

Evolução recente da baía do Portinho da Arrábida: Contributos da geologia para uma correta gestão ambiental

Recent evolution of Portinho da Arrábida bay: Geology contribution to a correct environmental management

Luís Rebêlo¹, Sílvia Nave²

¹ Unidade de Geologia, Hidrogeologia e Geologia Costeira - Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Email: luís.rebelo@lneg.pt

² Unidade de Geologia, Hidrogeologia e Geologia Costeira - Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Email: silvia.nave@lneg.pt

RESUMO: A Praia do Portinho da Arrábida é reconhecida, desde há muito, como uma das praias portuguesas de maior beleza natural. A evolução geológica, com alterações significativas na dimensão do areal e na qualidade dos sedimentos levaram a que o ambiente de praia se tenha degradado significativamente nos últimos anos. Em paralelo com as alterações geológicas, têm ocorrido transformações na ocupação e na utilização do espaço que se têm revelado como erros de gestão territorial. De forma a compreender melhor os processos envolvidos nesta faixa costeira, fez-se uma pesquisa do historial das alterações recentes ocorridas na baía, enquadrando-as do ponto de vista geológico, e identificando os problemas existentes.

A análise da evolução da baía do Portinho da Arrábida mostra que o areal diminuiu de forma acentuada, desde o início do século passado, sendo a situação atual caracterizada por uma escassez de areia que reduz significativamente a qualidade balnear da mesma. A dimensão da praia diminuiu notavelmente, sendo que o seu comprimento está reduzido a 37% e a sua área a 43% do valor que outrora apresentaram. Acresce que a percentagem relativa de calhaus na face da praia aumentou, sendo frequente que parte significativa dos restantes 37% de praia se encontre coberta por material grosseiro na zona intertidal. A tendência erosiva tem-se mantido, e o recuo da linha de costa, embora lento, começa já a atingir a duna localizada no extremo oeste da Praia do Creiro.

Indicadores geológicos apontam para que as variações na quantidade de areia na baía do Portinho possam ser encaradas

como um fenómeno natural. No entanto, e devido à estreita ligação da praia com o delta do Sado, as ações de fixação do canal de navegação e da sua dragagem promovem alterações na dinâmica do delta, podendo ter consequências negativas na dimensão da praia.

Pretende-se que a análise efetuada neste trabalho constitua um contributo para encontrar soluções para os problemas existentes, de modo que as futuras intervenções na área possam, de forma integrada, anular e/ou minorar os efeitos das alterações naturais e pressões antrópicas a que a baía tem estado sujeita.

Palavras-chave: Portinho da Arrábida; erosão costeira; Portugal

ABSTRACT: The Portinho da Arrábida beach has long been recognized as one of the most beautiful Portuguese seashores. Geological evolution, with recent significant changes in beach size and sediment quality, led to a decline of beach environment. In parallel with geological changes, significant modifications occurred in relation to the land use and occupation density, in accordance with an absent or inadequate land management. In order to improve the understanding of the coastal processes in this area, a review of the short-term geological and geographic changes that occurred in the bay were made, and major problematic issues were identified.

Old historical postcards and photos were used to infer the coastline position in the beginning of the last century and the analysis of the evolution of Portinho da Arrábida bay shows that the amount of sand has dropped considerably since then. Presently, there is a shortage of sand with negative effects on the beach quality. The beach size decreased significantly, remaining only 43% of its area and 37% of its length. In addition, the relative percentage of pebbles on the beach face has increased, and a significant part of the remaining 37% of the beach is often covered by coarse material in the intertidal zone. The erosive trend has been maintained, and the retreat of the coastline, although slow, already started to reach the dune at the western part of the Creiro beach.

Geological indicators suggest that the sand volume variations in Portinho da Arrábida bay are related to a natural trend. However, due to the close relationship of the beach with the Sado delta, the maintenance of the navigation channel and the associated dredging, promote changes in the delta dynamics that may play a negative role on the beach size.

This work intends to be a contribution to improve the knowledge of Portinho da Arrábida bay dynamics, in order to help to find solutions, so that upcoming plans in the area can, desirably in an integrated way, stop and/or reduce the effects of natural changes and anthropic pressures undertaken in the bay.

Keywords: Portinho da Arrábida; coastal erosion, Portugal

1. INTRODUÇÃO

A beleza natural da praia do Portinho da Arrábida é, desde há muito, reconhecida por todos os que a visitam, facto que a fez ser considerada, em 2010, uma das *Sete Maravilhas de Portugal*.

O relevo da zona envolvente, marcado pela imponência da Serra da Arrábida, onde predominam íngremes penhascos e encostas de acentuado declive, a vegetação mediterrânica, as areias claras e as águas calmas e cristalinas, com tonalidades ora azul, ora verde esmeralda, tornaram a baía do Portinho um local de características naturais únicas em Portugal e um dos setores costeiros mais apreciados para o lazer.

Apesar da beleza do local, terão sido as condições naturais da baía, com mar calmo, protegida dos temporais e com uma extensa praia arenosa, que fizeram com que o Portinho tenha sido, desde há muito, utilizado como

porto natural de desembarque e de proteção. A utilização dos areais costeiros, para lazer e uso balnear, veio trazer uma nova atividade à praia do Portinho da Arrábida e uma acrescida pressão sobre o sistema natural.

Às primeiras construções, para apoio das atividades portuárias e de pesca, rapidamente se juntaram outras para fins turísticos, ocupando gradualmente o areal e mesmo a parte menos inclinada das encostas. A progressiva construção rapidamente excedeu os limites do aceitável para a manutenção de uma paisagem de qualidade bem como de um ambiente próprio para o objetivo a que se destinava a praia, passando a ocupação de 33 edificações, em 1933, para 305, em 1978 (Carvalho, 2015).

Perante a situação ambientalmente insustentável de ocupação do espaço, atingida na década de 80, foi então implementado um programa de demolição do extenso casario existente, desaparecendo toda a ocupação no

areal e na área envolvente (Carvalho, 2015). Desde então, tem-se efetuado um esforço para a requalificação ambiental e paisagística da região, verificando-se uma mudança na ocupação e na utilização do espaço (Pereira da Silva, 2016), assim como a implementação de medidas de ordenamento, com vista a minimizar os impactos da evolução natural do sistema e fazer face à enorme carga turística a que a praia está sujeita.

No entanto, a análise da evolução da praia ao longo do tempo, mesmo após as intervenções efetuadas, permite verificar que a tendência para a diminuição da qualidade ambiental se manteve. O ambiente de praia quase idílica, anteriormente existente, e que deu a fama ao Portinho, degradou-se progressiva, mas substancialmente, até à situação atual. Em oposição a uma extensa praia de areias brancas e águas cristalinas, verifica-se hoje a existência de uma baía que apresenta sinais característicos de um litoral em erosão, com troços protegidos por estruturas rígidas, aterros em erosão, uma praia com menor qualidade de sedimento, dominada por extensos mantos de calhaus rolados e zonas arenosas impregnadas de sedimento fino, de natureza silto-argilosa, e uma diminuição da qualidade da água devido à libertação de plumas argilosas.

É importante, assim, fazer o historial das recentes alterações ocorridas na baía, enquadrando-as numa perspetiva geológica, e elencar os problemas existentes, de forma a contribuir para encontrar soluções para os mesmos, de modo que futuras intervenções na área possam, de forma integrada, anular e/ou minorar os efeitos das alterações naturais e pressões antrópicas a que a baía tem estado sujeita.

2. ENQUADRAMENTO GERAL DA ZONA DE ESTUDO

2.1. Geologia

No que se refere ao contexto geológico, a Serra da Arrábida corresponde a um monte anticlinal, de estrutura complexa e dissimétrica. O topo da Serra é constituído pelos Calcários de Pedreiras (Caloviano a Batoniano superior) e a vertente sul da Serra, muito abrupta, é constituída pelos Dolomitos do Convento (Batoniano médio a inferior a Toarciano inferior) (Manuppella *et al.*, 1999). O seu traçado é condicionado pelo cavalgamento basal que afeta o Miocénico do Portinho (Manuppella *et al.*, 1999). Os afloramentos do Portinho da Arrábida são especialmente importantes pois registam os episódios de deformação tectónica relacionados com a instalação da serra da Arrábida (Pais *et al.*, 1991; Antunes *et al.*, 1995). Os últimos depósitos (paleogénicos) são de origem continental, detríticos, grosseiros, esbranquiçados, sobre

os quais sucedem arenitos avermelhados a amarelados, marinhos, datados de 18,8 M.a., na parte inferior, e de 17,5 M.a., no topo (Kullberg *et al.*, 2006). Sobre este conjunto, dobrado, assentam em discordância angular no extremo Oeste do Chão da Anixa e em paraconformidade no setor Este, calcários ricos de clastos rolados de quartzo, com abundância de rodólitos, pectinídeos de grandes dimensões e ouriços, com idades datadas de 16,5 M.a. Sobre este conjunto existem areias finas e siltitos encimados por biocalcarenitos datados de 16 M.a. (Kullberg *et al.*, 2006).

2.2. Geomorfologia

A baía do Portinho da Arrábida é enquadrada, na parte continental, por uma imponente vertente talhada na Serra da Arrábida e, pela parte marinha, pela planura submarina formado pelo bordo do delta do rio Sado.

O setor costeiro onde se insere a baía tem uma orientação aproximadamente SW-NE, sendo que a forma da baía parece ser condicionada pela litologia das rochas existentes. A linha de costa apresenta uma forma em arco, com uma orientação, no lado oeste, aproximadamente N-S e, no lado leste, aproximadamente W-E. A existência de dois promontórios rochosos salientes nos extremos da baía indicia processos de erosão diferencial na evolução costeira local.

No interior da baía ocorre acumulação de sedimento de origem marinha, dando origem à formação de uma praia. Na zona do Creiro, onde a praia é mais larga, verifica-se a existência de uma duna frontal, com pequena expressão morfológica.

Relativamente ao enquadramento geomorfológico pela parte marinha, a baía do Portinho insere-se na zona costeira que contata com o bordo norte do delta externo do rio Sado, um corpo sedimentar de grandes dimensões. Não obstante a superfície do delta poder ser classificada como uma zona aplanada, se analisada a uma escala mais detalhada verifica-se que a mesma apresenta uma série de canais e dunas submersas.

2.3. Principais agentes forçadores da dinâmica sedimentar

A ondulação e as correntes de maré são os principais fatores a ter em consideração na dinâmica sedimentar local e nas variações da zona costeira observadas no último século.

2.3.1. Ondulação

A orientação da costa entre o Cabo Espichel e o delta do Sado (aproximadamente W-E) tem como consequência que esse setor fica em zona de sombra relativamente à ondulação de NW, fazendo com que este troço costeiro

Tabela 1 – Distribuição da frequência relativa da direção média associada ao período de pico ao largo de Sines entre Maio de 1988 e Dezembro de 1993 (adaptado de Brito, 2009).

Table 1 - Distribution of the relative frequency of the mean direction associated with the peak period offshore Sines between May 1988 and December 1993 (adapted from Brito, 2009).

Registos	Nº	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE
Todos	12870	<0,1	80,3	16,4	2,9	0,3	<0,1	<0,1	---
Altura significativa (HMO) >3m	1368	---	72,4	23,2	4,2	0,2	---	---	---
Altura significativa (HMO) >5m	129	---	57,4	41,9	0,8	---	---	---	---

seja sempre atuado por ondas com rumos para sul do oeste, independentemente da orientação da ondulação ao largo (Andrade *et al.*, 2006 in Brito, 2009). No Portinho, o efeito de sombra é ainda mais acentuado devido à orientação da baía (SW-NE). Assim, e embora os temporais de W e SW sejam menos frequentes que os de NW (tabela 1), estes acabam por ter um maior impacto na praia, devido à maior exposição da baía a esses rumos.

2.3.2. Correntes de maré

No domínio externo do estuário, o campo de correntes residuais é dominado por um forte jato de vazante ao longo do canal de acesso ao estuário e por dois vórtices adjacentes sobre os bancos arenosos da Figueirinha e do Cambalhão, com sentidos anticiclónico e ciclónico, respectivamente (Brito, 2009). Ainda de acordo com Brito, 2009, as correntes residuais associadas ao modelo de circulação tridimensional podem ter papel significativo na morfologia do delta e estar na origem do abruto talude terminal do delta exterior.

2.4. Dinâmica sedimentar

As caracterizações da dinâmica sedimentar efetuadas incidem sobre os processos deltaicos (Brito & Rebêlo, 2013; Carneiro, 2013), e são assentes em modelos teóricos, tendo as correntes de maré como principal agente forçador. A existência dos canais e dunas submersas sobre a superfície do delta, anteriormente referidos, em constante evolução espacial, conferem aos fundos, junto ao Portinho, uma dinâmica complexa e ainda desconhecida (Brito, 2009). O modelo de circulação sedimentar para o bordo norte do delta externo do Sado aponta para que o sedimento seja movido ao longo do canal principal, no sentido *onshore-offshore*, e que, seguindo os vórtices das correntes residuais atrás mencionados, reentre na circulação, migrando sobre a superfície do delta no sentido *offshore-onshore*. É associado a este processo que se assume a existência das dunas submarinas ao largo do Portinho.

Pela proximidade e pela continuidade morfológica existente entre os dois domínios (praia e delta), assume-se que o delta funciona como fonte de sedimento para a deriva litoral local e é responsável pela formação de várias praias (além da do Portinho, as praias de Alpertuche, Coelhoos, Galapinhos, Galápos e Figueirinha, esta última já fortemente condicionada pela introdução de um esporão).

2.5. O delta do Sado

O delta do rio Sado é uma acumulação sedimentar formada na foz do rio. A sua forma é reflexo de um equilíbrio dinâmico gerado por múltiplos fatores, dos quais se destacam a disponibilidade sedimentar, o nível médio das águas, a agitação marítima e as correntes de maré, sendo que neste último aspeto, as correntes de enchente e vazante têm um papel preponderante na definição da morfologia do mesmo (Brito & Rebêlo, 2013).

A estrutura morfológica do delta (Figura 1) é formada por dois domínios principais, o interno e o externo (Brito, 2009; Brito & Rebêlo, 2013). Assim, e de uma forma simplificada, este sistema é caracterizado pela existência de dois corpos sedimentares: o delta de enchente e o delta de vazante.

Independentemente de o sistema ser único, a praia do Portinho da Arrábida, pelo seu posicionamento geográfico, é mais influenciada pelos processos que ocorrem e moldam o delta de vazante.

O delta de vazante é um corpo sedimentar de forma aproximadamente triangular, instalado à frente da embocadura do estuário. Tem um volume estimado de aproximadamente 960 milhões de m³ e apresenta uma superfície aplanada no seu topo, com aproximadamente 47 km², a uma cota aproximada de -5 m (Brito *et al.*, 2006). Esta superfície termina abruptamente para o lado do mar numa vertente, que se designa por lobo frontal do delta, que faz a transição para um domínio mais profundo, à cota dos -40 m (Brito & Rebêlo, 2013).

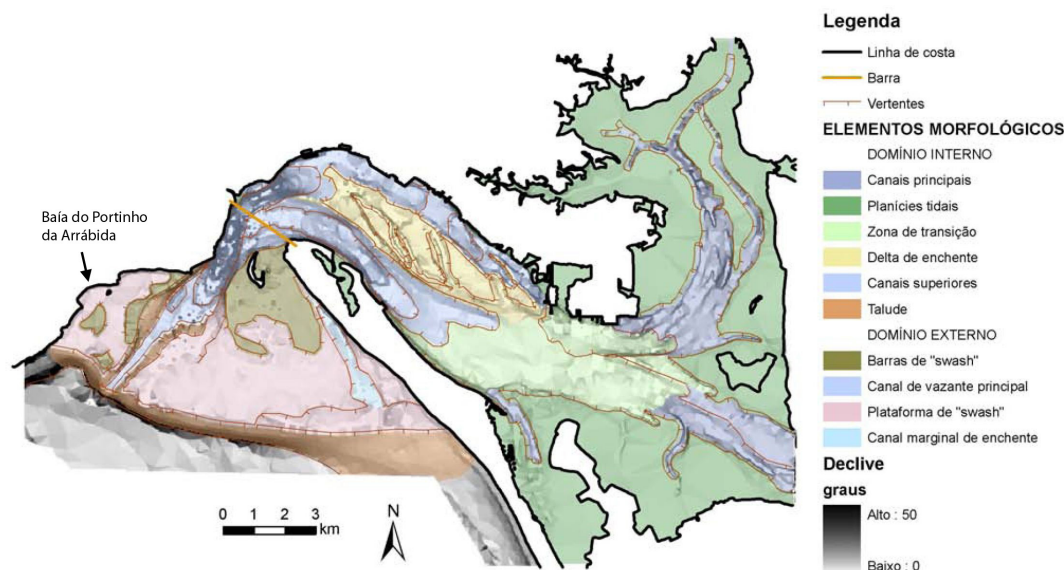


Figura 1 – Esboço dos principais elementos morfológicos do estuário do rio Sado (adaptado de Brito, 2009).

Figure 1 - Sketch of the main morphological elements of the Sado estuary (adapted from Brito, 2009).

Sobre a zona mais aplanada desenvolve-se um conjunto de barras de espalho e dunas submarinas, em reflexo da complexa dinâmica que gera este ambiente (Figura 2).

O delta externo é cortado por um canal principal de vazante, que individualiza duas margens marcadamente assimétricas. A margem sul é mais desenvolvida e possui um canal marginal de enchente, paralelo à restinga de Tróia. A margem norte apresenta menor dimensão e o canal de enchente está ausente fazendo com que, dessa forma, o trajeto da circulação sedimentar não esteja bem definido (Brito & Rebêlo, 2013). É a este subdomínio, que a génese e evolução da praia do Portinho estão mais diretamente relacionados.

Devido à interdependência da praia com a sua principal fonte sedimentar, neste caso o delta, as alterações locais observadas na estreita faixa de areal estão associadas a uma complexa cadeia de inter-relações, e não apenas aos processos que ocorrem na baía (Brito & Rebêlo, 2013; Carneiro, 2013). Diminuindo na escala da análise, pode inferir-se que as alterações na praia estão relacionadas com as alterações na baía do Portinho, que por sua vez estão relacionadas com as alterações que ocorrem num domínio mais extenso, a margem norte do delta, que estão dependentes das alterações que ocorrem no delta externo, que por sua vez estão relacionadas com as alterações que ocorrem em todo o sistema deltaico. Este é o motivo pelo qual a justificação da falta de sedimento numa praia pode ser complexa e difícil de determinar. A interdependência dos vários domínios e a assunção de que estamos perante um “sistema” geológico único, é um conceito importante numa ótica de causa-efeito, para quando se interage com qualquer dos níveis da cadeia,

como quando, por exemplo, se extrai sedimento do sistema ou se altera a morfologia do mesmo.

Estudos relativos à evolução recente da morfologia do estuário (Quevauviller, 1985; Andrade *et al.*, 2006; Brito *et al.*, 2009) sugerem uma tendência geral de acumulação de sedimentos no domínio interno do estuário e, dependendo do avanço ou recuo do lobo frontal do delta, para uma alternância de períodos de acumulação (1968-1979) e erosão de sedimentos (1979-2002) no delta de vazante (domínio externo do estuário).

O crescimento do extremo noroeste da península, onde se tem verificado uma progradação acentuada da linha de costa, é um fenómeno que poderá contribuir e justificar, em parte, a perda de sedimento que tem ocorrido no domínio imerso do delta externo (Rebêlo *et al.*, 2011).

3. MÉTODOS

3.1. Dados históricos

Não havendo estudos prévios, quantitativos, sobre a evolução da praia do Portinho da Arrábida e verificando-se a inexistência de dados de monitorização a longo termo que permitam efetuar uma caracterização da evolução deste setor costeiro, utilizaram-se métodos indiretos de forma a ter a perceção, embora qualitativa, das alterações ocorridas ao longo do último século.

Sendo uma baía desde há muito utilizada pelas populações locais, verificou-se que existe um vasto espólio fotográfico que permite observar que a mesma tem sofrido intensas alterações morfológicas. Assim, as fotografias históricas (e.g. Blog Restos de Coleção,

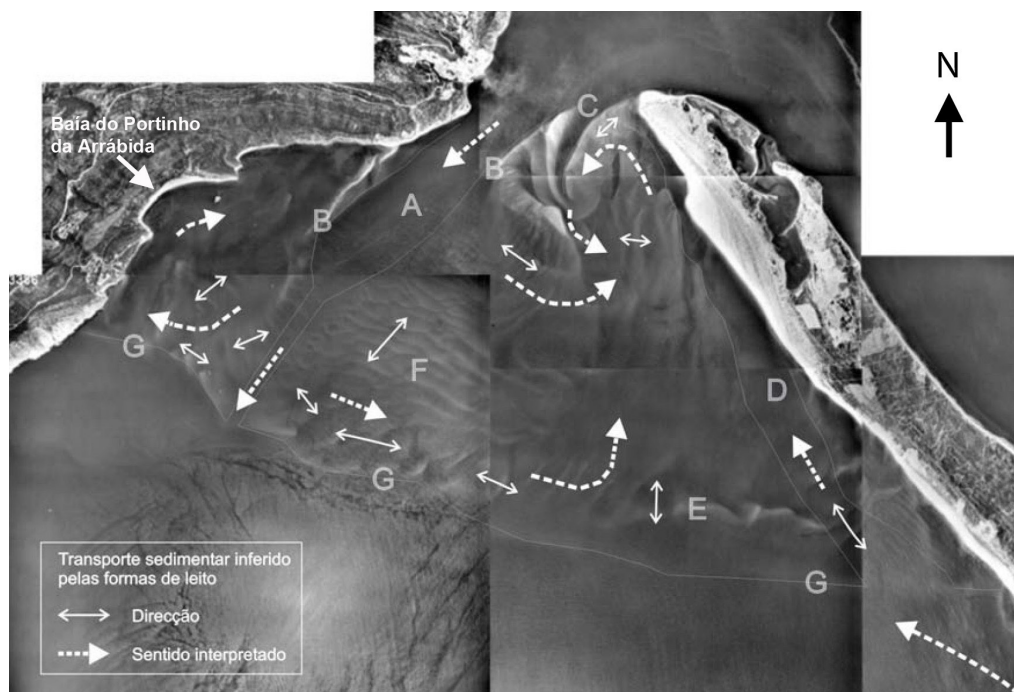


Figura 2 – Identificação dos elementos morfológicos do delta de vazante e interpretação do sentido de transporte sedimentar a partir das formas de leito. A – Canal de vazante principal; B – Barras lineares marginais; C – Canal de transbordo; D – Canal marginal de enchente; E – Barras de espalho; F – Plataforma de espalho e G – Lobo frontal (adaptado de Brito, 2009).

Figure 2 - Identification of the morphological elements of the ebb delta and interpretation of the sedimentary transport direction from the bed forms. A - Main receding ebb channel; B - Linear marginal bars; C - Overflow channel; D - Marginal flood channel; E - Spreading bars; F - Spreading platform and G - frontal cusps (adapted from Brito, 2009).

Blog Prosimetron, entre outros sites disponíveis na internet) mostraram ser uma útil fonte de dados, sendo que a sua análise permitiu concluir sobre as principais variações ocorridas nesse setor costeiro, possibilitando ter uma visão da sua evolução a longo prazo.

3.2. Determinação da dimensão da praia

A determinação da variação da dimensão da praia foi efetuada comparando três linhas de costa. As linhas de costa mais recentes foram baseadas na ortofotografia regular, disponibilizada no “web-site” da DGT, referente aos anos de 2014-15 [<http://www.dgterritorio.pt/>], tendo-se utilizado o limite da água para determinar a linha de baixa-mar e as marcas do seco-molhado para marcar a linha da máxima preia-mar.

A linha de costa mais antiga corresponde a uma linha obtida a partir das fotografias históricas. Esta linha, pela natureza da fonte de dados utilizada, não representa uma época (as fotografias terão sido tiradas em diferentes anos), nem a sua informação é contínua (as fotografias não abarcam a totalidade da praia). Das fotografias

observadas, foi retirada a linha de costa, quando possível, junto aos rochedos existentes na baía e, dessa forma, foi possível determinar antigas posições do contato seco/molhado em pequenos setores da praia, assumindo que os rochedos não se terão movido. Na zona mais oeste da baía, além dos rochedos, foi igualmente usado o alinhamento do contato do areal com o mar, e seu prolongamento para marcas em terra, de forma a determinar a posição da linha de costa então existente.

Os setores mais “offshore” retirados das diferentes fotografias foram então unidos, dando origem assim, à linha de costa correspondente ao que se assumiu ser o maior areal existente no passado.

Com estas linhas e utilizando a linha mais interior do areal foram gerados três polígonos: o polígono construído com a linha mais exterior e antiga, representando o areal de maior dimensão que se assume haver evidências de ter existido no Portinho; o polígono construído com a linha intermédia, correspondente ao areal existente na baixa-mar em 2014-2015; e por último, o polígono construído com a linha mais interna, correspondendo ao areal existente na preia-mar em 2014-2015.

3.3. Ocupação do areal

A ocupação do areal foi analisada numa perspetiva da gestão ambiental do litoral, mas também numa ótica da geologia, uma vez que essa ocupação pode ter consequências diretas nos processos geológicos responsáveis pela evolução costeira.

A comparação das fotografias históricas existentes, desde o início do século passado até à atualidade, forneceu importante informação relativamente à evolução da ocupação do areal e a episódios erosivos ocorridos durante o período em análise. A análise da evolução da ocupação por edificações foi igualmente suportada pela consulta de bibliografia existente.

3.4. Recolha de informação no terreno

Além da informação obtida através da observação das fotografias históricas e da bibliografia consultada, o presente trabalho baseia-se igualmente na recolha de informação efectuada no campo sobre os múltiplos aspetos descritos no mesmo, informação esta importante para a caracterização efectuada do atual estado do sistema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A geodinâmica externa, responsável pela maioria das alterações que observamos na superfície do globo, é um processo contínuo e ininterrupto. Algumas destas alterações são visíveis ao olho humano, outras impercetíveis para o observador; algumas visíveis à escala temporal humana, outras apenas detetáveis no registo geológico.

As praias são um bom exemplo do local onde estas alterações são mais facilmente perceptíveis. Mas há também variações associadas a fenómenos de escala temporal mais elevada, mais difíceis de enquadrar e explicar. Neste contexto, caracterizar a situação atual e tentar analisar o passado, objeto deste diagnóstico, são aspetos fundamentais para suporte aos estudos necessários para encontrar as soluções a adotar numa ótica mais holística da resolução dos problemas.

A abordagem da caracterização ambiental da praia do Portinho da Arrábida passa pela análise dos quatro fatores que se julga serem mais relevantes para a existência das condições ambientais desta faixa costeira: o delta do Sado, a praia, as infraestruturas e o problema da argila na qualidade do areal.

4.1. A baía do Portinho da Arrábida

A baía do Portinho da Arrábida apresenta hoje uma costa diversificada. Assim, em contraste com o areal contínuo que outrora ocupou os 1767 m de comprimento da baía, a situação atual (Figura 3), relativamente à tipologia da linha de costa, pode ser descrita como:

- Litoral protegido com paredões e enrocamentos: 690 m - Zona oeste da baía (Portinho e Praia do Portinho da Arrábida)

- * Protegido com paredão: 380 m;

- * Protegido com enrocamento: 310 m;

- Praia: 655 m – Zona central da baía (Creiro) - Existência de areal na preia-mar, e areal por vezes com calhaus na zona entre marés;

- Litoral de falésia com blocos tombados: 422 m

- Zona leste da baía (*Monte de Areia*) - Sem areal contínuo na preia-mar, mas com praia arenosa contínua na baixa-mar.

Constata-se assim que a praia está reduzida, atualmente, a 37% do que outrora foi a sua máxima extensão. Poder-se-á ainda referir que parte significativa desses 37% de areal apresenta frequentemente um manto de calhaus rolados na face da praia, que diminui significativamente a qualidade do areal em termos balneares.

4.1.1. Variação da dimensão da praia e principais consequências da diminuição da quantidade de sedimento

Uma das mudanças naturais mais notórias na baía do Portinho da Arrábida prende-se com a dimensão da praia. Os processos de deriva litoral que promovem esta alteração são constantes, mas nem sempre têm as mesmas consequências. Assim, a análise a uma escala temporal alargada, na ordem da década, tem a vantagem de acentuar a tendência evolutiva, contrariamente a escalas de análise mais curtas que podem registar a influência das pequenas oscilações de sinais contrários que fazem parte da dinâmica das zonas costeiras arenosas.

Na análise da evolução da praia do Portinho da Arrábida, a utilização de fotografias aéreas, método comumente utilizado para o estudo da evolução das praias, mostra-se ser, em parte, ineficaz, uma vez que a série temporal existente não abarca o período em que a praia teria mais areia. Assim, para investigar a variação a uma escala mais alargada, recorreu-se a fotografias históricas. Estas, apesar de não permitirem a quantificação das alterações, dão indicações preciosas sobre as alterações ocorridas.

As fotografias históricas, por vezes disponíveis na forma de postal, mostram claramente uma praia com maior largura do que a conhecida recentemente (Figura 4). A ligação entre o Portinho e o Creiro era feita através de um areal contínuo, que separava a base da falésia do mar, e a dimensão e forma da praia à frente do extremo oeste da baía era significativamente diferente da linha de costa atual. Aí, onde hoje a areia é praticamente inexistente, existiria uma praia muito extensa (Figura 4).

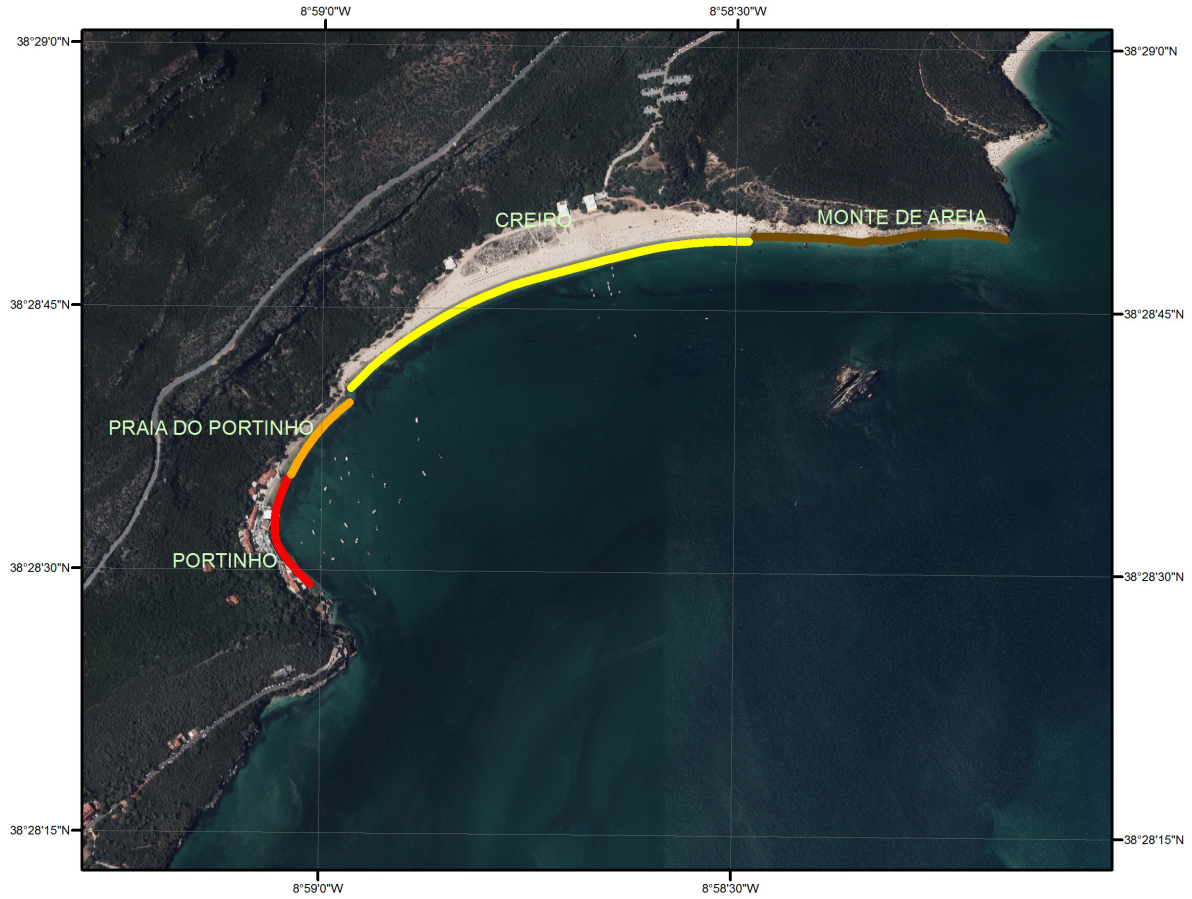


Figura 3 - A Baía do Portinho da Arrábida e as quatro zonas consideradas neste trabalho. Bandas coloridas indicando a tipologia de linha de costa existente: Vermelho - paredão; Laranja - enrocamento; Amarelo - praia com duna; Castanho: -praia com blocos tombados (imagem de fundo: Ortofoto da DGT de 2012).

Figure 3 - The Bay of Portinho da Arrábida and the four zones considered in this work. Colored bands indicating the typology of existing coastline: Red -seawall; Orange - Boulder seawall; Yellow - beach with dune; Brown - beach with tiled blocks (background image: DGT Ortofoto 2012).

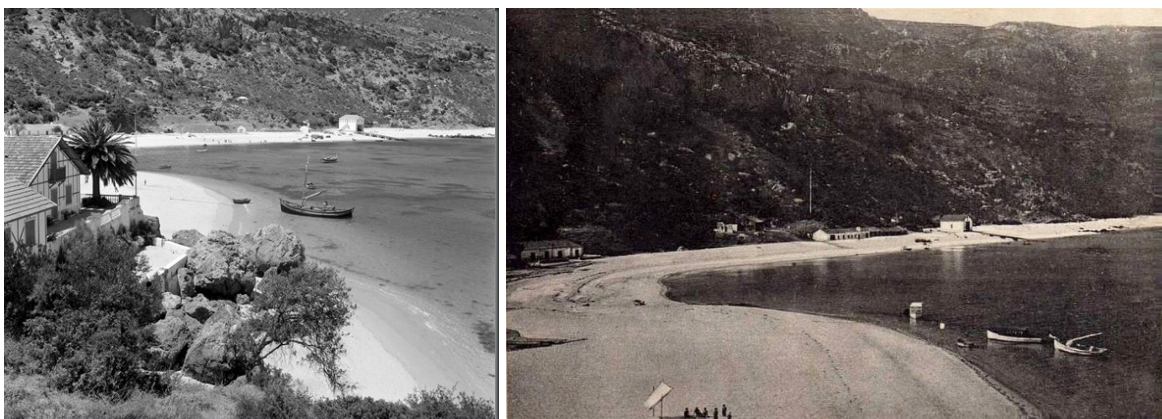


Figura 4 – Extremo oeste da baía do Portinho da Arrábida (anos 30): acumulação de areia superior à verificada atualmente gerando uma praia muito ampla no extremo oeste da baía e a ligação contínua do areal entre o Portinho e o Creiro (foto da esquerda - Biblioteca de Arte da Fundação Calouste Gulbenkian, Fotografia sem data. Produzida durante a atividade do Estúdio Horácio Novais, 1930-1980. <https://www.flickr.com/photos/biblarte/9491158755/in/photostream/>; foto da direita (sem data) – Blog Restos de Coleção, de José Leite. 10 agosto 2013).

Figure 4 - Western limit of the bay of Portinho da Arrábida (1930s): accumulation of sand higher than that currently verified, generating a very wide beach at the west end of the bay and the continuous connection of the beach between Portinho and Creiro (left photo - Produced during the activity of Horácio Novais Studio, 1930-1980. without date) – Blog Restos de Coleção, by José Leite 10 August 2013).

A conjugação da informação extraída do património de fotografias históricas, a que se teve acesso, permitiu estimar a posição da linha de costa em alguns setores onde existiam pontos de referência (linhas a vermelho, na Figura 5), e traçar a posição mais avançada dessa linha ao longo de toda a baía unindo esses vários setores (linhas a azul, na Figura 5). Com base na linha correspondente à fase mais prográdante e na linha de costa recente, foi possível estimar o recuo ocorrido (Figura 5), utilizando, como referência mais recente, a linha de preia-mar e do contato da água com a areia (assumido como baixa-mar) obtidas no ortofoto da DGT de 2014-2015. O recuo é mais acentuado no extremo oeste da baía, na zona do Portinho, com um valor de máximo de 77 m. Os valores do recuo decrescem gradualmente até ao Creiro, passando, a partir daí, a apresentar valores na ordem dos 25 m, se entrarmos em linha de conta com a linha de baixa-mar, e 50 metros se compararmos com a linha de preia-mar.

Ficou também famosa a acumulação eólica de areia no extremo leste da praia, formada no século passado quando a largura da praia nesse setor era maior, conhecida por *Monte de Areia*, aspeto morfológico hoje desaparecido.

A diminuição da quantidade de sedimento tem quatro consequências com elevado impacto para os utilizadores (erosão costeira, aparecimento da pluma argilosa, aparecimento de calhau e desaparecimento do *Monte de Areia*) que seguidamente se abordam.

(1) Erosão costeira

O recuo da linha de costa ocorrido na praia do Portinho da Arrábida teve como efeito, não só a diminuição da largura da praia, mas também a diminuição do seu comprimento, facto que motivou um impacto acrescido neste setor. Estima-se que o comprimento da praia arenosa represente hoje apenas 37% do comprimento máximo atingido anteriormente, tendo passado de aproximadamente 1767 para 655 metros, e que a área

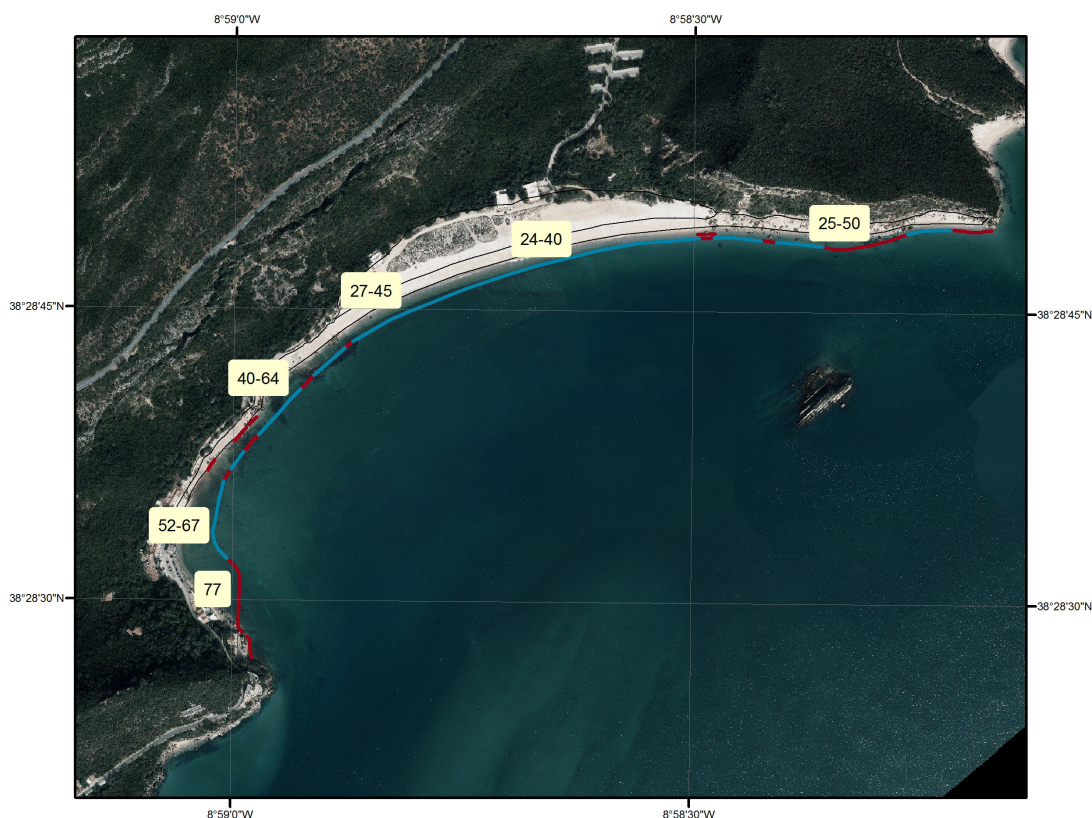


Figura 5 – Troços a vermelho observados nas fotografias históricas; troços a azul, inferidos; linhas a negro correspondentes ao limite da preia-mar e linha de contacto da água com a praia, no ortofoto de 2014-15, da DGT. Os valores dizem respeito ao recuo, em metros, estimado para a linha de costa desde o início do século passado correspondendo, o valor maior, ao recuo relativo à linha da preia-mar, e o valor mais pequeno, ao recuo relativo à linha assumida como de baixa-mar.

Figure 5 - Red sections stand for observed shoreline in historical photographs; sections in blue, stand for inferred sections; black lines correspond to the high-seawater limit and seawater/beach contact line, in the 2014-15 DGT orthophoto. The values refer to the coastline retreat, in meters, estimated from the beginning of the last century, where the highest value corresponds to the retreat relative to the high-tide line, and the smaller value, the retreat relative to the assumed low-tide line.

do areal (praia e duna) represente apenas entre 31 ou 55% do antigo areal (consoante se compara a linha mais antiga com a atual preia-mar ou baixa mar), tendo passado de aproximadamente 109 mil m² para 35 mil m², assumindo o valor calculado com base na linha de preia-mar, ou para 61 mil m², considerando a linha de baixa-mar (valores de área que deverão ser retidos como indicadores aproximados devido ao método de obtenção da linha de costa mais antiga) (Figura 6). Em resultado da incerteza associada ao momento da maré da linha de costa mais antiga, assume-se assim o valor intermédio de 43% para a caracterização da diminuição do areal.

Dois fatores contribuíram para a diminuição do comprimento da praia ao não permitirem o seu recuo aquando da diminuição da quantidade de sedimento disponível: a existência de setores em que a praia era estreita e encostada à falésia (como é o caso da zona do *Monte de Areia* e a zona da praia do Portinho da Arrábida) e a existência de infraestruturas, como habitações ou o parque de estacionamento, que obrigaram à construção de proteções costeiras quando a linha de costa recuou (caso da zona do Portinho). Nestes locais, quando a evolução do litoral fez com que a linha de costa atingisse a falésia, ou as estruturas de proteção, deixaram de estar criadas as condições para a manutenção do areal o que, na prática, resultou no desaparecimento da praia.

O recuo ocorrido na linha de costa, originado pelo desaparecimento da areia, fez com que o mar atingisse locais anteriormente protegidos da ação erosiva das ondas. Verificou-se assim o retomar da ação erosiva na base das escarpas anteriormente protegidas (Figura 7) e o retomar da modelação das pequenas plataformas rochosas localizadas na zona entre marés (plataformas de abrasão marinha).

Importa referir que o facto de algumas destas morfologias erosivas já existirem, e se verificar estarem agora a ser retrabalhadas, devido ao desaparecimento da areia, é outra evidência da alternância, à escala geológica, de períodos de escassez com períodos de abundância de sedimento arenoso.

Associado a esta erosão costeira, verifica-se igualmente um incremento da perigosidade, sobretudo nos setores já protegidos por infraestruturas, uma vez que a ondulação atinge com mais intensidade esses locais.

A erosão costeira teve igualmente consequências no respeitante à área disponível de utilização da praia. Embora a capacidade de carga da praia do Portinho da Arrábida, esteja dentro dos limites definidos em plano de praia (Pereira da Silva *et al.*, 2016), este é, porventura, o impacte, mais óbvio associado à diminuição da quantidade de sedimento. O desaparecimento da praia numa extensão considerável, como atrás referido, fez

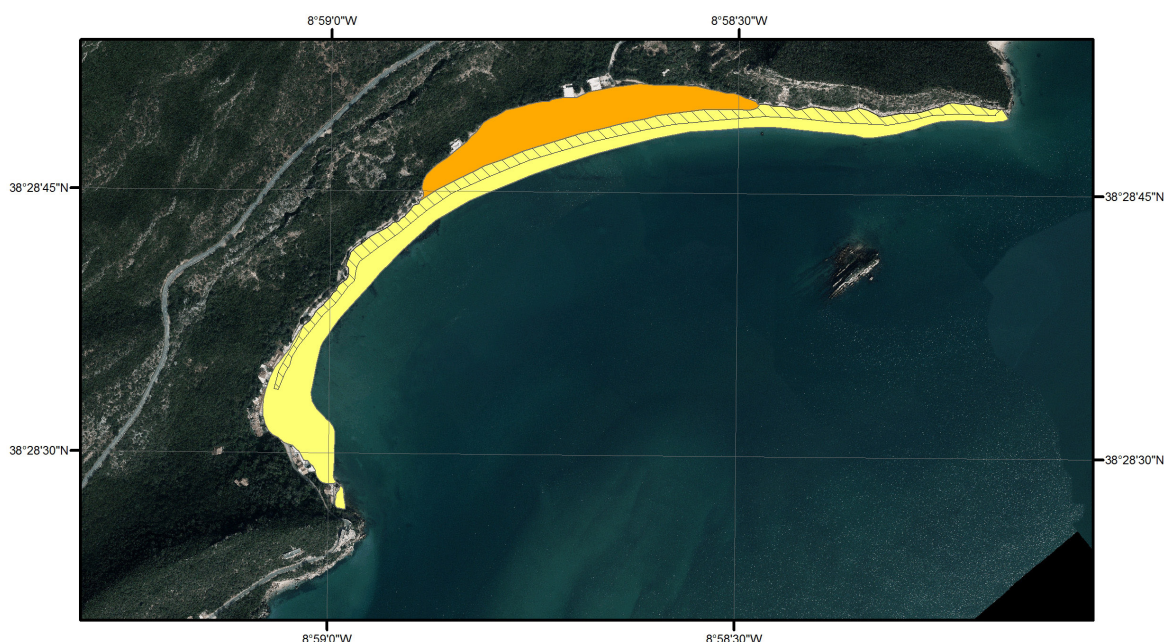


Figura 6 – Área ocupada pelo areal emerso da baía do Portinho da Arrábida. Laranja: área atual em situação de preia-mar; Laranja + tracejado: área atual em situação de baixa-mar; Laranja + tracejado + amarelo: área ocupada pelo areal no início do século XX (foto de fundo: ortofoto DGT de 2014-15).

Figure 6 - Area occupied by the emerged beach of the Portinho da Arrábida bay. Orange: current area at high-tide; Orange + dashed lines: current area at low-tide; Orange + dashed lines + yellow: area occupied by the sand at the beginning of the 20th century (background photo: DGT orthophoto 2014-15).



Figura 7 – Erosão costeira em depósitos de vertente. O sopé da escarpa de erosão encontra-se protegido por um pequeno enrocamento e, à frente do enrocamento, encontra-se uma praia de calhau rolado parcialmente coberta por areia (16/2/2017).

Figure 7 - Coastal erosion in slope deposits. The foot of the erosion escarpment is protected by a small rocky area and, in front of it, there is a rocky pebble beach partially covered by sand (16/2/2017).

com que a baía diminuísse significativamente a sua capacidade de carga, no respeitante à utilização balnear. Mas o impacto assume um grau ainda mais elevado, uma vez que a praia do Creiro está repleta de vestígios

de fundações, em resultado das antigas casas que aí existiam. A necessidade de ocupação de espaços mais recuados da praia, faz com que os utilizadores interajam com o entulho deixado nas dunas.

(2) Aparecimento da pluma argilosa

Na base do aterro que serve de caminho de ligação entre o Portinho e o Creiro, na zona da antiga praia do Portinho da Arrábida, verifica-se a ocorrência da dispersão de uma pluma acastanhada nas águas da baía. Este fenómeno resulta da erosão costeira e a sua origem deve-se ao desaparecimento da areia que cobre a pequena plataforma de erosão marinha existente na base da falésia, levando à exposição de litologias de natureza argilo-siltosa, possivelmente cretácicas, na zona entre-marés (Figura 8). Contrariamente às rochas carbonatadas e siliciclásticas que, ao se desagregarem, não têm impacto na qualidade das águas, a ação erosiva do mar sobre estas rochas argilo-siltosas, no caso presente de cor violácea, leva à formação de uma pluma de sedimentos finos, de cor acastanhada, que torna a água do mar turva numa extensão considerável (Figura 9). Este fenómeno de degradação da qualidade da água da praia, usualmente associado ao transporte de carga sólida pelas ribeiras, apenas quando chove, ocorre, neste local, durante todos os ciclos de maré, carreando sedimento fino para a baía, duas vezes por dia.



Figura 8 – Plataforma, talhada em unidade argilo-siltosa, localizada na zona intertidal (local sujeito à ação erosiva das ondas e correntes - imagem da esquerda; pormenor da unidade argilo-siltosa sujeita à erosão marinha - imagem da direita) (5/7/2016).

Figure 8 - Platform, carved in a clay-silty unit, located at the intertidal zone (area influenced by the erosive action of waves and currents - left image; detail of the clay-silty unit influenced by marine erosion - right image) (5/7 / 2016).



Figura 9 – Pluma de sedimento argiloso, em primeiro plano, contrastando com as águas límpidas do Portinho, em fundo. Este fenómeno de degradação da qualidade da água da praia, usualmente associado ao transporte de carga sólida pelas ribeiras, apenas quando chove, ocorre, neste local, durante todos os ciclos de maré, retirando transparência à água e carreando sedimento fino para a baía. (5/7/2016).

Figure 9 - Plume of clayey sediment, contrasting with the clear waters of Portinho, in the background. This phenomenon of degradation of seawater quality, usually associated to the transport of solid particles by the streams during rainy periods, occurs in this place during all tidal cycles, hampering water transparency and carrying fine sediment to the bay. (5/7/2016).

(3) Aparecimento de calhaus

A existência de calhaus na face da praia é outro dos fatores que está relacionado com a diminuição do volume de areia no sistema e que reduz significativamente a qualidade do areal.

A praia, na baía do Portinho, é constituída por calhaus rolados e por areia. Em períodos de abundância de areia, a face da praia é predominantemente formada por areia, ficando os calhaus tapados pelo sedimento mais fino. Em períodos de escassez de areia, a presença dos calhaus torna-se mais notória, sendo este o sedimento que domina a face da praia. Esta é a situação que ocorre atualmente.

O aumento da área ocupada por calhaus na baía, relativamente aos anos 50-60 do século passado, é notório. Na zona entre o Portinho e a praia do Creiro, a areia na zona entre marés é hoje quase inexistente. Também no Creiro, na zona oeste e central da praia, a presença de calhaus na face da praia, cobrindo o areal, passou a ser dominante, verificando-se na última década e de acordo com observações efectuadas e relatos dos utilizadores da praia, um incremento da área ocupada por calhaus o que acarreta um impacte muito negativo para a utilização balnear da baía (Figuras 10 e 11).

(4) Desaparecimento do Monte de Areia

Outra das consequências da diminuição do volume de areia da praia do Portinho prende-se com o desaparecimento da acumulação sedimentar conhecida como *Monte de Areia*, localizada no extremo este da baía

A formação desta acumulação eólica invulgar estará relacionada com o regime de ventos local, mas também com o posicionamento da linha de costa, na zona leste da baía, sendo que a sua formação só terá sido possível num período em que a praia apresentasse uma largura suficiente para a sua formação, criando assim um espaço de acomodação para a formação da duna. O *Monte de Areia* pode ser classificado como uma duna trepadora (“*climbing dune*”), ou seja, uma acumulação eólica que se forma de encontro a uma falésia e onde o transporte eólico se processa no sentido mar-terra, tornando-a progressivamente mais alta.

O processo eólico que gera o *Monte de Areia* é ainda desconhecido e difícil de caracterizar, devido à singularidade da ocorrência. A inexistência de dados relativamente aos ventos locais e a constatação da significativa importância do relevo na deslocação do ar, conforme constatado pelos autores, através da formação

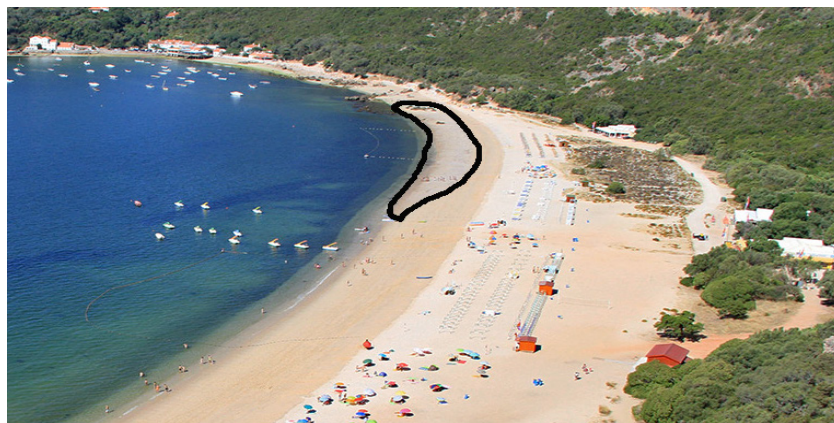


Figura 10 – Mancha de calhaus na zona intertidal na parte oeste da praia do Creiro.
Adaptada de Visit Setúbal. Portugal. Julho 2017.

Figure 10 - Pebble patch in the intertidal zone on the west side of Creiro beach. Adapted from Visit Setúbal. Portugal. July 2017.



Figura 11 - Aspeto da mancha de calhaus, ocupando a quase totalidade da praia do Creiro (5/7/2016).

Figure 11 - View of the pebble patch area, occupying nearly the entire area of Creiro beach (5/7/2016).

de vórtices locais e rajadas com múltiplas direcções, faz com que qualquer solução apresentada para o regime de ventos responsável pela formação da duna seja, de alguma forma, especulativa. Poderão ser unicamente ventos com sentido mar-terra (aproximadamente sul-norte), que transportem areia da zona intertidal, em períodos de baixa-mar; ou a areia poderá ter proveniência na praia do Creiro. Neste segundo cenário, e assumindo a existência de uma estreita praia à frente da arriba, contrariamente ao que hoje se verifica, a areia que fosse transportada de oeste para leste, no Creiro, quando chegasse à latitude da arriba, não entraria no mar, mas continuaria a circular até ao extremo da baía. Aí, devido obrigatoriamente a um diferente regime de ventos, induzido pelo relevo local, a areia tenderia a subir a falésia, formando-se a duna trepadora.

Não obstante a proveniência da areia, a formação desta duna só é possível em períodos onde existe uma praia à frente da falésia, de forma a permitir a existência do referido espaço de acomodação.

O recente recuo da linha de costa na zona leste da baía, levou primeiramente à interrupção da continuidade da praia emersa entre o Creio e a zona do *Monte de Areia*, o que poderá ter contribuído para a diminuição da alimentação eólica e, posteriormente, à erosão da praia que servia de suporte à estrutura, tendo a duna colapsado, e a areia voltado ao mar.

De acordo com a análise de fotografias históricas (Portinho da Arrábida – 100 Anos de Memórias), é possível verificar que o *Monte de Areia* nem sempre existiu. Uma fotografia tirada nos anos 10, mostra que o *Monte de Areia* não está presente, sendo a costa

formada por uma estreita praia (Figura 12). No entanto, nas fotografias tiradas na década de 30 a acumulação eólica é já observável. A duna parece ter atingido a sua máxima dimensão nos anos 50 (Figura 13), e o seu desaparecimento, ocorrido já na presente década, será o resultado de um processo erosivo iniciado após 2000.



Figura 12 – Zona do Creiro e extremo leste da baía do Portinho, nos anos 10 do século passado, não sendo ainda visível o “Monte de Areia” (Portinho da Arrábida. 100 Anos de Memórias – Catálogo da Exposição de Fotografia. 2013).

Figure 12 – The Creiro area and the eastern limit of the Portinho bay in the 1910's, where “Monte de Areia” is still absent (Portinho da Arrábida. 100 Anos de Memórias – Catálogo da Exposição de Fotografia. 2013).



Figura 13 – Monte de Areia, anos 50. A tendência para a formação de dunas trepadoras parece estender-se mais para oeste (esquerda da fotografia) em épocas de muita disponibilidade sedimentar (Portinho da Arrábida. 100 Anos de Memórias – Catálogo da Exposição de Fotografia. 2013).

Figure 13 – “Monte de Areia” (Sand pile), 1950s. The tendency for the climbing dunes formation seems to extend farther west (left of the photograph) at times of higher sedimentary availability (Portinho da Arrábida. 100 Anos de Memórias – Catálogo da Exposição de Fotografia. 2013).

A situação atualmente existente no extremo leste da península é assim semelhante à verificada nos anos 10 do século passado, podendo, este facto, ser outra indicação de uma evolução natural caracterizada por uma alternância entre períodos de abundância e períodos de escassez sedimentar (Figura 14).



Figura 14 – Imagem recente da zona do “Monte de Areia”, evidenciando a completa ausência de dunas (Blog Estação Chronografica de Oliveira, F. C., 22 de maio de 2013).

Figure 14 - Recent image of the “Monte de Areia” area, evidencing the complete absence of dunes (Blog Estação Chronografica de Oliveira, F. C., 22 de maio de 2013).

4.1.2. Construções sobre o areal - Breve historial

A baía do Portinho encerra uma história de ocupação do espaço dificilmente detetável num olhar mais desatento. Assim, embora não se pretenda aqui efetuar uma descrição completa e pormenorizada da ocupação da baía, abordar as fases mais relevantes dessa ocupação é necessária para se entender a situação atual do areal.

O Portinho é ocupado desde a época dos Romanos, sendo esta ocupação testemunhada pelo complexo arqueológico do Creiro. O início da ocupação data do século I d.C., tendo funcionando até cerca dos finais do mesmo século. Voltou a ser ocupado durante o século IV, inícios do século V, também por romanos, e depois mais tarde, durante o século XII, evidenciando a presença de materiais marcadamente islâmicos, relativos ao período muçulmano Almóada (Silva & Coelho-Soares, 1987).

Contrariamente à localização da ocupação arqueológica, a ocupação moderna fez-se, inicialmente, no extremo oeste da baía. As infraestruturas mais antigas, construídas sobre as rochas e areia, localizam-se assim nesse lado da baía. Em imagens do início do século passado (década de 10) é já visível um conjunto de habitações ao longo da praia, implantadas na base dos depósitos de vertente e sobre a areia. Nessa época existiria um extenso areal (Figura 4), correspondente a uma fase de abundância sedimentar, o que terá conferido uma falsa sensação de segurança (Figura 15).

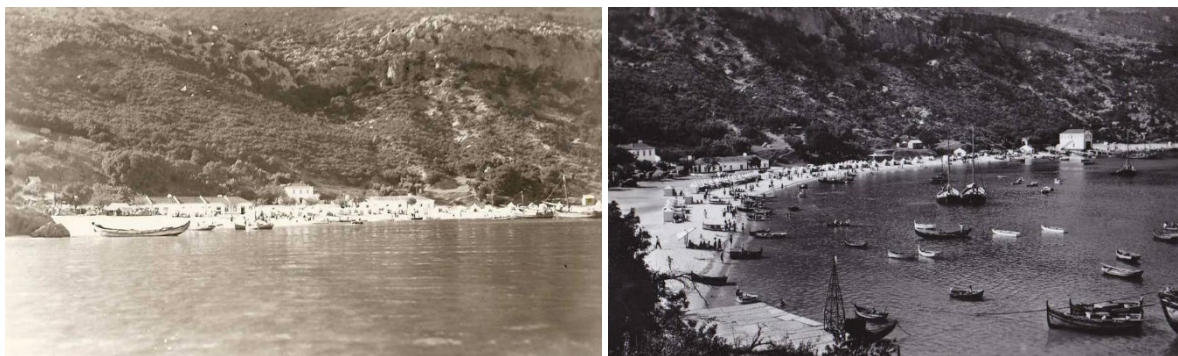


Figure 15 – Aspeto do amplo areal do Portinho e da Praia do Portinho na primeira metade do século XX (Blog Prosimetron. 16 Julho 2011).

Figure 15 - View of the wide sand extension of the Portinho and the Portinho beach in the first half of the 20th century (Blog Prosimetron 16 July 2011).

Como já anteriormente referido, a evolução do sistema sedimentar levou ao recuo da linha de costa na baía, sendo que, como consequência, o núcleo de habitações do Portinho da Arrábida teve que ser protegido. O processo de proteção foi gradual, tendo-se iniciado pela defesa das casas localizadas no extremo oeste da baía, como pode ser observado pelas fotografias históricas. Posteriormente, houve necessidade de proteger o parque de estacionamento e a margem que se estende até à localização do atual restaurante “Galeão” (Figura 16), seguindo-se a instalação de um paredão cimentado para proteger as casas implantadas mais a leste do núcleo, até ao restaurante “O Farol” (Figura 17). Atualmente, na preia-mar, o mar atinge a base desta estrutura de proteção e, durante os temporais, é comum a água galgar o paredão, pondo em causa a integridade do mesmo e

das construções aí existentes. De notar que o restaurante Galeão, que nos anos cinquenta se encontrava construído sobre areia de praia (habitantes locais, comunicação pessoal), se encontra hoje sobre estacas devido ao recuo da linha de costa verificado no Portinho da Arrábida.

Para leste do atual restaurante “O Farol”, há igualmente um historial de construções sobre o areal. Estas, devido ao desaparecimento gradual da praia do Portinho da Arrábida, terão sido abandonadas e destruídas ao longo do tempo. A desadequação do local cedo ficou evidente, tendo as primeiras construções, por serem desprovidas de proteção, sido significativamente atingidas por uma intensa tempestade ocorrida nos anos 40 (Figura 18), provavelmente o ciclone de 15 de Fevereiro de 1941, que atingiu severamente a zona de Sesimbra (Blog Vedrografias de Matos, V. 15 de fevereiro de 2016).



Figura 16 – Na imagem da esquerda (Blog Prosimetron. 16 Julho 2011), uma perspetiva de NNE-SSW, pormenor do parque de estacionamento original, ainda sobre o areal da praia. De notar que a utilização do espaço se fazia já de forma desadequada, tendo em conta a curvatura natural da baía. Na imagem da direita, correspondente a uma perspetiva N-S, (Blog Prosimetron. 16 Julho 2011), observa-se a estabilização da linha de costa hoje existente, recorrendo a um paredão contínuo.

Figure 16 - In the left image (Blog Prosimetron. 16 July 2011), a view from NNE-SSW, detail of the original parking lot, still located on the sandy beach. Note that the use of space was already inadequate, taking into account the natural curvature of the bay. In the image on the right, corresponding to an N-S perspective, (Blog Prosimetron, July 16, 2011), we can observe the stabilization of the coastline that exists today, using a continuous seawall.



Figura 17 – Caminho que liga o restaurante “O Galeão” ao restaurante “O Farol”. Na preia-mar o mar atinge a base da estrutura de proteção e, durante os temporais, é comum a água galgar a infra-estrutura, pondo em causa a integridade da mesma e das construções aí existentes (19/2/2011) (Tailsfromportugal.wordpress.com, 24/2/2011).

Figure 17 - The path from the restaurant “O Galeão” to the restaurant “O Farol”. During high-tide the seawater reaches the base of the protection structure and during the storm events, it is common to see the seawater reaching the infrastructure, potentially damaging it and the buildings therein (19/02/2011) (Tailsfromportugal.wordpress.com, 24/2/2011).



Figura 18 – Instalações do Salva Vidas, em fundo, e aspeto da destruição provocada nos anos 40, provavelmente pelo ciclone de 1941, nas construções existentes na praia (Portinho da Arrábida. 100 Anos de Memórias – Catálogo da Exposição de Fotografia. 2013).

Figure 18 – Lifeguard facilities, in the background, and the 1940s destruction of the existing buildings on the beach, likely caused by the cyclone of 1941 (Portinho da Arrábida. 100 Anos de Memórias – Catálogo da Exposição de Fotografia. 2013).

O recuo da linha de costa levou, primeiramente, ao desaparecimento das construções mais frágeis e posteriormente à própria instalação do Salva-Vidas, já ausente nas imagens da primeira década de 2000.

Com o progressivo recuo da linha de costa e o desaparecimento da praia de areia, o acesso à zona do Creiro terá ficado dificultado. Foi então construído, no início da década de 2000, um aterro para suportar um caminho de ligação entre o Portinho e o Creiro. Esta estrutura, implantada na base dos depósitos de vertente e nas restantes manchas da areia de praia, não resistiu à ação do mar e colapsou devido à tendência erosiva se ter mantido (Figura 19). Entre 2010 e 2011, como resposta a esta situação, procedeu-se à instalação de um novo aterro, mas protegido por enrocamento. Como resultado, existe hoje uma proteção de rocha, quase contínua, desde o restaurante “O Farol” até ao início do atual areal do Creiro (Figura 20).

Cabe aqui fazer uma reflexão sobre os impactes da implantação de estruturas rígidas de proteção como forma de mitigação dos efeitos do recuo da linha de costa uma vez que parte significativa da atual linha de costa da baía se encontra nesta situação.

A instalação de paredões, com a fixação da posição linha de costa, tem consequências negativas para formação e existência de praias. Contrariamente ao litoral arenoso, que absorve parte significativa da energia das ondas que sobre ele se espalham, as estruturas rígidas tendem a refletir a energia da ondulação após o impacto direto das ondas sobre as mesmas. Como consequência da não dissipação e da reflexão de energia, a areia não só tem mais dificuldade em se fixar, como é transportada para o largo pelas ondas refletidas. Este fenómeno é mais gravoso em períodos de temporal, onde a areia é arrastada para maior distância da linha de costa, ficando dificultada a sua reposição pela ondulação existente em períodos de acalmia. Em casos extremos, a areia pode mesmo ser transportada para distancias e profundidades que a impeçam de retornar à praia. Como resultado, potencia-se o desaparecimento da areia e a formação de praia de calhaus à frente das zonas protegidas por paredão. Esta é a situação atualmente dominante desde o Portinho até ao início da praia do Creiro.

Mas a construção sobre a praia/duna não ficou limitada à zona do Portinho. A tendência nacional para a ocupação do litoral, ocorrida na década de 40, teve como consequência que o areal da zona do Creiro fosse sendo progressivamente coberto com construções (Figura 21; gráfico 1). A pressão sobre o local levou a que a construção se expandisse igualmente para a base e o início da arriba, maioritariamente sobre depósitos de vertente, onde o relevo não era muito acentuado, como



Figura 19 – Erosão do aterro construído para dar acesso à zona do Creiro, tendo ficado exposta a canalização da água (Blog a-sul. 26 Outubro 2010).

Figure 19 – Erosion of the landfill built to give access to the Creiro area, causing the exposure of the water plumbing (Blog a-sul. 26 Outubro 2010).



Figura 20 – Restaurante “O Farol”, à esquerda da imagem, e o início do enrocamento construído na base do caminho efetuado para ligar o Portinho ao Creiro (foto sem data).

Figure 20 - “O Farol” restaurant, at the left of the picture, and the beginning of the boulder seawall built at the base of the path built to connect the Portinho to the Creiro area (undated photo).

se constata nos mapas de ocupação apresentados por Carvalho, 2015. Neste trabalho, onde é efetuada uma análise detalhada do edificado no Portinho, com base em deteção remota, entre 1967 e 2012, estão referenciadas e mapeadas todas as construções existentes. Ainda segundo este autor, embora o crescimento do edificado tenha sido interrompido em 1978, apenas em 1986 foi ordenada a demolição de todas as construções ilegais existentes em domínio público marítimo, existindo hoje apenas dois restaurantes na parte mais recuada do areal. Esta ocupação deixou, no entanto, um problema ambiental significativo que perdura até aos dias de hoje: a demolição efetuada não retirou a totalidade das fundações das habitações. Devido ao transporte eólico não ser muito intenso na zona do Creiro, a acumulação eólica não é significativa. Por essa razão, as antigas fundações encontram-se cobertas apenas por uma fina

camada de areia. A utilização do espaço, com a abertura ocasional de pequenos sulcos na morfologia existente, põe frequentemente a descoberto os restos das fundações e o entulho proveniente das demolições. Esta situação, além dos riscos envolvidos para a utilização balnear, degrada acentuadamente o ambiente natural.

4.1.3. O problema do sedimento argiloso na qualidade do areal

A praia e as dunas costeiras que se formam na baía do Portinho por ação do mar e do vento, geram uma barreira arenosa no sopé das vertentes. Esta barreira funciona como um obstáculo à livre dispersão, no oceano, das águas de escorrência superficial que descem as encostas da serra.

Sendo a areia de praia um meio geológico com elevada porosidade e transmissibilidade, a água das chuvas, caso



Figura 21 – Ocupação desregrada sobre o areal do Creiro nos anos 80 (Portinho da Arrábida. 100 Anos de Memórias – Catálogo da Exposição de Fotografia. 2013).

Figure 21 - Unregulated occupation at Creiro beach during the 1980's (Portinho da Arrábida. 100 Anos de Memórias – Catálogo da Exposição de Fotografia. 2013).

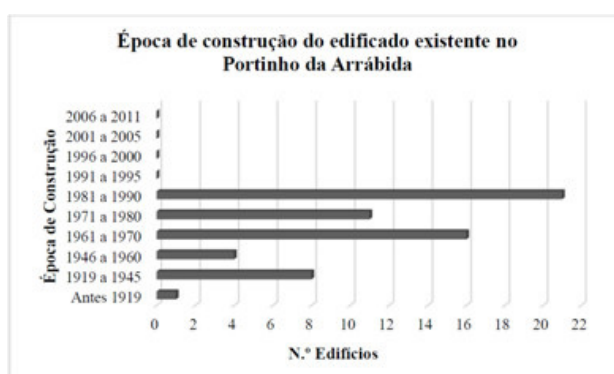


Gráfico 1 – Época de construção do edificado existente na baía do Portinho da Arrábida (Carvalho, 2015).

Graph 1 - Construction period of the existing buildings at Portinho da Arrábida bay (Carvalho, 2015).

o caudal das ribeiras não seja muito elevado, infiltra-se e percola para o mar.

No entanto, caso exista uma maior hierarquização da rede de drenagem, a possibilidade de que chegue à praia, num determinado local, um curso de água com caudal maior que a capacidade de infiltração, faz com que a água das chuvas quebre a barreira costeira, passando, nesse caso, a ribeira a descarregar diretamente para a zona frontal da praia ou mesmo para o mar. Na baía do Portinho verifica-se esta situação em dois locais: na parte leste da praia do Portinho, e na zona do Creiro, sendo que neste último caso a descarga é mais significativa. Este processo de

escoamento tem, como consequência, a rutura física da barreira costeira e a abertura de um canal, provocando o arrasto da areia para o mar.

A ocupação humana do espaço veio alterar e amplificar os impactes gerados pela escorrência das águas superficiais, sobretudo na zona do Creiro. A estrada de acesso à praia e os seis parques de estacionamento asfaltados, a formação de pequenos taludes, deixando as encostas argilosas expostas (Figura 22) e a formação de caleiras e canais para a condução da água pluvial, geraram uma combinação de fatores que propiciaram o incremento do caudal da ribeira e da carga sólida que chega à praia.



Figura 22 – Taludes gerados com a construção do parque de estacionamento (Foto datada de 13/9/2016).

Figure 22 - Slopes generated by the construction of the parking lot (Photo date: 9/13/2016).

Apesar do esforço notório para efetuar uma intervenção integrada no ambiente do ponto de vista paisagístico, as alterações físicas provocadas, alterando a morfologia do terreno, expondo as formações argilosas e modificando o coberto vegetal, são fatores negativos com importância determinante na situação atual.

Também as intervenções efetuadas para ordenar os acessos, na base da arriba e sobre a praia, foram responsáveis por alterações significativas na forma como a água atravessa a barreira costeira. A conjugação dos aterros e da construção de um caminho paralelo à costa, em brita calcária, por detrás das dunas, leva a que, pelo facto da sua cota ser inferior à das dunas e à da berma de praia, a água não encontre um caminho preferencial para o mar (Figura 23). Dessa forma, a água proveniente das encostas alaga essa zona e, quando encontra uma zona deprimida, na praia, ou nas dunas, interseta o sistema. Este novo cenário, contrariamente à drenagem do passado, que se efetuava preferencialmente por um canal, leva a que a água se espalhe por uma maior frente de praia, incrementando o impacto negativo (Figura 24). Acresce que o pó de calcário libertado pela estrada, ao ser arrastado para a praia, contribui igualmente para a degradação da qualidade do areal.

O impacto desta dispersão sobre as dunas e sobre a praia é mais significativo, porquanto se verifica o incremento da carga sólida da ribeira. Como a areia funciona como um filtro, os sedimentos transportados pela água que se infiltra tendem a colmatar a porosidade existente, diminuindo progressivamente a capacidade de absorção

e a percolação de água no interior do corpo arenoso. Como resultado da retenção desta carga sólida, a areia deixa de ser “limpa” e branca, passando a um substrato de areia argilosa com uma cor acastanhada/avermelhada (Figura 25). A mancha de areia argilosa atinge hoje aproximadamente 180 m de frente de praia e uma área de cerca de 5000 m².

4.2. Algumas reflexões sobre o sistema deste setor litoral

A variação da morfologia que ocorre na parte superior do delta do rio Sado, com a alteração da localização de canais e baixios, é uma consequência da evolução natural deste sistema sedimentar. O encosto de dunas e barras submarinas, que trazem areia à costa, e as alterações nas correntes e ondulação gerados pela alteração da morfologia local, são aspetos que condicionam a quantidade de areia disponível para formar praias. Assim, as oscilações no volume de areia que circula no interior da baía do Portinho da Arrábida deverão estar relacionadas com a dinâmica do delta.

Neste sistema, as praias são o resultado de um balanço positivo da deriva litoral, ou, olhando de uma forma aritmética, o que resta “da soma e da subtração” do transporte de areia gerado pelas correntes, pelas ondas e pelas marés no local. Assim, o crescimento da praia do Portinho da Arrábida corresponderá ao resultado de um balanço positivo e o desaparecimento da praia a uma fase de balanço negativo, da deriva litoral.



Figura 23 – Efeito negativo do caminho, construído sobre a praia do Creiro, na drenagem das águas pluviais, fazendo aumentar a secção de contato com a praia e incrementando, dessa forma, o impacte das argilas na qualidade da areia (13/9/2016).

Figure 23 - Negative effect of the path on rainwater drainage, increasing the contact area with the Creiro beach and thus increasing the impact of clays on the quality of sand (13/09/2016).



Figura 24 - Praia do Creiro: Linhas a negro indicando a zona de espalhamento do sedimento argiloso proveniente da ribeira. (Adaptada de Visit Setúbal, Portugal, Julho 2017).

Figure 24 – Creiro Beach: Lines in black indicating the zone of spreading of the clayey sediment coming from the river. (Adapted from Visit Setúbal, Portugal, July 2017).



Figura 25 – Diferença de cor e tonalidade entre a areia lavada e a areia argilosa, recolhida com um trado (22/12/2014).

Figure 25 - Color and tonality differences between washed sand and clayed sand, collected with an auger (12/22/2014).

Quando uma praia sofre poucas oscilações na sua morfologia, é referido que se encontra em equilíbrio dinâmico (o volume de areia que sai é idêntico ao que entra, e a linha de costa mantém-se aproximadamente na mesma posição). No Portinho da Arrábida, no entanto, as oscilações são acentuadas. Há épocas em que sai muito mais areia do que entra, e a praia reduz-se significativamente. Como consequência, são formadas morfologias típicas de erosão marinha e os fragmentos de rochas destacados das falésias são trabalhados pelo mar dando origem a calhaus rolados. Nas épocas em que, no sistema, entra mais areia do que sai, desenvolve-se uma extensa praia arenosa, que cobre as morfologias erosivas e tapa os leitos de calhaus rolados. Assim, a pequena dimensão da praia que hoje se observa poderá ser causada por uma fase de balanço sedimentar negativo, associada a processos naturais.

A existência de escarpas de erosão, preservadas pelo areal existente no século passado (Figura 26), a presença de uma praia de calhaus, de dimensão decimétrica, no sopé das referidas escarpas, hoje exposta devido ao recente desaparecimento da areia e a existência de pequenas plataformas de abrasão marinha, recentemente reativadas, devido à ausência de areia, são indicadores geológicos de um antigo ambiente costeiro em que a areia não estaria presente em quantidade significativa.

Estes indicadores geológicos são um importante contributo para desmistificar a ideia de que “*a praia sempre teve areia, areia esta, que agora desapareceu*”, alertando-nos para uma maior complexidade do sistema e para uma acentuada variabilidade no regime sedimentar da baía. Também a ausência do *Monte de Areia* em fotografias dos anos 10 do século passado, poderá ser um indicador de uma praia de dimensão reduzida nessa época.

O olhar para o desaparecimento da praia como uma pulsação natural do sistema não deve, no entanto, afastar a hipótese de o efeito ser amplificado por ação do Homem. Interações com a dinâmica natural do delta, como sejam o caso da fixação da posição dos canais, ou de ações de dragagem com retirada de areia do local, têm impactes diretos na dinâmica sedimentar. No entanto, é difícil estabelecer e quantificar a relação causa-efeito destas ações relativamente ao desaparecimento das praias, quer pela distância física a que ocorrem, quer pelo tempo que demoram a gerar os efeitos.

Relativamente à degradação da qualidade da areia por efeito do sedimento argiloso proveniente das encostas, tudo indica que a ação antrópica terá potenciado este efeito nefasto no ambiente. A formação de taludes inclinados, o incremento da impermeabilização do solo, o favorecimento do escoamento superficial com elevado



Figura 26- Escarpa de erosão marinha anterior à instalação da praia do Portinho ocorrida no início do século passado. A seta assinala vestígios de um episódio erosivo, observando-se a exposição de uma raiz de uma árvore associada a uma pequena escarpa de erosão (Foto adaptada de Clube da Arrábida e Parque Natural da Arrábida, 2013).

Figure 26 – Set-back slope, due to marine erosion, that occurred prior to the Portinho beach settlement at the beginning of the last century. The arrow indicates traces of an erosive episode, observing the exposure of a tree root associated with a small erosion escarpment (Photo adapted from Clube da Arrábida e Parque Natural da Arrábida, 2013).

potencial de transporte, a exposição de unidades argilosas e a ausência de uma medida para direccionar as águas de escorrência para o mar, terão levado à degradação da qualidade da areia da praia, quer pelo incremento do volume do sedimento argiloso retida no areal quer pelo aumento de área de praia afetada pelo fenómeno.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise da evolução da praia do Portinho da Arrábida mostra que o areal diminuiu de forma acentuada desde a primeira metade do século passado, sendo a situação atual caracterizada por uma escassez de areia que reduz significativamente a qualidade balnear da mesma. A dimensão da praia decresceu significativamente, sendo que o seu comprimento está reduzido a 37% e a sua área a 43%, do valor que outrora apresentaram. Acresce que a percentagem relativa de calhaus na face da praia aumentou, sendo frequente que parte significativa dos restantes 37% de praia se encontre coberta por material grosseiro na zona intertidal. A tendência erosiva tem-se mantido, e o recuo da linha de costa, embora lento, começa já a atingir a duna localizada no extremo oeste da praia do Creiro.

Fotografias do início do século passado, que mostram a existência de uma praia estreita na zona do Portinho e a

ausência do *Monte de Areia*, corroboradas por indicadores geológicos, apontam para que as variações na quantidade de areia na praia do Portinho possam ser encaradas como um fenómeno natural. No entanto, e devido à estreita ligação da praia com o delta do rio Sado, as ações de fixação do canal de navegação e de dragagem do mesmo canal, ao promoverem alterações na dinâmica do delta, poderão ter consequências negativas na dimensão da praia.

A qualidade do areal existente está também muito degradada. A permanência das fundações das casas demolidas nos anos 80, a abertura de um caminho na praia coberto com brita calcária, o alastramento da mancha argilosa, sobre e dentro do areal e o incremento do caudal da ribeira do Creiro devido à impermeabilização efectuada nas encostas, são aspetos que importa ter em conta numa requalificação do espaço.

Perante o diagnóstico efetuado, e por forma a reverter o estado de degradação que atualmente a praia do Portinho da Arrábida apresenta, será importante que um futuro plano de intervenção abarque a totalidade dos problemas detetados, designadamente a limpeza do areal existente, a correta gestão do espaço, a utilização de materiais adequados, a resolução do problema associado às águas de escorrência provenientes das encostas e a realimentação da praia com areia de características

idênticas à existente antes da degradação do areal. Este plano deve igualmente contemplar a elaboração de um estudo que permita compreender a dinâmica dos sedimentos na parte superior do delta e na zona submersa da praia, aspeto fundamental para encontrar as respostas para as variações observadas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da colaboração com o Clube da Arrábida, associação que tem desenvolvido uma constante atividade cívica em prol do incremento do conhecimento sobre o Portinho da Arrábida bem como da divulgação da história do local.

REFERÊNCIAS

- Andrade, C.; Freitas, M.C.; Brito, P.; Amorim, A.; Barata, A.; Cabaço, G. (2006). Estudo de caso da região do Sado, zonas costeiras. In: F.D. Santos e P. Miranda (Editors), *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projecto SIAM II*, pp 385-479. Gradiva. Lisboa.
- Antunes, M. T.; Elderfield, H.; Legoinha, P. & Pais, J. (1995). Datações isotópicas com Sr do Miocénico do flanco Sul da Serra da Arrábida. *Com. Inst. Geol. e Mineiro*, 81: 73-78, Lisboa.
- Biblioteca de Arte da Fundação Calouste Gulbenkian, Fotografia sem data. Produzida durante a actividade do Estúdio Horácio Novais, 1930-1980. In: <https://www.flickr.com/photos/biblarte/9491158755/in/photostream/>
- Blog a-sul. Blogue Ambientalista da Margem Sul / Portuguese Environmental Blog “Pense Global , Aja Local” Save the Portuguese Forest / Salve a Floresta Portuguesa. 26 Outubro 2010. Acessos ao Portinho da Arrábida – a oitava maravilha. In: <http://a-sul.blogspot.pt/2010/10/acessos-ao-portinho-da-arrabida-oitava.html>
- Blog Estação Chronografica de Oliveira, F.C. 22 de maio de 2013, Operação relógios Jaeger-LeCoultre nos mares da Arrábida. In: <https://estacaochronographica.blogspot.pt/2013/05/operacao-jaeger-lecoultre-nos-mares-da.html>
- Blog Prosimetron. 16 Julho 2011. Praias de Portugal - 10. In: http://prosimetron.blogspot.pt/2011_07_10_archive.html
- Blog Restos de Coleção, de José Leite. 10 Agosto 2013. Portinho da Arrábida. In: <http://restosdecoleccion.blogspot.pt/2013/08/portinho-da-arrabida.html>
- Blog Vedrografias de Matos, V. 15 de fevereiro de 2016. Foi há 75 anos: Torres Vedras e o “Grande Ciclone” de 15 de Fevereiro de 1941. In: <http://vedrografias2.blogspot.pt/2016/02/foi-ha-75-anos-torres-vedras-e-o-grande.html>
- Brito, P., Andrade, C. Terrinha P, Rebêlo L, Monteiro, J. H., Freitas M. D. C. (2006) - Variação da morfologia e volumetria do delta de vazante do estuário do Sado. In: F. Rocha, D. Terroso e A. Santos (Editors), *5º Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica*, pp.33-34, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- Brito, P. (2009). *Impactos da elevação do nível médio do mar em ambientes costeiros - O caso do estuário do Sado*. 344p. Dissertação de Doutoramento em Geologia. Universidade de Lisboa.
- Brito, P.; Rebêlo, L. (2013) - Geologia do Portinho da Arrábida. In: *Desassoreamento da Arrábida – Causas e soluções*, pp49-66, Atas do colóquio, 16 de Novembro de 2011. Lisboa. Estrutura de Missão para os Assuntos do Mar.
- Carneiro, E. (2013) - Portinho da Arrábida, Areias “Viajantes”; Causas Naturais ou Artificiais, pp73-89, Atas do colóquio, 16 de Novembro de 2011. Lisboa. Estrutura de Missão para os Assuntos do Mar.
- Carvalho, R. P. R. (2015) - *Monitorização da edificação no Parque Natural da Arrábida com base em Sistemas de Informação Geográfica e Detecção Remota*. 94p., Dissertação de Mestrado em gestão do Território, na área de especialização em Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica, Faculdade de Ciências Humanas – Universidade Nova de Lisboa.
- Clube da Arrábida (2013) - *Portinho da Arrábida - 100 Anos de Memórias*. Catálogo da Exposição de Fotografia.
- Clube da Arrábida e Parque Natural da Arrábida (2013) - Capítulo I – Resumo fotográfico. In: *Desassoreamento da Arrábida – Causas e soluções*, pp49-66, Atas do colóquio, 16 de Novembro de 2011. Lisboa. Estrutura de Missão para os Assuntos do Mar.
- Kullberg, J. C.; Terrinha, P., Pais, J., Reis, R. P. & Legoinha, P. (2006) - Arrábida e Sintra: dois exemplos de tectónica pós-rifting da Bacia Lusitaniana. In: (R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg, Eds.) *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*, pp. 369-396, Universidade de Évora.
- Manuppella, G., Antunes, M.T., Pais, J. (1999) - Carta Geológica de Portugal na escala 1/50000: Notícia Explicativa da Folha 38-B Setúbal, Instituto Geológico e Mineiro.
- Pais, J.; Legoinha, P. & Kullberg, J. C. (1991) - Novos elementos acerca do Neogénico do Portinho da Arrábida (Serra da Arrábida). *3º Congresso Nacional de Geologia*: p. 122, Coimbra.
- Pereira da Silva, C.; Nogueira Mendes, R.; Moutinho, G.; Mota, V. and Fonseca, C. (2016) - Beach carrying capacity and protected areas: management issues in Arrábida Natural Park, Portugal. Vila-Concejo, A.; Bruce, E.; Kennedy, D.M., and McCarroll, R.J. (eds.), *Proceedings of the 14th International Coastal Symposium (Sydney, Australia)*. *Journal of Coastal Research, Special Issue, No. 75*: 680-684. Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.
- Quevauviller, P. (1985) - Estuário do Sado - Costa da Galé análise geomorfológica e estudo de alguns aspetos sedimentológicos. Relatório interno. Direcção Geral do Ordenamento.
- Rebêlo, L., Ferraz, M., Brito, P., Terrinha, P. (2011) - Quantification of sediments accumulated in the NW setor of Tróia Peninsula (Portugal) between 1928 and 1995. *Journal of Coastal Conservation – Planning and Management*, 16(3): 261-268. DOI 10.1007/s11852-011-0171-2.
- Silva, C.T.; Coelho-Soares, A. (1987) - Escavações arqueológicas no Creiro (Arrábida). Campanha de 1987. *Setúbal Arqueológica*, vol. VIII, pp. 221-237. Setúbal: MAEDS.
- Tailsfromportugal. Just another WordPress.com site. 24 Fevereiro de 2011, New Friends in Setúbal In: <https://tailsfromportugal.wordpress.com/2011/02/24/new-friends-in-setubal-2/>
- Visit Setúbal. Portugal. Julho 2017. In: [http://www.visitsetubal.com.pt/praias/praiado-creiro/#!prettyPhoto\[single_port\]/1/](http://www.visitsetubal.com.pt/praias/praiado-creiro/#!prettyPhoto[single_port]/1/)