freitas, M.C., Andrade, C. e Jones, F. 1992. Recent evolution of Óbidos and Albufeira coastal lagoons. Proceedings, International Coastal Congress, ICC'92, Kiel, 167-186.
- Freitas, M.C. e Ferreira, T. 2004. Lagoa de Albufeira. Geologia. Instituto da Conservação da Natureza, Centro de Zonas Húmidas, 11-52.