

## **CAPÍTULO V**

---

### **A EVOLUÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA VÁRZEA DE MACEIRA (ESTUÁRIO DO RIO ALCABRICHEL, OESTE DE PORTUGAL) NO HOLOCÉNICO SUPERIOR**



# A EVOLUÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA VÁRZEA DE MACEIRA (ESTUÁRIO DO RIO ALCABRICHEL, OESTE DE PORTUGAL) NO HOLOCÉNICO SUPERIOR

Cristiana Aleixo<sup>1</sup>, Ana Ramos-Pereira<sup>2</sup> e Jorge Trindade<sup>3</sup>

## RESUMO:

Apresenta-se um estudo de sedimentologia de duas sondagens com 5 m de profundidade, situadas no setor interno do estuário do Rio Alcabrichel, no litoral oeste de Portugal. Trataram-se laboratorialmente 387 amostras (com 2cm cada) e calcularam-se os parâmetros estatísticos utilizando apenas a fração arenosa ( $> 63\mu\text{m}$ ). Com base na análise sedimentológica identificaram-se 4 unidades (U), que permitiram estabelecer a história ambiental deste estuário nos últimos 5000 anos: U1 corresponde a um estuário com influência marinha (presença de gastrópodes marinhos); U2 demonstra um estuário com influência marinha para o topo (porém na sua parte basal ocorre uma fase regressiva do nível do mar); U3 testemunha uma fase de enchimento sedimentar do corpo estuarino; U4 evidencia a situação atual, com domínio da influência fluvial no estuário interior do Rio Alcabrichel, marcado, possivelmente, por episódios de enxurrada, como atesta o aumento de areia e cascalho.

**Palavras-chave:** interações fluvio-marinhas; ambientes de sedimentação; Holocénico; Portugal

## ABSTRACT:

This study presents a sedimentological analysis of two 5m depth cores, drilled in the middle sector of the Alcabrichel River Estuary, on the West coast of Portugal. 387 samples were treated in laboratory and statistical parameters were calculated in the sand fraction ( $>63\mu\text{m}$ ) of each sample. Based on sedimentological analysis, 4 units (U), were identified, allowing the establishment of

the environmental history of this estuary in the last 5000 years: U1 corresponds to an estuary with marine influence (presence of marine gastropods); U2 demonstrates an estuary with marine influence in the upper part (however, the base of this unit is sterile organic debris, but evidence of a regressive phase of sea level); U3 evidences a phase of sediment infilling of the estuarine body; U4 evidences the present situation, with the fluvial influence area within the Alcabrichel River Estuary marked, possibly, by torrent events as evidenced by the increase of sand and gravel.

**Key-words:** fluvio-marine interactions; depositional environments; Holocene; Portugal

## INTRODUÇÃO:

O desenvolvimento de um regime estuarino na foz de um canal fluvial implica a entrada da água do mar nessa seção, o que se pode verificar em diversas situações: (i) desembocaduras fluviais submersas por transgressão, (ii) fiordes de degelo de vales fluvio-glaciares, (iii) estuários de barra costeira e (iv) estuários tectónicos (Pritchard, 1960).

A génese dos ambientes estuarinos atuais em Portugal resulta da transgressão flandriana na desembocadura dos cursos de água e sua posterior estabilização, ocorrida há cerca de 5000 anos (Dias, 2004; Plater e Kirby, 2011). Desde então, os sistemas fluviais transportam sedimentos que foram e continuam a ser retrabalhados nestes setores por correntes estuarinas (fluviais e de maré). No Holocénico, os estuários, que constituem um meio sedimentar natural, sustiveram uma grande quantidade de sedimentos e matéria orgânica, sendo submetidos a processos de assoreamento (Freitas et al., 2000; Dias,

1 Centro de Estudos Geográficos, Edifício da Faculdade de Letras, Alameda da Universidade, 1600-214 Lisboa, Portugal, caleixo@campus.ul.pt

2 Centro de Estudos Geográficos, Edifício da Faculdade de Letras, Alameda da Universidade, 1600-214 Lisboa, Portugal, anarp@campus.ul.pt

3 Centro de Estudos Geográficos, Edifício da Faculdade de Letras, Alameda da Universidade, 1600-214 Lisboa, Portugal; Universidade Aberta, Rua da Escola Politécnica, 147, 1269, Lisboa, Portugal, jorgetrd@uab.pt

2004), devido às influências e modificações dos fatores de forçamento, nomeadamente da hidrodinâmica dos cursos fluviais e dos eventos marinhos (Vilas et al., 1991; Goff et al., 2000; Sabatier et al., 2012).

Os estuários evidenciam uma dinâmica de interface própria, entre as dinâmicas fluviais (incluindo a decorrente das cheias) e marinhas (resultante das marés, mas também da dinâmica associada a temporais), sendo especialmente sensíveis às alterações climáticas, às oscilações no nível do mar e aos impactos exercidos pelo Homem sobre o território (Azevêdo et al., 2007; Vilanova et al., 2010; Delgado et al., 2012).

As modificações na paisagem, efetuadas ao longo do tempo, encontram-se bem documentadas no enchimento estuarino, através da análise textural e granulométrica dos sedimentos (Aleixo, 2013; Ramos-Pereira et al., 2013) e no conteúdo de microfósseis (Danielsen et al., 2013; Ramos-Pereira et al., 2013), tais como pólenes, foraminíferos e diatomáceas expresso no seu registo sedimentar. Além disso, os sedimentos acumulam matéria orgânica provenientes de diferentes fontes (fluvial e marinha), sendo possível identificar a sua origem através de análises elementares e isotópicas da matéria orgânica (Portela, 2013; Ramos-Pereira et al., 2013).

Os testemunhos sedimentares depositados nos estuários possuem diferentes assinaturas, visto que estes subsistemas litorais encontram-se na interface entre as dinâmicas fluvial e marinha (interações fluvio-marinhas), não podendo ser dissociados dessa interdependência. Os depósitos aluviais transportados pelo curso fluvial resultam das modificações operadas nas bacias hidrográficas (Dinis et al., 2006; Thorndycraft e Benito, 2006; Azevêdo et al., 2007), quer naturais (como a adaptação do coberto vegetal às alterações climáticas ocorridas no passado), quer influenciadas pela atividade antrópica (nomeadamente, a desflorestação, o uso de práticas agrícolas e as pastagens). Enquanto o fluxo sedimentar de origem marinha está associado a eventos hidrodinâmicos marinhos, como galgamentos oceânicos ou *tsunamis* (Goff et al., 2000; Costa et al., 2012) e a pequenas oscilações no nível do mar (Dias, 2004).

Durante o Holocénico ocorreram modificações ambientais importantes, conseqüentes de uma melhoria climática (marcada pela rápida subida do nível do mar até 6000-7500 anos BP) que conduziram a significativas alterações paisagísticas. Pequenas alterações climáticas sucedidas no Holocénico tiveram um grande impacto no curso evolutivo ambiental (Issar, 2003; Wanner et al., 2008), sendo as mais conhecidas as que apresentam quedas abruptas na temperatura, relacionadas com a interação do sistema oceano-atmosfera, mas independentes dos

períodos glaciários (Bond et al., 1997 e 2001). Estes ciclos climáticos, geralmente milenares e de carácter mais frio e seco, interrompem as típicas fases quentes e húmidas holocénicas, sendo designados por “eventos de Bond” (Bond et al., 1997 e 2001).

Dado que os estuários se desenvolvem na interface dos sistemas hidrológicos continental e marinho, têm fomentado o interesse da comunidade científica, aumentando o conhecimento da sua evolução durante o Holocénico e as suas atuais dinâmicas (Boski et al., 2002; Alday et al., 2006; Vis et al., 2008; Schneider et al., 2010). Os estuários portugueses têm registado o início do seu assoreamento após a estabilização do nível do mar (6000-5000 anos BP; Boski et al., 2002; Alday et al., 2006; Schneider et al., 2010), onde prevalecem os fatores forçadores locais e regionais – de que a isostasia, a subsidência, a alimentação sedimentar e a intervenção antrópica são exemplos (Dinis et al., 2006).

O presente trabalho tem como objetivo principal a reconstrução dos ambientes de sedimentação no setor interno do estuário do rio Alcabrichel, ao longo dos últimos 5000 anos. Todavia podem considerar-se três objetivos mais específicos, como (i) a caracterização da evolução geomorfológica da bacia do rio Alcabrichel, bem como do seu estuário; (ii) a definição de diferentes ambientes de sedimentação, de acordo com as unidades sedimentares estabelecidas; (iii) a avaliação das mudanças texturais dos sedimentos e a relação com a sua proveniência (marinha/ fluvial).

## ÁREA DE ESTUDO:

A área em estudo corresponde ao estuário do rio Alcabrichel, no litoral Oeste de Portugal Continental, a cerca de 40km a noroeste de Lisboa (Figura 1). A bacia hidrográfica onde se insere é de reduzida dimensão, com cerca de 150 km<sup>2</sup>, apresentando uma forma irregular, alongada e estreita (Figura 1). Devido a estas características, a tendência a grandes cheias é atenuada dado que as precipitações intensas e concentradas não cobrem simultaneamente toda a sua extensão. Todavia, a existência de setores com mais de um quilómetro de largura na planície aluvial indica uma grande capacidade de transporte durante episódios de cheias.

A região em estudo, segundo dados da estação climatológica de Torres Vedras, é caracterizada por precipitações anuais médias de 758mm, temperaturas médias de 15°C, evapotranspiração real de 479mm e excedentes de 279mm (Chaminé et al., 2004).

A configuração geomorfológica da bacia do rio Alcabrichel é bastante complexa, condicionada pela lito-

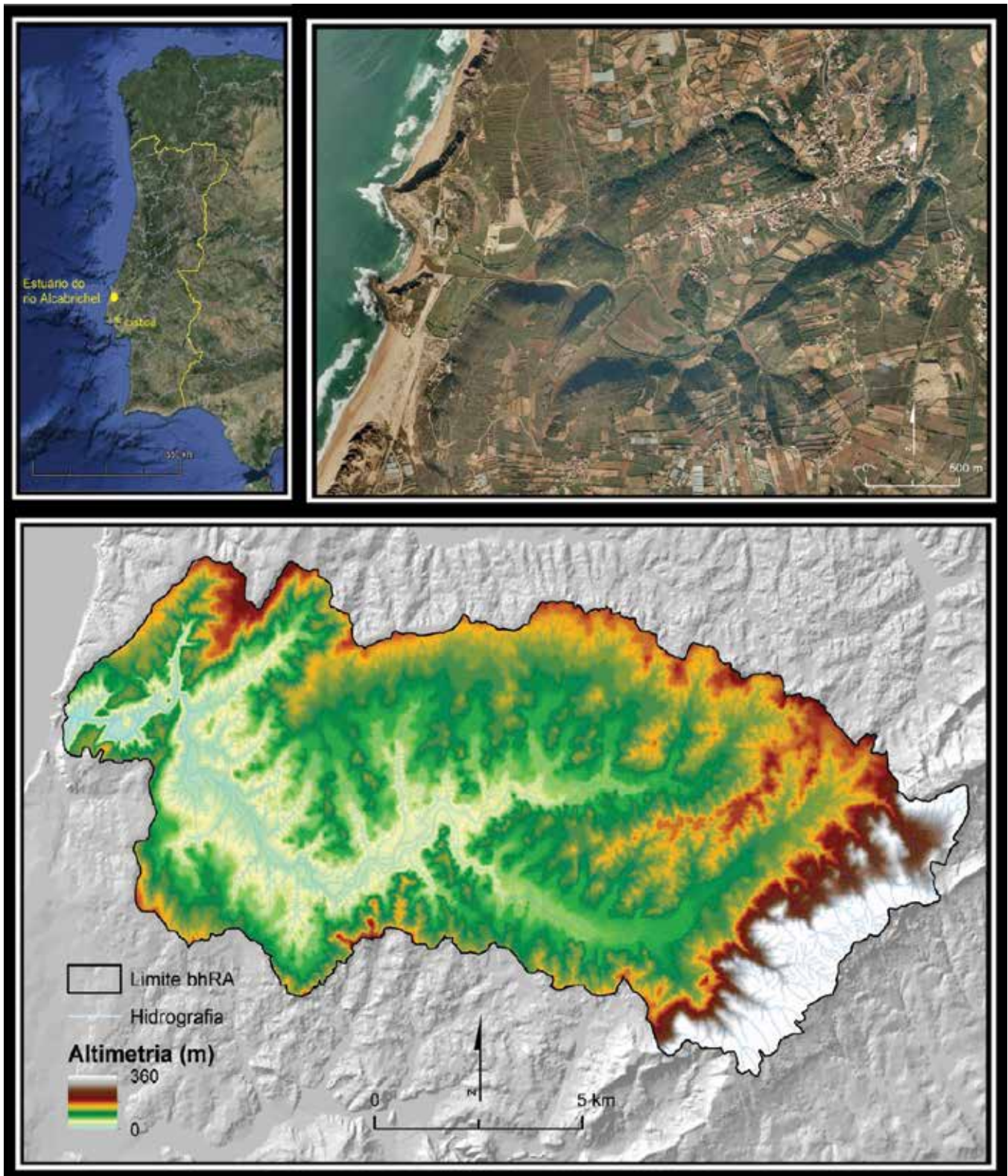


Figura 1 – Localização e hipsometria da bacia hidrográfica do Rio Alcabrichel.



logia e estrutura (Figura 2). A bacia de drenagem é talhada em materiais sedimentares jurássicos e cretácicos da Orla Mesocenozóica Ocidental, apresentando alguma

monotonia litológica, mas suficientemente diversa para impor ao relevo claras diferenças (Trindade, 2001).

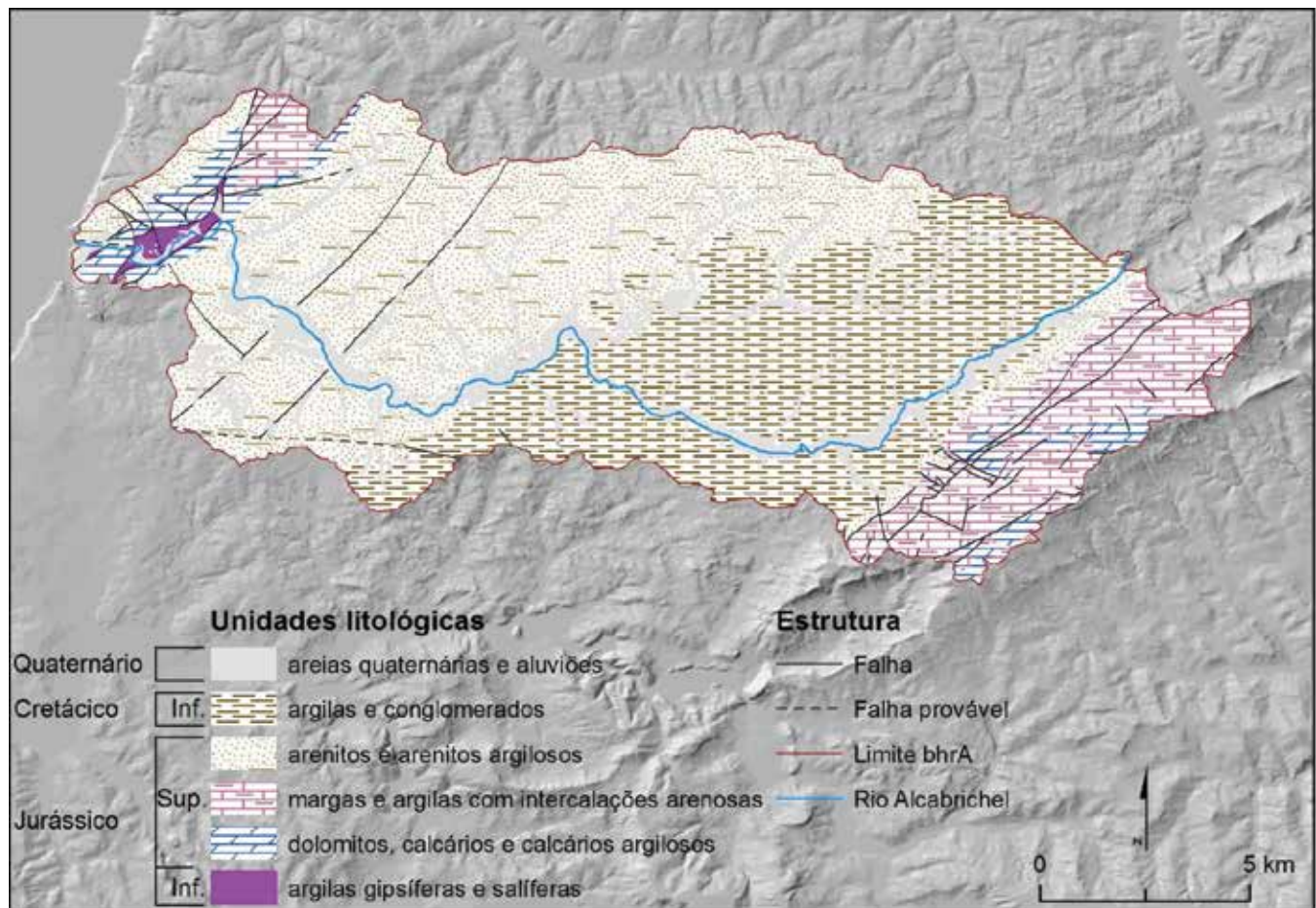


Figura 2 - Litologia da bacia hidrográfica do Rio Alcabrichel (adaptado das cartas geológicas 30A-Lourinhã, 30C-Torres Vedras e 30D-Alenquer).

Na litoestratigrafia encontram-se materiais sedimentares desde o Jurássico Inferior até à atualidade. A formação mais antiga aflora em posição deprimida (Margas de Dagorda) e é composta por argilas gipsíferas e salíferas. Sobre o complexo de Margas de Dagorda assentam os dolomitos e as bancadas de calcários compactos do Vimeiro, o que confere uma ação diferencial e seletiva dos agentes erosivos e modeladores da paisagem. Cronologicamente contemporâneos dos calcários do Vimeiro surgem os calcários corálicos do Amaral, cuja representatividade na bacia hidrográfica se cinge à Serra de Montejunto, bem como as camadas da Abadia que constituem o complexo argiloso da

mesma serra. A maioria dos materiais detríticos presentes na bacia do Rio Alcabrichel é datada do Titoniano (38,3% de área de afloramento). Esta formação é constituída essencialmente por arenitos e arenitos com intercalações de argilas calcárias e/ou siltosas. Assente sobre esta camada, a sedimentação cretácica é caracterizada pelo complexo de grés feldspáticos caulínifero, com intercalações lenticulares de argilas e bancadas conglomeráticas. Os materiais mais recentes são constituídos por areias quaternárias e pelas aluviões transportadas pelos cursos de água da bacia hidrográfica do Alcabrichel.

Na ótica geomorfológica, as áreas mais altas do planalto costeiro são constituídas pelos calcários compactos do Vimeiro (Kimeridgiano - Jurássico Superior), enquanto a depressão diapírica<sup>1</sup> resulta da erosão das margas de Dagorda (Hetangiano - Jurássico Inferior). Os arenitos (Titoniano – Jurássico Superior) e conglomerados existentes (Cretácico Inferior) no interior da bacia de drenagem constituem suaves relevos (Figuras 1 e 2).

Assim, o setor terminal do Rio Alcabrichiel é dominado pela depressão diapírica de Maceira, também designada de diapiro de Vimeiro (Kulberg, 2000), que interrompe a relativa regularidade da bacia hidrográfica em estudo (Figura 1). A unidade responsável pelo diapiro é a de Margas de Dagorda compostas, essencialmente, por argilas gipsíferas e salíferas, bastante brechificadas (Manuppella et al., 1999).

O acidente diapírico determina os limites da várzea de Maceira, onde o Rio Alcabrichiel encontra condições propícias para depositar grande parte dos sedimentos transportados ao longo do seu percurso, uma vez que nesta área aplanada perde parte da sua energia, devido as características meandrizadas do canal fluvial, até ao ponto em que passa a “garganta” formada pelas bancadas calcárias do Vimeiro dispostas em barra.

O acidente diapírico determina os limites da várzea

de Maceira (Figura 3). A eficiência do rio Alcabrichiel diminui a partir da garganta do Vimeiro (desenvolvida em rocha resistente, nomeadamente, em calcários compactos e dispostos em barra<sup>2</sup>), devido às características meandrizadas do canal fluvial. Nesta área aplanada e meandriforme, o rio Alcabrichiel espraia-se e perde capacidade de transporte (pois perde uma quantidade significativa de energia) o que origina condições propícias para depositar parte dos sedimentos transportados ao longo do seu percurso.

A várzea de Maceira encontra-se disposta no sentido NNE – SSW e possui uma área aproximada de 0,46 km<sup>2</sup> e largura máxima de 620m. A emergência de uma bancada de calcários dolomíticos na nascente terminal de Fonte dos Frades (FF) e, na margem oposta, um terraço remanescente da antiga planície aluvial constituem a separação da várzea de Maceira em dois setores (Figura 4).

Apesar da planície aluvial existente na depressão diapírica de Maceira ser relativamente plana (Figura 3), aproximadamente com 4m de altitude, há uma ligeira inclinação para o quadrante SW, onde atinge a mais baixa altitude (2,52m), enquanto no quadrante oposto, possui 5,61m de altitude, de acordo com os dados obtidos pelo levantamento de campo de pormenor realizado (Figura 3). Este levantamento permitiu definir os locais para efetuar as sondagens posteriores (Figura 3).

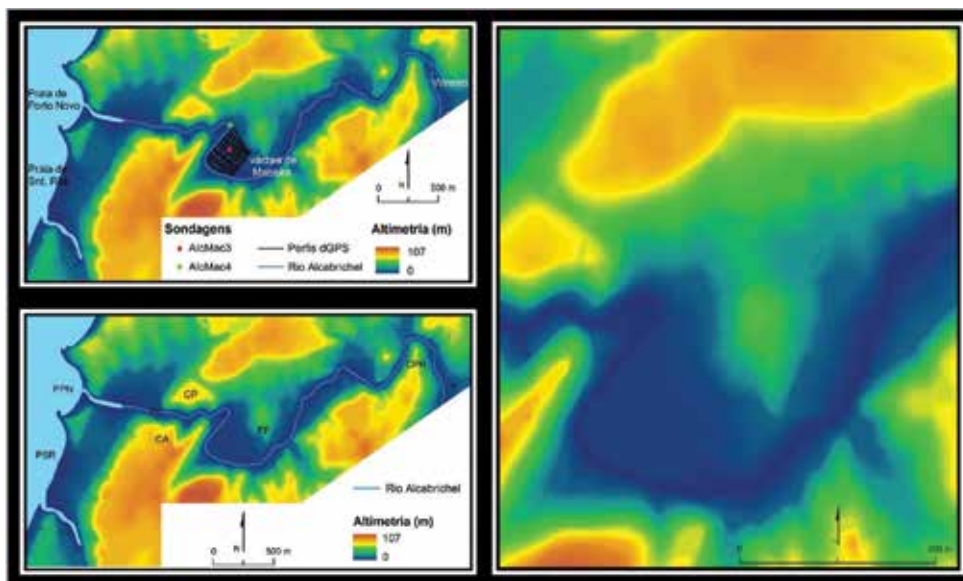


Figura 3 – Localização das sondagens e perfis efetuados com dGPS. Modelo Digital do Terreno pormenorizado do setor terminal da bacia hidrográfica do rio Alcabrichiel.

1 Os grandes traços geológicos e geomorfológicos do setor terminal da bacia hidrográfica do rio Alcabrichiel são uma herança dos processos geológicos responsáveis pela formação do Atlântico Norte, iniciada há 230 milhões de anos. Estes processos originaram uma depressão que foi preenchida nos milhões de anos seguintes por sedimentos marinhos e continentais (nomeadamente sal, gesso, calcários, margas, arenitos, conglomerados, entre outros; Figura 2). O sal, o gesso e as margas como são materiais muito plásticos ao serem comprimidos pela pressão dos sedimentos que lhes estão em cima, deformaram-se e migraram do centro para os bordos dessa depressão e daí para a superfície ao longo de falhas. Neste trajeto, dobraram e perfuraram as camadas superiores, colocando em contato material com competências e idades muito diferentes (Chaminé et al., 2004). A depressão diapírica foi depois intensamente escavada pela erosão diferencial em substrato brando e solúvel.

2 Forma de relevo em estrutura monoclinial com inclinação das camadas superior a pelo menos 70°, deformados por fenómenos tectónicos.

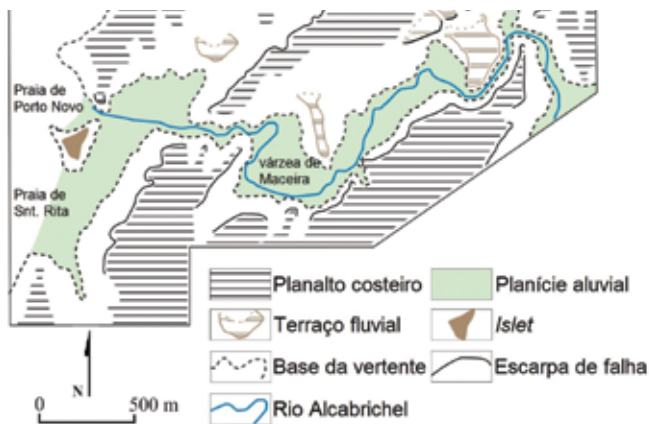


Figura 4 - Altura relatada das maiores inundações dentro de edifícios, na Valeta, com base em documentos empíricos coletados na comunicação social escrita.

Como o setor terminal da bacia é muito complexo, torna-se difícil tipificar o estuário, mas pode ser considerado como um estuário tectónico, segundo a classificação de Pritchard (1960), visto que apresenta uma configuração em funil. A embocadura é suficientemente estreita para dificultar a propagação da agitação marítima para o estuário interno, sendo, por isso, um estuário fluvio-marítimo, com água doce, mas sujeito à influência da dinâmica das marés, segundo a definição de Fairbridge (1980).

No estuário do rio Alcabrichel, as marés são semi-diurnas e regulares. O estuário é do tipo mesotidal (mesomareal), com amplitudes de maré a variar entre 2 e 4m, incluindo-se nos estuários dominados pelas marés, segundo a classificação de Dalrymple et al. (1992).

Os sedimentos depositados no interior do estuário do Alcabrichel são, predominantemente, de granulometria fina devido a quatro razões principais: (i) a bacia hidrográfica que o drena, apesar de ser constituída predominantemente por arenitos e conglomerados, apresenta fraco potencial de erosão, devido ao relevo relativamente plano e ao fraco declive das vertentes; ii) o relevo mais acidentado da bacia do rio Alcabrichel evidencia uma intensa ação dos agentes erosivos em materiais calcários e margosos, cuja alteração química gera minerais de argila; (iii) as arribas (da Estremadura) são maioritariamente talhadas em calcários e margas; (iv) a deriva litoral dominante de N-S tem uma fonte sedimentar escassa, devido aos motivos anteriormente descritos. Além disso, os sedimentos em transporte pela deriva litoral perdem-se em dois importantes obstáculos naturais, o canhão submarino da Nazaré e os tómbolos de Peniche e Baleal, o que dificulta a alimentação do litoral a sul de Peniche. Só uma pequena parte dos sedimentos em trânsito contribui para a alimentação de praias e dunas, sendo as areias principalmente de proveniência local. A dimensão das bacias hi-

drográficas que drenam o litoral a sul de Peniche também contribui para o déficit sedimentar deste troço, apesar da quase inexistente informação sobre o contributo destas para a dinâmica sedimentar litoral.

## METODOLOGIA

Com o objetivo de compreender a evolução geomorfológica e dos ambientes de sedimentação no estuário do rio Alcabrichel (várzea de Maceira) foi aplicada uma metodologia multidisciplinar baseada nas análises litológica e estrutural, morfológica e sedimentológica, cuja informação foi integrada em ambiente SIG.

Foram adquiridos dados posicionais na várzea de Maceira com recurso a instrumentos de geoposicionamento de precisão como a Estação Total e o dGPS (*differential Global Positioning System*), de modo a permitir a construção de um Modelo Digital do Terreno (MDT) pormenorizado da referida várzea (Figura 3). Os resultados obtidos através deste levantamento permitiu definir os locais para recolha de sedimentos através de sondagens realizadas, no Projeto FMI 5000 - PTDC/CTE-GIX/104035/2008), na planície aluvial de Maceira (Figura 3). Neste trabalho são analisadas duas sondagens. A sondagem designada AlcMac3 encontra-se numa área mais deprimida e afastada do curso fluvial, enquanto AlcMac4 situa-se mais próxima do rio e numa área mais elevada. A localização das duas sondagens na várzea de Maceira permite aumentar as hipóteses de identificação de paleoeventos ambientais que possam ter ocorrido.

A sondagem designada AlcMac 3 é uma sondagem com profundidade de 770cm, executada com recurso a martelo pneumático e a AlcMac4 é totalmente mecânica, com 500cm de profundidade. A boca da sondagem AlcMac3 situa-se nos 2,61 m, enquanto AlcMac4 situa-se nos 4,50 m (Figura 3).

O seccionamento dos tarolos foi efetuado detalhadamente, e amostrados de 2 em 2cm, com o objetivo de detetar pequenas alterações na composição granulométrica dos sedimentos. Foram analisadas laboratorialmente 387 amostras, nos laboratórios do Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa e no Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho. Após o processo laboratorial calcularam-se diversos parâmetros estatísticos apenas para as classes texturais mais grosseiras (superior a 63 $\mu$ m). Os parâmetros estatísticos calculados foram a média, o desvio-padrão, a assimetria e a curtose, segundo o método dos momentos. A folha de cálculo GRADISTAT desenvolvida por Blott e Pye (2001) foi usada no tratamento estatístico.



## RESULTADOS

### ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA

#### COMPOSIÇÃO FUNDAMENTAL DAS AMOSTRAS SEDIMENTARES

A análise das dimensões das partículas é fundamental porque permite deduzir informações sobre a sua proveniência e transporte e sobre os ambientes deposicionais.

A partir da composição fundamental das sondagens (Figura 5) verificam-se variações que podem ser organiza-

das em quatro unidades sedimentológicas principais, da base para o topo:

(i) na unidade basal (U1) domina a fração silto-argilosa, geralmente, numa percentagem de cerca de 60%. Porém, esta unidade é bastante irregular, com a fração grosseira a ser superior a 50% do total da amostra sedimentar. A presença de cascalho varia entre 0 e 8%, tornando a U1 a mais grosseira das unidades. Esta unidade contém camadas lutíticas com leitos de areia muito fina e intercalada por areias médias a grosseiras. A U1 é rica em matéria orgânica e em fragmentos de conchas de bivalves e pequenos búzios.

(ii) a unidade U2 revela uma formação de sequências

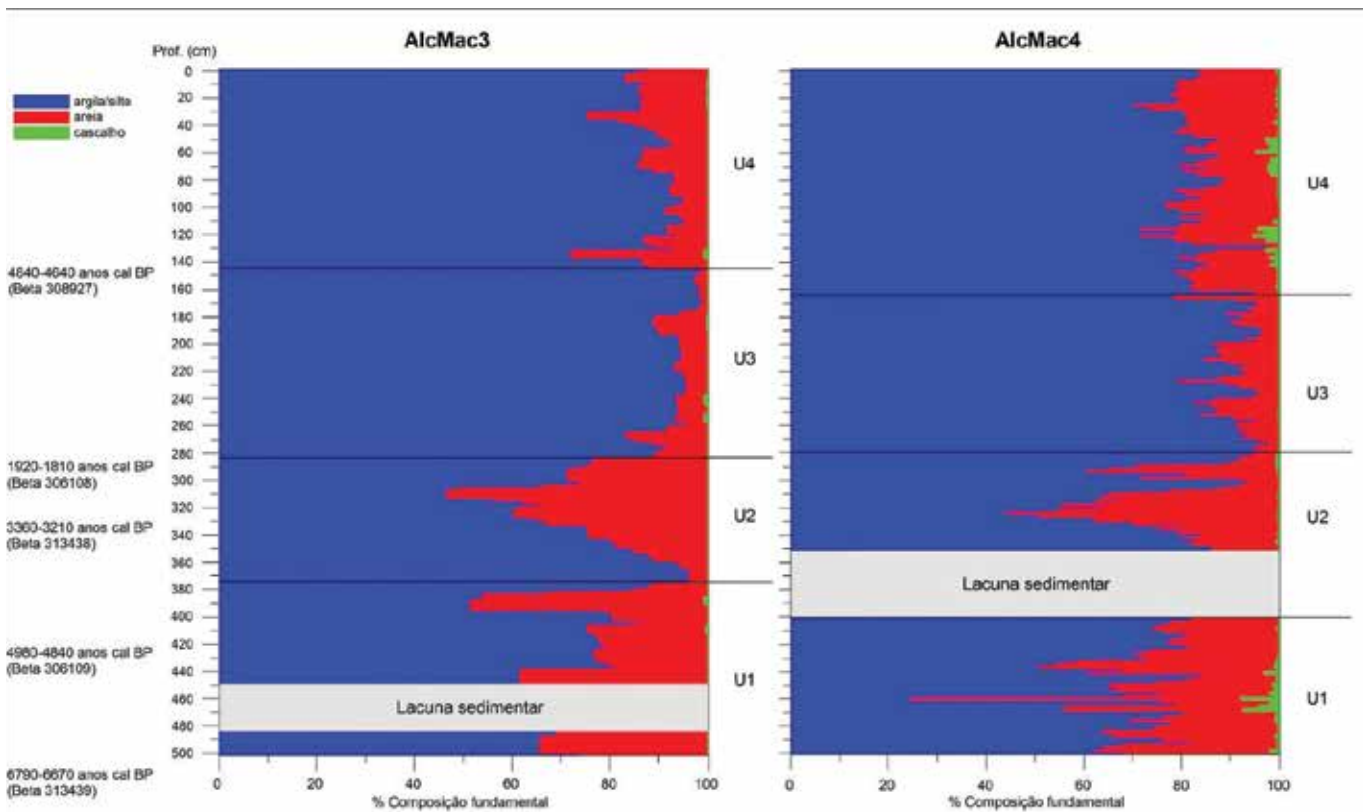


Figura 5 - Perceção dos inquiridos relativamente à magnitude das cheias presenciadas. Fonte: “Inquéritos realizados no âmbito desta investigação”, 2008.

sedimentares negativas ou inversas até 310cm em AlcMac3 e de 324 cm em AlcMac4, com partículas sedimentares sucessivamente mais grosseiras (fração grosseira é representativa em pelo menos 50% da amostra total). Após estes limites (310cm em AlcMac3 e 324 cm em AlcMac4) até à base da unidade seguinte (U3), a sequência sedimentar é positiva ou normal, com elementos cada vez mais finos em direção ao topo. As argilas apresentam uma cor avermelhada com lâminas de silte e areia muito fina a fina. A U2 apresenta numerosos fragmentos de conchas, alguns búzios e restos vegetais, principalmente raízes e carvão.

(iii) a unidade U3 corresponde à unidade mais regular (em relação às frações granulométricas) das sondagens. É caracterizada por um elevado teor em silte e argila, com diferentes tons de castanho a cinza, por vezes com cristais de micas. Ocasionalmente foram encontradas raízes e, na sua base, fragmentos de conchas, cujo exame microscópico indicou ser de caracóis terrestre. O domínio da fração silto-argilosa é o mais notório, em geral superior a 90%, enquanto as partículas sedimentares grosseiras desaparecem integralmente nesta unidade.

(iv) a unidade U4 é constituída por argilas acasta-

nhadas, com alguns leitos de areias e fragmentos rochosos. Esta unidade é traduzida pelo domínio, quase exclusivo, da fração argilo-siltosa com cerca de 80% do total da amostra. A fração arenosa apresenta valores compreendidos entre 3% e 30%, enquanto o cascalho varia entre 0 e 5%.

### PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS ESTATÍSTICOS

A composição granulométrica da fração arenosa demonstra uma maior percentagem de sedimentos de

Tabela I – Parâmetros granulométricos estatísticos calculados para a sondagem AlcMac3.

	Seções	Prof. (cm)	Média (φ)			Desvio-Padrão (φ)			Assimetria			Curtose		
			Mz	Mz <sub>min</sub>	Mz <sub>max</sub>	δ	δ <sub>min</sub>	δ <sub>max</sub>	Sk	Sk <sub>min</sub>	Sk <sub>max</sub>	K	K <sub>min</sub>	K <sub>max</sub>
U4	1A1-2B35	[0-143[	2,92	2,35	3,45	0,87	0,45	1,49	-1,50	-2,84	-0,53	5,82	2,20	14,66
U3	2B36-4A16	]143-271[	3,07	2,43	3,38	0,86	0,52	1,95	-1,58	-2,56	-0,28	5,28	1,54	10,23
U2	4A17-4C22	]281-377[	2,74	2,05	3,41	0,85	0,46	1,10	-0,75	-1,90	0,03	3,22	2,04	7,11
U1	4C23-5B15	]377-500[	2,07	1,62	2,44	0,98	0,86	1,21	-0,27	-0,67	0,08	2,92	1,85	3,91

Tabela II- Parâmetros granulométricos estatísticos calculados para a sondagem AlcMac4.

	Seções	Prof. (cm)	Média (φ)			Desvio-Padrão (φ)			Assimetria			Curtose		
			Mz	Mz <sub>min</sub>	Mz <sub>max</sub>	δ	δ <sub>min</sub>	δ <sub>max</sub>	Sk	Sk <sub>min</sub>	Sk <sub>max</sub>	K	K <sub>min</sub>	K <sub>max</sub>
U4	1.1-4.17	[0-160[	2,28	0,90	2,86	1,31	0,93	2,33	-1,04	-1,92	0,33	3,89	1,97	7,58
U3	4.18-7.7	]160-280[	2,70	1,93	3,42	1,12	0,63	1,52	-0,85	-2,26	0,06	2,95	1,56	8,04
U2	7.8-7.25	]280-350[	2,50	1,54	3,32	1,15	0,77	1,76	-0,94	-2,41	0,21	3,44	1,59	10,06
U1	9.1-10.22	]400-500[	1,69	0,78	2,61	1,27	0,94	1,66	-0,23	-1,02	0,61	2,28	1,47	3,42

granulometria mais fina (areia fina e areia muito fina). Todavia, existem, por vezes, pequenas intercalações mais grosseiras, com o aumento do teor em cascalho, areia muito grosseira e areia grosseira. Os parâmetros estatísticos da fração arenosa da sondagem AlcMac3 são apresentados no Tabela I e Figura 6, enquanto os de AlcMac4 estão expostos no Tabela II e Figura 7.

A sequência sedimentar das sondagens é positiva em direção à U3, visto que se verifica a deposição de sedimentos mais grosseiros com progressiva deposição de sedimentos mais finos e melhor calibrados. As características da população residual da distribuição granulométrica destes sedimentos indicam o enriquecimento em partículas

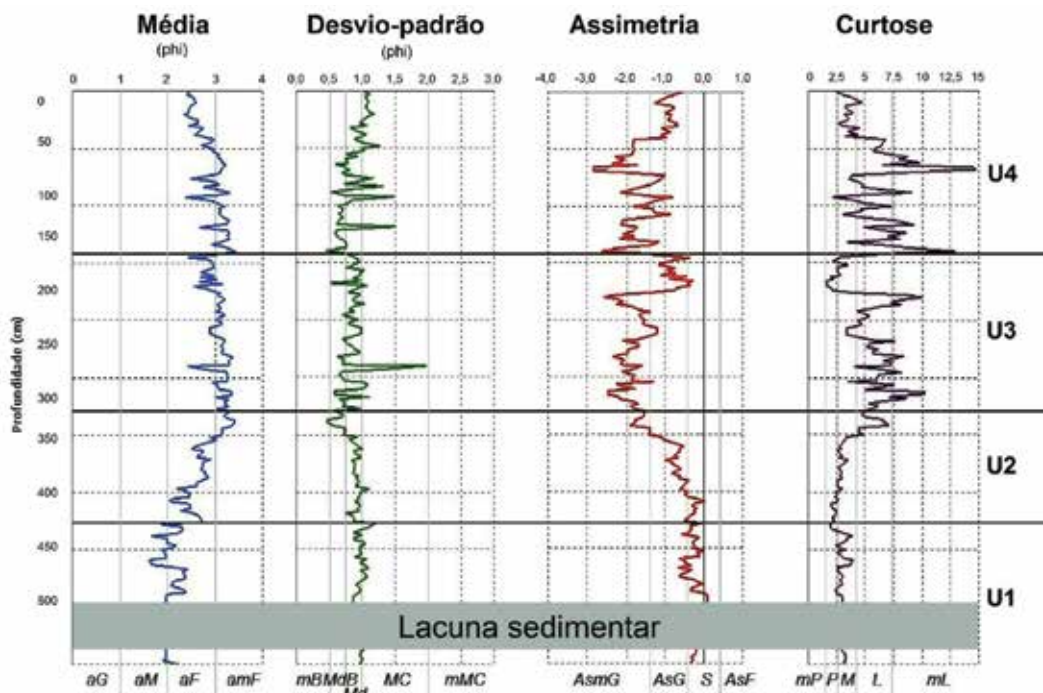


Figura 6 – Parâmetros granulométricos estatísticos da sondagem AlcMac3: média; desvio-padrão; assimetria; curtose. aG – areia grosseira; aM – areia média; aF – areia fina; amF – areia muito fina; mB – bem calibrado; MdB – moderadamente bem calibrado; Md – moderadamente calibrado; MC – mal calibrado; mMC – muito mal calibrado; AsmG – assimetria no sentido dos muito grosseiros; AsG – assimetria no sentido dos grosseiros; S – simétrico; AsF – assimetria no sentido dos finos; mP – muito platicúrtica; P – platicúrtica; M – mesocúrtica; L – leptocúrtica; mL – muito leptocúrtica.

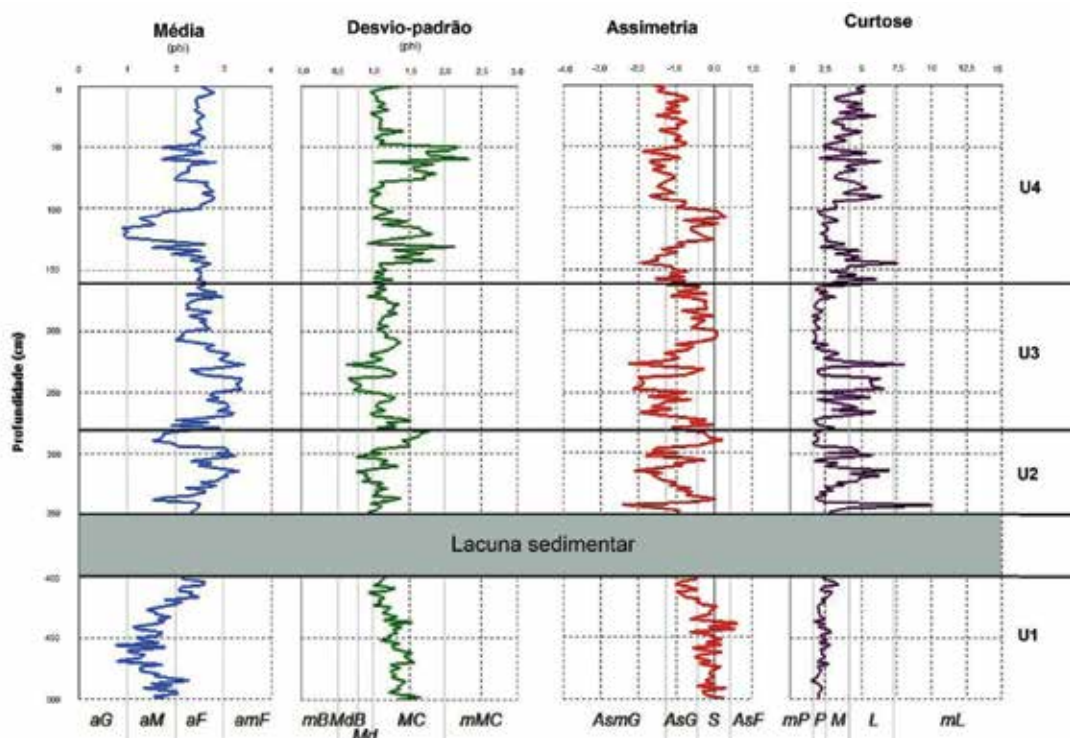


Figura 7 - Parâmetros granulométricos estatísticos da sondagem AlcMac4: média; desvio-padrão; assimetria; curtose. Legenda igual à Figura 6.

finas e com características leptocúrticas. De U3 até ao topo da sondagem, a formação de sequências sedimentares é negativa ou inversa com sedimentos mais grosseiros no topo e calibragem menos afinada. As características da população residual traduzem-se em enriquecimento de partículas sedimentares grosseiras e com características mesocúrticas a platicúrticas (Figuras 6 e 7).

Os valores dos parâmetros granulométricos (Figuras 6 e 7) demonstram uma mudança do ambiente de sedimentação até cerca de 3000 anos BP (Idade do Ferro). Na primeira fase (U1 e U2) as partículas arenosas são de granulometria fina a média, moderadamente calibradas a mal calibradas, com características da população residual simétricas e mesocúrticas a platicúrticas. Na segunda fase (U3 e U4), as areias são finas a muito finas, mal calibradas a moderadamente calibradas, tendo principalmente características leptocúrticas. Esta unidade maior apresenta valores bastante díspares entre si, enquanto a parte basal da sondagem apresenta menores variações dos parâmetros granulométricos estatísticos.

A segunda fase de deposição indica uma perda de energia do ambiente de transporte, devido às correntes de baixa energia existentes no ambiente de sedimentação. A má calibração dos sedimentos permite concluir que os níveis energéticos ao longo do seu percurso foram irregulares e indica uma hidrodinâmica local menos intensa. Os valores díspares de assimetria indicam que as areias analisadas são,

principalmente, de origem fluvial, visto que assimetrias mais variáveis são indicativas desta dinâmica.

## DISCUSSÃO

As características sedimentares das sondagens realizadas no estuário do rio Alcabrichel permitiram verificar fases regressivas e transgressivas do nível do mar através da tendência de aumento ou diminuição do tamanho das partículas dos sedimentos.

A variação da composição fundamental ilustra condições de sedimentação distintas, o que permitiu estabelecer a história ambiental deste estuário nos últimos 5000 anos:

(i) condições de sedimentação num meio local mais energético em U1, sugerindo um estuário em que a dinâmica marinha sobrepunha-se à influência fluvial, com registo sedimentar mais arenoso e rico em restos biológicos marinhos. No seio do projeto FMI 5000, Danielsen et al. (2013), através de análises polínicas, referem que em 5900 anos BP (Beta 313439), a várzea de Maceira era dominada pela influência marinha, com fracos sinais de ação antrópica. Através da variação da composição isotópica  $\delta^{13}\text{C}$  efetuada na sondagem AlcMac3, Portela (2013) indica que a interação fluvio-marinha da U1 é mais equilibrada, sem uma predominância total de um ambiente sobre outro, “tendo sido sempre registado uma mistura de ambientes”. O

autor aponta para uma ligeira supremacia do ambiente continental, porém durante alguns intervalos de tempo a influência fluvial não foi tão significativa (visto que alguns dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  são tipicamente marinhos), o que indicia que as condições ambientais existentes permitiram que o ambiente marinho influenciasse mais facilmente o local de amostragem.

(ii) U2 retrata mudanças sucessivas no estuário do Rio Alcabrichel, tendo em conta os restos biológicos e a composição fundamental das sondagens. Os sedimentos progressivamente maiores na base na U2 podem estar associados a uma fase regressiva do nível do mar, o que aumentaria a energia hidrodinâmica do local<sup>3</sup>, enquanto no topo da U2 verifica-se uma tendência transgressiva, com condições cada vez menos energéticas, a partir de 3000 anos BP (idade do Ferro). O registo polínico realizado por Danielsen et al. (2013) demonstra que, na base desta unidade, os tipos polínicos marinhos decaíram, voltando a aumentar a partir de 3060±30 anos BP, o que corrobora a teoria de uma tendência regressiva até 3000 anos BP, prosseguindo-se uma fase transgressiva. Portela (2013) sugere que a U2 apresenta sucessivas mudanças do ambiente dominante.

(iii) uma mudança brusca para um ambiente menos energético em U3, testemunhando uma fase de enchimento sedimentar do corpo estuarino de materiais de granulometria muito mais fina. Face a estes resultados, a U3 ilustra um ambiente de sedimentação mais calmo que os anteriores, de decantação de siltes e argilas. Portela (2013) sugere que, nesta fase, ocorre um período de transição até ao presente, com predomínio do ambiente terrestre e com o término de indicadores marinhos (Danielsen et al., 2013).

(iv) U4 evidencia a situação atual de um ambiente predominantemente de decantação, mas mais energético do que U3. Verificam-se condições hidrodinâmicas fluviais baixas, mas, por vezes, intercaladas por diversos períodos de inundação, de curta duração, como atesta o aumento de materiais sedimentares mais grosseiros (cascalho e areias).

A segunda fase (U3 e U4) de deposição indica uma perda de energia do ambiente de transporte, devido às correntes de baixa energia existentes no ambiente de sedimentação. A calibragem menos afinada dos sedimentos permite concluir que os níveis energéticos ao longo do seu percurso foram irregulares e indica uma hidrodinâmica local menos intensa. Danielsen et al. (2013) indicam que os sedimentos que constituem as unidades U3 e U4

têm origem terrestre, dado que desaparecem todos os indicadores polínicos marinhos.

Os valores díspares de assimetria indicam que as areias analisadas são, principalmente, de origem fluvial, visto que assimetrias mais variáveis são indicativas desta dinâmica (Dias, 2004b).

As datações efetuadas na sondagem Alcmac3 foram as seguintes: base de U1 com 5910±30 anos BP (6790-6670 anos cal BP; Beta 313439); base de U2 é balizada entre 4350±40 anos BP (4980-4840 anos cal BP; Beta 306109) e 3060±30 anos BP (3360-3210 anos cal BP; Beta 313438); base de U3 com 1910±30 anos BP (1920-1810 anos cal BP; Beta 306108). Dadas as características da unidade U4, por incorporar sedimentos de enxurrada, que mobilizaram, a montante, materiais mais antigos, revelou uma datação não sequencial (4200±30 anos BP; 4840-4640 anos cal BP; Beta 308927), mas aceitável tendo em conta as condições ambientais dominantes. Ou seja, a inversão estratigráfica observada em U4 pode ser explicada pelo aumento da hidrodinâmica do rio Alcabrichel durante uma cheia, o que fez com que este removesse e transportasse sedimentos depositados mais a montante do local de amostragem. Devido ao confinamento natural existente e às características meandrizantes do canal fluvial na planície aluvial de Maceira, os sedimentos foram impedidos de prosseguirem até à foz, tendo sido depositados na referida várzea. Ao serem depositados, pode ter ocorrido inversão cronológica ficando os sedimentos mais antigos assentes nos mais recentes.

## CONCLUSÃO

O estudo de sedimentologia das duas sondagens permitiu distinguir 4 unidades sedimentológicas através da sua composição fundamental (U), da base para o topo: (i) U1, onde predomina a fração silto-argilosa, embora seja a unidade mais grosseira, com intercalações de leitos arenosos e cascalho, rica em matéria orgânica, nomeadamente em fragmentos de conchas de bivalves e pequenos búzios; (ii) U2 apresenta um registo sedimentar menos arenoso que o anterior, mas igualmente rico em restos biológicos marinhos; (iii) U3, maior domínio da fração lutítica, geralmente superior a 90%; (iv) U4 predominância, quase exclusiva, da fração argilosa, mas com leitos de areia e cascalho.

A sequência sedimentar das sondagens é normal ou positiva em direção à U3, pois as amostras são melhor calibradas e com características leptocúrticas. De U3 até

<sup>3</sup> Em fases de regressão marinha há um predomínio da influência fluvial, o que provoca a erosão do canal fluvial. Estas fases regressivas estimulam a atividade erosiva dos cursos de água, que entalham (incisão fluvial) e aprofundam o leito do rio, através do retrabalho e deslocação dos sedimentos do fundo. A energia hidrodinâmica local em fases de regressão marinha é alta, o que permite a deposição de sedimentos grosseiros, mas, por outro lado, erode e impede a deposição de sedimentos mais finos.



ao topo da sondagem, a sequência é negativa ou inversa com sedimentos mal calibrados e com características mesocúrticas a platicúrticas.

A variação da composição fundamental ilustra condições de sedimentação distintas: (i) mais energéticas em U1, sugerindo um estuário em que a influência marinha é superior à fluvial, com registo sedimentar mais arenoso e rico em restos biológicos marinhos; (ii) U2 demonstra uma fase regressiva do nível do mar, seguida de uma fase transgressiva, com condições hidrodinâmicas cada vez menos energéticas em direção ao topo da U2; (iii) uma mudança nítida para um ambiente menos energético em U3, o que permitiu a decantação de materiais de granulometria mais fina, essencialmente de origem fluvial; (iv) U4 retrata a situação atual de um ambiente menos energético, contudo regista a ocorrência de um ou vários episódios de remobilização intensa dos sedimentos, testemunhados por areias e cascalho, que alteraram a sequência cronológica.

A avaliação das mudanças texturais dos sedimentos preservados na várzea de Maceira mostra uma acreção por sedimentos de carácter mais lodoso, provenientes de terra, desde o início da Idade do Ferro, cerca de 3000 anos BP.

## AGRADECIMENTOS

Esta investigação teve o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através do projeto *FMI 5000: Environmental changes: Fluvio-marine interactions over the last 5000 years* (PCDT/CTE-GIX/104035/2008). Aleixo foi bolsista de Investigação Científica no referido projeto.

Este setor do estuário do Alcabrichel mostra que sofreu influência marinha notória até cerca de 2000 anos cal BP (Período Quente Romano), não sendo revelador da existência de alterações climáticas significativas, nem de impactos do Homem exercidos sobre a bacia hidrográfica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDAY, M.; CEARRETA, A.; CACHÃO, M.; FREITAS, M. C.; ANDRADE, C.; GAMA, C. 2006. Micropalaeontological record of Holocene estuarine and marine stages in the Corgo do Porto rivulet (Mira River, SW Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **66**: 532-543.

- ALEIXO, C. 2012. *Reconstituição tridimensional da evolução da várzea de Maceira nos últimos 5000 anos*. Dissertação (Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território) Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa, Lisboa, 121pp.
- AZEVÊDO, T.; RAMOS-PEREIRA, A.; RAMOS, C.; NUNES, E.; FREITAS, M.; ANDRADE, C.; PEREIRA, D. 2007. Floodplain sediments of the Tagus River, Portugal: assessing avulsion, channel migration and human impact. *In: Nichols, G.; Williams, E.; Paola, C.(eds.), Sedimentary Processes, Environments and Basins: A Tribute to Peter Friend*, Special Publication nº 38 of the International Association of Sedimentologists, Wiley-Blackwell, Chicester, 535-554.
- BLOTT, S. & PYE, K. 2001. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, **26**: 1237-1248.
- BOND, G.; SHOWERS, W.; CHESEBY, M.; LOTTI, R.; ALMASI, O.; DEMENOCAL, P.; PRIORE, P.; CULLEN, H.; HAJDAS, I. E BONANI, G. 1997. A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates. *Science*, **78**: 1257-1266.
- BOND, G.; KROMER, B.; BEER, J.; MUSCHELER, R.; EVANS, M. N.; SHOWERS, W.; HOFFMANN, S.; LOTTI-BOND, R.; HAJDAS, I.; BONANI, G. 2001. Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. *Science*, **294**: 2130-2136.
- BOSKI, T.; MOURA, D.; VEIGA-PIRES, C.; CAMACHO, S.; DUARTE, D.; SCOTT, D. B.; FERNANDES, S. G. 2002. Postglacial sea-level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border. *Sedimentary Geology*, **150**: 103-122.
- BÜNTGEN, U.; TEGEL, W.; NICOLUSSI, K.; MCCORMICK, M.; FRANK, D.; TROUET, V.; KAPLAN, J.; HERZIG, F.; HEUSSNER, K.; WANNER, H.; LUTERBACHER, J.; ESPER, J. 2011. 2500 years of European climate variability and human susceptibility. *Science*, **331** (6017): 578-582.

- CHAMINÉ, H.; FONSECA, P.E.; CARVALHO, J. M.; AZEVEDO, M.; GOMES, A.; TEIXEIRA, J. 2004. Geometria, cinemática e dinâmica diapírica da morfoestrutura do Vimeiro (Torres Vedras, Portugal central): implicações para um modelo hidrogeológico. *Caderno Laboratório. Xeológico de Laxe, Coruña*, **29**: 9-30.
- COSTA, P.; LEROY, S.; DINIS, J.; DAWSON, A.; KORTEKAAS, S. 2012. Recent high-energy marine events in the sediments of Lagoa de Óbidos and Martinhal (Portugal): recognition, age and likely causes. *Natural Hazards and Earth Systems Sciences*, **12**:1367-1380.
- CRUCES, A.; QUARESMA, J. C.; FREITAS, M. C.; ANDRADE, C.; FERREIRA, T. & ARAÚJO, M. F. 2011. Evidências geológicas e arqueológicas para a transição climática entre o Período Quente Romano e o “Período das Trevas” no SW alentejano (Portugal). *IV Jornadas do Quaternário – 1st International Conference, Alterações Ambientais e interação humana na fachada atlântica ocidental*. Coimbra, 28pp.
- DALRYMPLE, R.; ZAITLIN, B. & BOYD, R. 1992. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, **62**: 1130–1146.
- DANIELSEN, R. & RAMOS-PEREIRA, A. & MENDES, P.; RAMOS, C.; ALEIXO, C. 2013. Palynological signals of mid-Holocene natural or human induced erosion episodes in the Alcabrichel estuary, central littoral Portugal. *ABSTRACTS VOLUME of the 8th International conference (AIG) on Geomorphology*, Paris, 446pp.
- DELGADO, J.; BOSKI, T.; NIETO, J. M.; PEREIRA, L.; MOURA, D.; GOMES, A.; SOUSA, C.; GARCIA-TENORIO, R. 2012. Sea-level rise and anthropogenic activities recorded in the late Pleistocene/Holocene sedimentary infill of the Guadiana Estuary (SW Ibéria). *Quaternary Science Reviews*, **33**: 121-141.
- DESPRAT, S.; GOÑI, M. & LOUTRE, M. F. 2003. Revealing climatic variability of the last three millennia in northwestern Iberia using pollen influx data. *Earth and Planetary Science Letters*, **213**: 63-78.
- DIAS, J. A. 2004. A história da evolução do litoral português nos últimos vinte milénios. In: Tavares, A. A., Tavares, M. J. F. & Cardoso, J. L., *Evolução Geohistórica do Litoral Português e Fenómenos Correlativos: Geologia, História, Arqueologia e Climatologia*, 157-170.
- DIAS, J. A. 2004b. *A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos*. Universidade do Algarve. 84pp.
- DINIS, J. L.; HENRIQUES, V.; FREITAS, M. C.; ANDRADE, C. & COSTA, P. 2006. Natural to anthropogenic forcing in the Holocene evolution of three coastal lagoons (Caldas da Rainha valley, western Portugal). *Quaternary International*, **150**: 41-51.
- DRAKE, B. 2012. The influence of climatic change on the Late Bronze Age Collapse and the Greek Dark Ages. *Journal of Archaeological Science*, **39** (6): 1862-1870.
- FAIRBRIDGE, R. 1980. The Estuary: its definition and geodynamic cycle. In: Olausson, E. & Cato I. (Eds.). *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*, Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York, 1-35.
- FREITAS, M. C. CRUCES, A. & E ANDRADE, C. 2000. As lagunas de Melides e de Santo André: evolução e comportamento morfodinâmico. In Carvalho, G.S.; Gomes, F.V.; Pinto, F.T. (eds.). *A zona costeira do Alentejo*, Associação Eurocoast-Portugal, 27-44.
- GOFF, J.R.; ROUSE, H.L.; JONES; HAYWARD, B. W. & COCHRAN, U.; MCLEA, W.; DICKINSON, W. W. & MORLEY, M. S. 2000. Evidence for an earthquake and tsunami about 3100–3400 yr ago, and other catastrophic saltwater inundations recorded in a coastal lagoon, New Zealand. *Marine Geology*, **170** (1–2): 231-249.
- ISSAR, A. 2003. *Climate changes during the Holocene and their impact on hydrological systems*. International Hydrology Series. Cambridge University Press, 144pp.
- KANIEWSKI, D.; VAN CAMPO, E.; GUIOT, J.; LE BUREL, S.; OTTO, T. & BAETEMAN, C. 2013. Environmental Roots of the Late Bronze Age Crisis. *PLoS ONE*: **8**(8): e71004.
- KULBERG, J. 2000. *Evolução tectónica mesozóica da bacia lusitana*. Tese (Doutoramento em Geologia, Especialidade Geologia Estrutural).

- Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 280pp.
- MANUPPELLA, G.; ANTUNES, M. T.; PAIS, J.; RAMALHO, M. M & REY, J. 1999. Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000 e Notícia Explicativa da Folha 30-A Lourinhã. Departamento de Geologia. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa, 83p.
- MARTÍN-PUERTAS, C.; VALERO-GARCÉS, B. L.; BRAUER, A.; MATA, M. P.; DELGADO-HUERTAS, A. & DULSKI, P. 2009. The Iberian-Roman Humid Period (2600-1600 cal yr BP) in the Zoñar Lake varve record (Andalucía, southern Spain). *Quaternary Research*, **71**: 108-120.
- MARTÍN-PUERTAS, C.; MATTHES, K.; BRAUER, A.; MUSCHELER, R.; HANSEN, F.; PETRICK, C.; ALDAHAN, A.; POSSNERT, G. & VAN GEEL, B. 2012. Regional atmospheric circulation shifts induced by a grand solar minimum. *Nature Geoscience*, **5**:397-401.
- MAYEWSKI, P.; ROHLING, E.; STAGER, J.; KARLÉN, W.; MAASCH, K.; MEEKER, L.; MEYERSON, E.; GASSE, F.; VAN KREVELD, S.; HOLMGREN, K.; LEETHORP, J.; ROSQVIST, G.; RACK, F.; STAUBWASSER, M.; SCHNEIDER, R.; STEIG, E. 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research*, **62**:243-255.
- MIRANDA, P. 2001. Meteorologia e Ambiente. *Universidade Aberta*, 325p.
- MORELLÓN, M.; PÉREZ-SANZ, A.; CORELLA, J. P.; BÜNTGEN, U.; CATALÁN, J.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; GONZÁLEZ-TRUEBA, J.; LÓPEZ-SÁEZ, J.; MORENO, A.; PLA-RABES, S.; SAZ-SÁNCHEZ, M.; SCUSSOLINI, P.; SERRANO, E.; STEINHILBER, F.; STEFANOVA, V.; VEGAS-VILARRÚBIA, T. & VALERO-GARCÉS, B. 2012. A multi-proxy perspective on Millennium-long climate variability in the Southern Pyrenees. *Climate of the Past*, **8**:683-700.
- PLATER, A.; KIRBY, J. 2011. *Sea-Level Change and Coastal Geomorphic Response*. In: Wolanski, E.; McLusky, D. (eds.). *Treatise on Estuarine and Coastal*, **3** (3.03): 39-72.
- PORTELA, P. 2013. *Análise elementar e isotópica de sedimentos estuarinos do rio Alcabrichel (Torres Vedras) e da ribeira de Bensafrim (Lagos)*. Dissertação (Mestrado em Geologia do Ambiente, Risco Geológico e Ordenamento do Território), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- RAMOS-PEREIRA, A.; RAMOS, C.; TRINDADE, J.; DANIELSEN, R.; MONGE-SOARES, A.; PORTELA, P.; & MARTINS, J. 2013 – Infilling constraints of the Estuary of River Alcabrichel since Middle Holocene. *ABSTRACTS VOLUME of the 8th International conference (AIG) on Geomorphology*, Paris, 390pp.
- PRITCHARD, D. 1960. *Lectures on estuarine oceanography*, Kinsman, B. (ed.), J. Hopkins University, 154 pp.
- SABATIER, P.; DEZILEAU, L.; COLIN, C.; BRIQUEU, L.; BOUCHETTE, F.; MARTINEZ, P.; SIANI, G.; RAYNAL, O. & VON GRAFENSTEIN, U. 2012. 7000 years of paleostorm activity in the NW Mediterranean Sea in response to Holocene climate events. *Quaternary Research*, **77**:1-12.
- SCHNEIDER, H.; HÖFER, D.; TROG, C.; BUSCH, S.; SCHNEIDER, M.; BAADE, J.; DAUT, G. & MÄUSBACHER, R. 2010. Holocene estuary development in the Algarve Region (Southern Portugal) – A reconstruction of sedimentological and ecological evolution. *Quaternary International*, **221**, 141-158.
- THORNDYCRRAFT, V. R. & BENITO, G. 2006. Late Holocene fluvial chronology of Spain: The role of climatic variability and human impact. *Catena*, **66**: 34 – 41.
- TRINDADE, J. 2001. *Evolução geomorfológica do sector terminal da bacia do Rio Alcabrichel*. Tese (Mestrado em Geografia Física e Ambiente), Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa, 121p.
- VILANOVA, I.; PRIETO, A. R.; STUTZ, S. & BETTIS III, E. A. 2010. Holocene vegetation changes along the southeastern coast of the Argentinean Pampa grasslands in relation to sea-level fluctuations and climatic variability: Palynological analysis of alluvial sequences from Arroyo Claromecó. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **298**: 210 – 223.

- VILAS, F.; SOPEÑA, A.; REY, L.; RAMOS, A.; NOMBELA, M. A. & ARCHE, A. 1991. The Corrubedo beach-lagoon complex, Galicia, Spain: Dynamics, sediments and recent evolution of a mesotidal coastal embayment. *Marine Geology*, **97** (3-4): 391-404.
- VIS, G. & KASSE, C.; VANDENBERGHE, J. 2008. Late Pleistocene and Holocene paleogeography of the Lower Tagus Valley (Portugal): effects of relative sea level, valley morphology and sediment supply. *Quaternary Science Reviews*, **27**: 1682-1709.
- WANNER, H.; BEER, J.; BÜTIKOFER, J.; CROWLEY, T.; CUBASCH, U.; FLÜCKIGER, J.; GOOSSE, H.; GROSJEAN, M.; JOOS, F.; KAPLAN, J.O.; KÜTTEL, M.; MÜLLER, S.A.; COLIN-PRENTICE, I.; SOLOMINA, O.; STOCKER, T.F.; TARASOV, P.; WAGNER, M. & WIDMANN, M. 2008. Mid- to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews*, **27**: 1791-1828.