

Metodologia para o traçado da Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais em ambientes de transição: aplicação ao estuário do Tejo (Portugal) *

Methodological framework for the definition and demarcation of the highest astronomical tide line in estuaries: the case of Tagus Estuary (Portugal)

Ana Rilo^{@,1}, Paula Freire¹, Ricardo Nogueira Mendes², Rodrigo Ceia², João Catalão³, Rui Taborda³, Ricardo Melo², Maria Isabel Caçador², Maria da Conceição Freitas⁴, André Bustorff Fortunato¹, Elsa Alves¹

RESUMO

Os trabalhos desenvolvidos por equipas de investigação sobre a zona costeira bem como as ferramentas de gestão e ordenamento das regiões hidrográficas, como, por exemplo, os Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica e os Planos de Ordenamento de Estuários, necessitam da definição de margem e de leito e, por conseguinte, do traçado da Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais (LMPMAVE) que corresponde ao seu limite. Muito embora a definição destas áreas e respetivo limite esteja descrita na lei que estabelece a titularidade dos recursos hídricos, existe uma dificuldade prática em transpor para a realidade do terreno as conceções legais, particularmente em sistemas de transição, como os estuários. Assim, revela-se prioritário o desenvolvimento de uma metodologia abrangente e objetiva capaz de responder a este desafio.

No presente trabalho, apresenta-se uma abordagem metodológica interdisciplinar e integrada, baseada na recolha e análise de informação bibliográfica, cartográfica e de campo sobre a área de estudo (estuário do Tejo), bem como a experiência adquirida no traçado deste limite noutros locais do país. Deste modo, foi possível desenvolver um conjunto de critérios para o traçado da LMPMAVE em ambientes de transição, que podem ser divididos em quatro tipologias: a) biofísica, estabelecida através da presença ou ausência de vegetação halófila; b) tipo de estrutura/altimétrica, que se prende com as características intrínsecas da estrutura e sua elevação; c) de uso do solo; d) de índole legal, baseada na Lei 54/2005 de 15 de novembro.

O desenvolvimento e aplicação desta metodologia ao estuário do Tejo permitiu dispor pela primeira vez do traçado deste limite neste importante sistema de transição e, simultaneamente, ultrapassar a dificuldade de implementar os conceitos legais de LMPMAVE no terreno, ao criar critérios objetivos de suporte à sua marcação.

Palavras-chave: gestão costeira, leito, margem, metodologia integrada

@ - Corresponding author: arilo@lnec.pt

1 - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil, nº 101, 1700-066 Lisboa, Portugal. e-mails: Rilo <arilo@lnec.pt>; Freire <pfreire@lnec.pt>; Fortunato <afortunato@lnec.pt>; Alves <ealves@lnec.pt>

2 - Universidade de Lisboa, Centro de Oceanografia - FCUL, Campo Grande, 1749-016, Lisboa, Portugal. e-mails: Mendes <rmmendes@fc.ul.pt>; Ceia <rodrigoceia@obrangol.com>; Melo <ramelo@fc.ul.pt>; Caçador <micacador@fc.ul.pt>

3 - Universidade de Lisboa, Instituto Dom Luís - FCUL, Campo Grande, 1749-016, Lisboa, Portugal. e-mails: Catalão <jcfernandes@fc.ul.pt>; Taborda <rtaborda@fc.ul.pt>

4 - Universidade de Lisboa, Centro de Geologia - FCUL, Campo Grande, 1749-016, Lisboa, Portugal. e-mail: Freitas <cfreitas@fc.ul.pt>

ABSTRACT

Important coastal management instruments, such as Estuary and Watershed Planning and Management Plans, require the cartographic demarcation of the boundary between the estuarine bed and fringe. This boundary has important implications on the jurisdictional areas of public entities that manage and regulate public water bodies, as well as on some aspects of the Water Framework Directive application, particularly the ecological assessment and the evaluation of human disturbance factors.

Although this boundary is clearly defined by the Portuguese law as the water line at the highest astronomical tide, its practical determination is not straightforward. First, different hydromorphological conditions and anthropogenic occupations of estuarine margins can affect the position of the line. Also, maximum tidal elevations vary along the estuary. Finally, tidal effects are sometimes difficult to distinguish from other factors, from riverine and atmospheric origin, that affect the water levels. Therefore, the development of a methodology to determine this line, based on objective criteria, is both a challenge and a requirement to estuarine management.

A new approach based on different criteria is proposed and illustrated in the Tagus estuary (Portugal). Four types of criteria are proposed: a) a biophysical criterion, based on the presence or absence of halophyte vegetation; b) the type of structure/elevation criterion, based on the height and permeability characteristics of existing marginal structures; c) a land use criterion; d) a legal criterion based on the Law 54/2005 of 15 November.

The application of the new approach requires the collection and assessment of diverse information on the study area, including legal documents, cartographic material, aerial photographs and orthophotos (0.50 m spatial resolution, RGB and near-infrared). Other imagery sources were assessed, such as Bing Maps aerial (bird's eye option) and Google Earth (using the historical imagery tool). Previous reports regarding the definition of this boundary in other Portuguese systems were also analyzed and taken into consideration. The criteria associated to the type of structure/elevation and to land use were supported by a recent (2011) topographic survey of the Tagus estuary marginal areas. Finally, the LANDSAT 7 ETM+ image corresponding to the highest tide level in the Tagus registered by this satellite (from 22 February 2002 at 11:03:23) was processed using the Image Analysis tool from ArcMap. The 752 composition bands were selected in order to highlight the extension of the submerge area for those tide conditions, and allowed the validation of biophysical criteria. These criteria definition was further validated by topographic field data and biophysical field observation acquired during January, August and September 2011.

The biophysical criterion is based on the presence, distribution and behavior of various species of salt marsh (salt tolerant). The underlying principle is that the transition from this type of vegetation to another, with terrestrial features and little tolerance for salt water, is a reliable indicator of the boundary between the bed and the margin. This criterion was applied in estuarine beaches, cliffs, limits of salt marsh areas and waterways.

When the margin is occupied by anthropogenic structures (e.g., defense adherent structures, jetties, piers, dikes, salt pans and tidal mills) the type of structure/altimeter criterion was applied. A previous analysis of extreme water levels in this estuary, considering tides and storm surges, indicates maximum water levels ranging between 2.3 m above mean sea level (MSL) at the estuary mouth and 2.8 m MSL in the upper estuarine area, for a return period of 100 years. Considering that wave run-up was neglected in that study, the 3.0 m (MSL) height was taken as representative of altimetry positions that are not subject to frequent flooding. Thus, impermeable structures lower than 3.0 m (MSL) are included in the bed and the structures higher than 3.0m (MSL) are in the margin. Permeable structures are always included in the estuarine bed.

The land use criterion is based on the observation that there can be agriculture lands in the estuary margins that are below high tide level, due to historical human efforts to preserve those areas from estuarine flooding. Thus, these areas are included in the margin.

Finally, the legal criterion is based on the paragraph 1 of article 10 of Law 54/2005 dated from 15 November, which indicates that the "mouchões" (local term that designates islands and sandbanks formed by alluvial deposition) are included in the estuarine bed.

The methodological approach presented herein allowed for the first time the outline of the highest astronomical tide line for the Tagus estuary, thus providing an important contribution to the management of this area. Constraints in the cartographic demarcation are associated not only to morphological, hydrodynamic and anthropogenic diversity, but mainly with the application of legal definitions, since the Law 54/2005 adopts "average flood" as the single guiding principle for setting the limit between bed and margin, not considering that wave swash, storm surge effects and sea level rise also influence water levels in estuaries.

It is recognized that the boundary position varies in space as well as in time. Those aspects should be taken into account in future line reassessments considering the effects of sea level rise. It is proposed that boundary line reassessments are associated with Estuary and Watershed Planning and Management Plans for effectiveness. Finally, several issues that should be addressed in future work are pointed out.

Keywords: coastal management, estuarine bed, estuarine fringe, integrated methodology

1. INTRODUÇÃO**1.1. Enquadramento e objetivos**

Atualmente, grande parte da população mundial vive na proximidade de zonas costeiras (*sensu lato*), o que levou à amplificação das pressões antrópicas sobre estas zonas, criando um equilíbrio frágil entre os sistemas naturais e a presença humana. Os instrumentos de gestão e ordenamento da zona costeira procuram criar o quadro normativo para o desenvolvimento sustentável destas áreas.

Frequentemente, os trabalhos realizados por equipas de investigação sobre a zona costeira, bem como os realizados pelas entidades gestoras no desenvolvimento dos instrumentos de gestão e ordenamento, requerem, para a sua prossecução, a definição de leito e margem. No quadro legal português, esta definição encontra-se na Lei 54/2005¹, resultante da

1 - Lei 54/2005 de 15 de novembro. *Estabelece a titularidade dos recursos hídricos* DR nº 219 SÉRIE I-A.

transposição da Diretiva-Quadro da Água² para a legislação nacional. Este diploma no n.º 2 do artigo 10º define que «o leito das águas do mar, bem como das demais águas sujeitas à influência das marés, é limitado pela linha da máxima preia-mar de águas vivas equinociais» e adianta ainda que « (...) essa linha é definida, para cada local, em função do espraçamento das vagas em condições médias de agitação do mar, no primeiro caso, e em condições de cheias médias, no segundo.». O n.º 1 do artigo 11º do mesmo diploma explica que: «entende-se por margem uma faixa de terreno contígua ou sobranceira à linha que limita o leito das águas». O n.º 6 do mesmo artigo esclarece ainda que «a largura da margem conta-se a partir da linha limite do leito (...)». Deste modo, a marcação do limite entre leito e margem está sujeita à definição prévia e traçado da Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais (LMPMAVE).

A importância e implicações práticas do traçado da LMPMAVE prendem-se com os limites da área de competência na gestão e licenciamento de usos no leito e na margem de diversas entidades que superintendem e regulam o domínio público hídrico. Além disto, há ainda a considerar as ações judiciais para reclamação da propriedade particular de terrenos do leito, conquistados ou contíguos a ele, que implicam os diversos organismos que gerem os recursos hídricos e de que há inúmeros registos na jurisprudência nacional.

A definição e traçado da LMPMAVE em sistemas de transição/estuários ganham, também, particular importância no âmbito de outros aspetos ligados à Diretiva-Quadro da Água, nomeadamente a avaliação do estado ecológico das massas de água. No âmbito desta avaliação, torna-se necessária a construção de cartografia detalhada, capaz de dar resposta à caracterização de alguns subelementos de qualidade ecológica como é o caso das macroalgas oportunistas (Scanlan *et al.*, 2007), ou das angiospérmicas (Best *et al.*, 2007; García *et al.*, 2009). Além disto, também a avaliação de fatores de perturbação antrópica carecem da definição dos limites destes sistemas.

A materialização no terreno do conceito de LMPMAVE é particularmente difícil no caso das «águas sujeitas à influência das marés», ou seja, no caso de áreas de transição como os estuários, devido às suas características hidromorfológicas e à diversidade de ocupação e uso do solo, sendo frequentemente dominante a componente antrópica. Nesse sentido, torna-se relevante a elaboração de um conjunto de critérios objetivos, mensuráveis no terreno e de fácil aplicação, que possam suportar a definição o mais objetiva possível deste limite em estuários.

O estuário do Tejo constitui o maior sistema de transição existente em território nacional, onde se desenvolve a mais importante área urbana do país. Torna-se, assim, relevante a definição de critérios objetivos para o traçado da LMPMAVE, tanto mais que não está disponível nenhuma proposta deste limite para este sistema de transição. O presente trabalho

propõe, pela primeira vez, um conjunto de critérios para o traçado da LMPMAVE no estuário do Tejo.

1.2. A Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais (LMPMAVE) no contexto português: caracterização e conceitos

De acordo com a Lei 54/2005 de 15 de novembro, a LMPMAVE é definida em «condições de cheias médias» para as águas de transição. Águas de transição são aqui entendidas como estuários e lagunas onde a influência da oscilação periódica da maré se faz sentir permanentemente. A propagação das marés nos estuários depende, entre outros fatores, da morfologia do sistema estuarino e da afluência de caudais fluviais ao sistema.

Tendo em conta o enunciado, parece claro que é o conceito de cheias médias que norteia o traçado da LMPMAVE em estuários. No entanto, o conceito de cheias médias não é facilmente quantificável. É referido por Amaral & Fernandes (1978) que «cheias médias, segundo o entendimento da Direção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, são as que podem prever-se com a possibilidade de ocorrência de uma vez em cada quatro ou cinco anos» (pág. 84). Também Tavarela-Lobo (1999) refere o mesmo entendimento (pág. 203). É possível prever valores de caudal fluvial para diferentes períodos de retorno, mas é difícil aliar a estes valores de caudal cotas altimétricas que permitam sustentar o traçado da LMPMAVE em ambientes de transição tendo por base unicamente esse critério.

Talvez devido a esta dificuldade, surge o Despacho Normativo 32/2008 de 20 de junho³ que estabelece que a LMPMAVE em zonas abrigadas de agitação marítima (*e.g.*, portos ou estuários) seja traçada pela curva de nível dos 2 m (NMM). No entanto, quando se procurou sobrepor esta cota altimétrica às observações de campo, verificaram-se inconsistências relevantes, decorrentes da variação espacial do nível de maré.

O trabalho publicado pela Administração de Região Hidrográfica (ARH) do Algarve sobre a demarcação da LMPMAVE no litoral da costa algarvia (Teixeira, 2009) defende que, no caso de estuários e lagunas permanentes, «o traçado da LMPMAVE deverá ser feito caso a caso, conjugando a informação altimétrica, a cartografia das biocenoses das plantas halófitas com distribuição altimétrica condicionada pelos regimes de emersão/imersão e pela informação recolhida no terreno durante as marés de águas vivas equinociais» (pág.100). Neste sentido, também a Administração da Região Hidrográfica do Centro (ARH Centro) produziu um guia com critérios para a demarcação física do leito e da margem das águas de transição em sistemas lagunares, estuários e lagoas costeiras do litoral centro (ARH Centro, 2011). Neste documento, opta-se por uma solução de compromisso entre critérios altimétricos, presença de biocenoses, registos cartográficos

2 - Diretiva n.º. 2000/60/CE do Parlamento e do Conselho de 23 de outubro de 2000. *Estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável do domínio hídrico (Diretiva Quadro da Água)*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, de 22 de dezembro de 2000.

3 - Despacho normativo 32/2008 de 20 de junho do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional. *Estabelece o regulamento dos procedimentos de delimitação do Domínio Público Marítimo pendentes em 27 de outubro de 2007*. Constam as normas a observar pela comissão de delimitação, bem como os elementos para a elaboração da planta de delimitação.

antigos e o disposto no Despacho Normativo 32/2008 de 20 de junho³, conjugando-os consoante os casos.

Neste contexto, permanecem dúvidas quanto à definição deste limite, especialmente em casos como o do estuário do Tejo, onde a variação espacial das condições hidrodinâmicas, fluviais e de uso antropogénico do leito e da margem são especialmente importantes. Observações do terreno comprovam que a LMPMAVE possui grande variabilidade espacial e temporal, tornando-se essencial encontrar critérios objetivos e de fácil aplicabilidade, que suportem com elevado grau de confiança o limite entre leito e margem.

Assim, no contexto deste trabalho entende-se (Figura 1) por *leito* «o terreno coberto pelas águas quando não influenciadas por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades» (n.º 1 do art.10.º da Lei 54/2005) e por *margem* a faixa de terreno que lhe é contígua e que, consoante se encontre ou não sob a jurisdição das autoridades marítimas e portuárias, tem a largura de 50m ou 30m. Entende-se por *orla estuarina* o referido no diploma legal que define o regime dos planos de ordenamento de estuários⁴. Assim, «a orla estuarina corresponde a uma zona terrestre de proteção cuja largura é fixada na resolução do Conselho de Ministros que aprovar o Plano de Ordenamento do Estuário até ao máximo de 500 m contados a partir da margem (...)».

2. CASO DE ESTUDO: ESTUÁRIO DO TEJO

O estuário do Tejo localiza-se na costa ocidental portuguesa, na região da Estremadura e Ribatejo meridionais, sendo limitado pelos paralelos 38º40'N e 39º05'N e pelos meridianos 9º20'W e 8º45'W (Figura 2), e desenvolve-se segundo as direções NNE-SSW e ENE-WSW. O estuário

4 - Decreto-lei 129/2008 de 21 de julho. *Estabelece o regime dos planos de ordenamento dos estuários*. DR n.º 139 SÉRIE I A.

ocupa uma superfície de 320 km² e estende-se desde a embocadura (Forte do Bugio) até 80 km a montante (Muge), limite da propagação da maré dinâmica (Freire, 2003).

Esta vasta área de transição entre o rio Tejo e o oceano é suporte de grande diversidade biológica e paisagística. Simultaneamente, o seu extenso plano de água serve de ligação física entre as duas margens do estuário na principal área metropolitana do país, representando por isso uma zona de importância estratégica a nível nacional.

2.1. Morfologia e hidrodinâmica estuarina

O estuário do Tejo ocupa uma área de cerca de 33,9x10³ ha (Mendes *et al.*, 2012), da qual cerca de 43% corresponde ao domínio *intertidal* (equivalente a *entre marés*). Este estende-se sobretudo na zona interior do estuário, pouco profunda, ocupada por rasos de maré e sapais (equivalente a *marisma*) de extrato essencialmente vasoso, cujas áreas são, respetivamente, 27,5% e 5,5% da área total do estuário. No domínio intertidal, Mendes *et al.* (2012) identificaram diferentes habitats, ostras, praias e ervas marinhas, bem como ocupação antrópica diversificada (p.e. moinhos de maré e salinas). A ligação do estuário ao oceano Atlântico faz-se através de um canal de embocadura estreito e profundo, com cotas máximas que atingem 34 m (referidas ao ZH (Zero Hidrográfico)).

O estuário encontra-se sobre a influência de uma maré semidiurna e pode ser classificado como um estuário mesotidal elevado (Hayes, 1979). A amplitude da maré varia entre 0,75m em Cascais (em maré morta) e 4,3m na zona mais a montante (em maré viva) (Fortunato *et al.*, 1999). Na Ponta da Erva (Figura 3a), Fortunato *et al.* (1999) apontam para valores de 3,2m de amplitude em maré viva média. Este aumento da amplitude deve-se a um efeito de ressonância, que amplifica seletivamente as constituintes semidiurnas (Fortunato *et al.*, 1999).

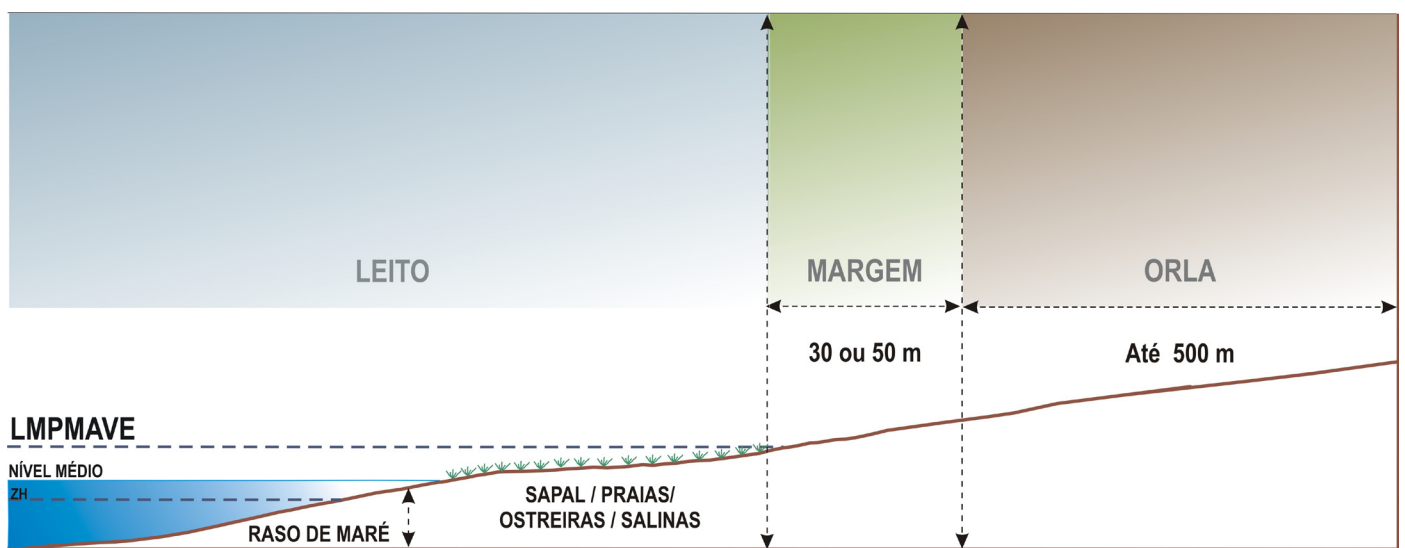


Figura 1. Representação esquemática dos conceitos de Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais (LMPMAVE), Leito, Margem e Orla de acordo com a Lei 54/2005 de 15 de novembro e Decreto-lei 129/2008 de 21 de julho.

Figure 1. Schematic draw explaining the concepts of the highest astronomical tide line, estuarine bed, margin and fringe according to the Law 54/2005 of 15 November and decree law 129/2008 of July 21st of the Portuguese legislation.

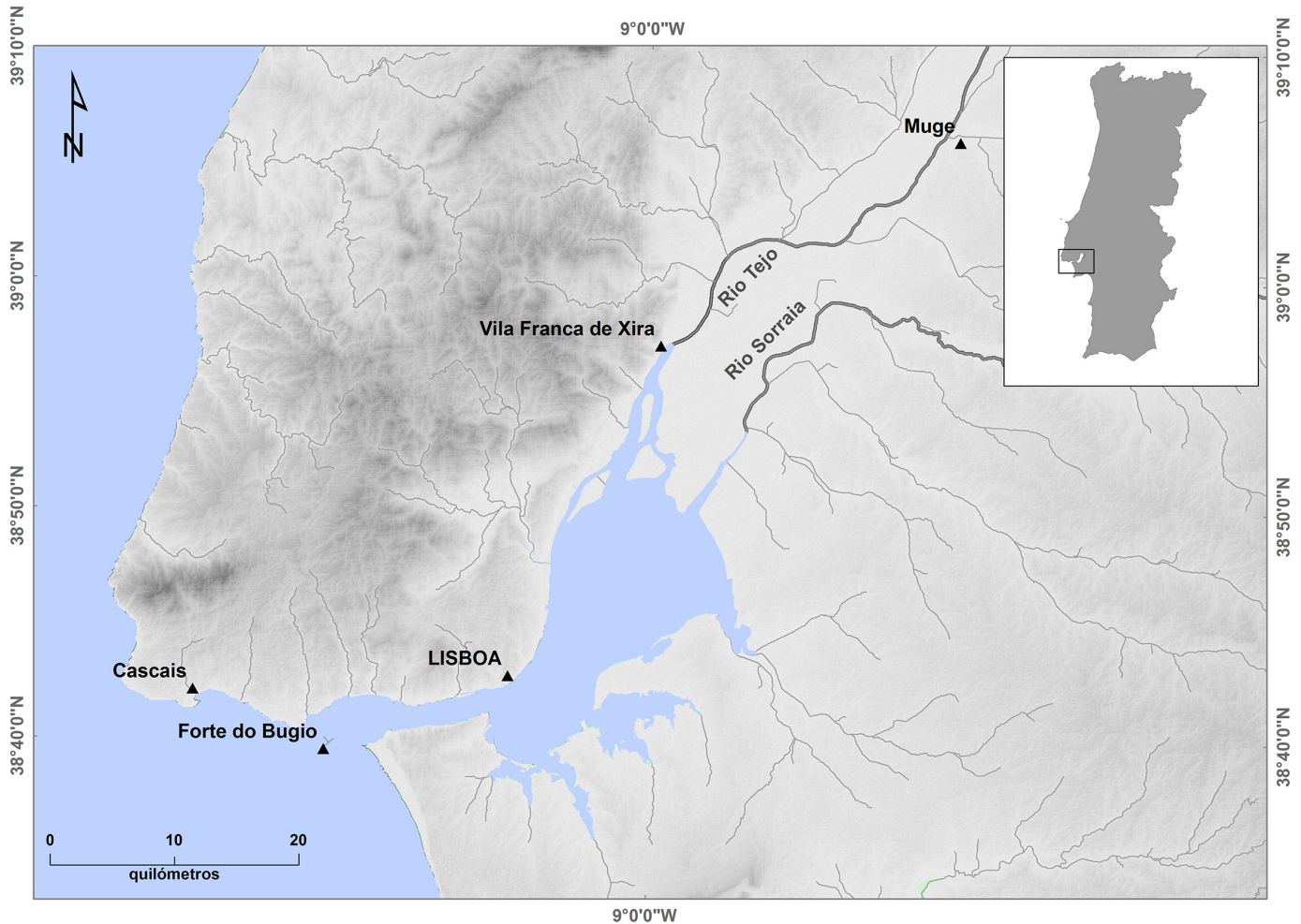


Figura 2. Localização e enquadramento do estuário do Tejo.

Figure 2. Tagus estuary location.

A agitação marítima oceânica faz-se sentir apenas junto à embocadura, uma vez que a morfologia do canal não permite a propagação das ondas oceânicas para a zona interior (Freire, 2003). Contudo, a extensão do estuário interno e a sua orientação aos ventos dominantes (rumos de N e NW) propiciam um *fetch* efetivo considerável (máximo de 13 km relativamente ao rumo NW-NE) e a possibilidade de geração local de ondas (Freire & Andrade, 1999; Oliveira & Vargas, 2009). Na praia do Alfeite (Figura 3b) foram medidas ondas com altura máxima de 0,84 m numa situação de temporal (Freire *et al.*, 2009). Este facto particular proporciona a manutenção de praias e restingas de areia ao longo da margem esquerda do estuário interno (Freire *et al.*, 2006; Taborda *et al.*, 2009).

As aflúncias fluviais ao estuário provêm do seu principal afluente, o rio Tejo (ver Figura 2). O regime atual de aflúncias, tanto em volume de água como de sedimentos, é influenciado pela capacidade de armazenamento das albufeiras existentes, que se estima atualmente em 12.200 hm³, sendo 2.700 hm³ referentes à parte portuguesa da bacia hidrográfica do rio Tejo. Em termos médios, e tendo por base a série de escoamentos no período de 1973 a 2011, as aflúncias atuais ao estuário são cerca de 310 m³s⁻¹ em Almourol. As estimativas do

caudal sólido em suspensão afluente ao estuário situam-se entre 0,1×10⁶ e 0,5×10⁶ t/ano em Almourol. No entanto, devido às incertezas associadas às medições de caudal sólido, presume-se que este intervalo possa ser maior, na ordem de 0,1×10⁶ a 1×10⁶ t/ano (Rilo *et al.*, 2013).

No que diz respeito à salinidade, o estuário pode ser classificado como parcialmente estratificado (Fortunato *et al.*, 1997; Neves, 2010). Usando metodologias quantitativas, Neves (2010) confirmou esta classificação e verificou ainda que as características de estratificação da coluna de água são acentuadas durante a maré morta. O mesmo autor adianta ainda que, quando estas condições coincidem com descargas fluviais médias de inverno, o estuário poderá ser classificado como “estratificado”.

2.2. Caracterização geral da comunidade biológica do estuário

Grande parte dos sedimentos finos transportados pelo rio é depositada no estuário, devido à diminuição da velocidade da corrente fluvial e às condições favoráveis de salinidade que concorrem para a floculação do material fino em suspensão (Freire, 2003).

A deposição sedimentar em áreas intertidais conduz ao aparecimento de sapais, sendo um fator importante para a sua evolução (Salgueiro & Caçador, 2007). Os sapais são caracterizados pela baixa variedade de espécies, mas destacam-se pelo facto de as espécies aí existentes possuírem características morfológicas e fisiológicas que lhes permitem viver em ambientes salgados e alagadiços (Caçador *et al.*, 1996). Duas outras comunidades vegetais são abundantes no estuário, aproveitando a disponibilidade de luz e nutrientes: as algas unicelulares, que constituem o microfítobentos à superfície dos sedimentos (Brito *et al.*, 2013), e as macroalgas, que crescem sobre partículas de maiores dimensões, como conchas ou pedras (Sousa - Dias & Melo, 2008). Um estudo recente (Cunha *et al.*, 2009) indica ainda a presença de uma comunidade de ervas marinhas e estudos realizados por Mendes *et al.*, (2013) apontam para o seu aumento, ocupando em 2012 cerca de 60 ha.

O estuário do Tejo possui ainda diversas espécies de peixes, mariscos e aves limícolas. Esta riqueza biológica justifica o estatuto de área protegida (Reserva Natural do Estuário do Tejo), estando uma parte da reserva classificada como Zona de Proteção Especial de Aves Selvagens, integrante da Rede Natura 2000. A nível internacional, faz parte da lista de

sítios da convenção Ramsar, que classifica o estuário como zona húmida de importância internacional.

2.3. Caracterização socioeconómica e ocupação humana

O estuário do Tejo desenvolve-se na região mais povoada do país, constituindo a principal área metropolitana nacional, onde a pressão demográfica, industrial e agrícola mais se faz sentir. Dados recentes (INE, 2012) mostram que a população residente na região de Lisboa representa 26,7% da população do país, tendo aumentado na última década em cerca de 6%.

A área marginal que circunscreve o estuário do Tejo compreende onze municípios. Dados recentes (INE, 2012) revelam um decréscimo da população residente entre 2001 e 2011 em Lisboa (-3%), Barreiro (-0,3%) e Moita (-2,1%). Pelo contrário, registaram maior crescimento populacional os municípios de Alcochete (+35%) e Montijo (+30,8%), seguidos de Vila Franca de Xira, Almada, Oeiras, Seixal e Loures (Figura 3).

No que à densidade populacional diz respeito, a região de Lisboa apresenta uma densidade de 940 habitantes por km², valor muito superior à densidade média nacional que se situa nos 114,5 habitantes por km² (INE, 2012).

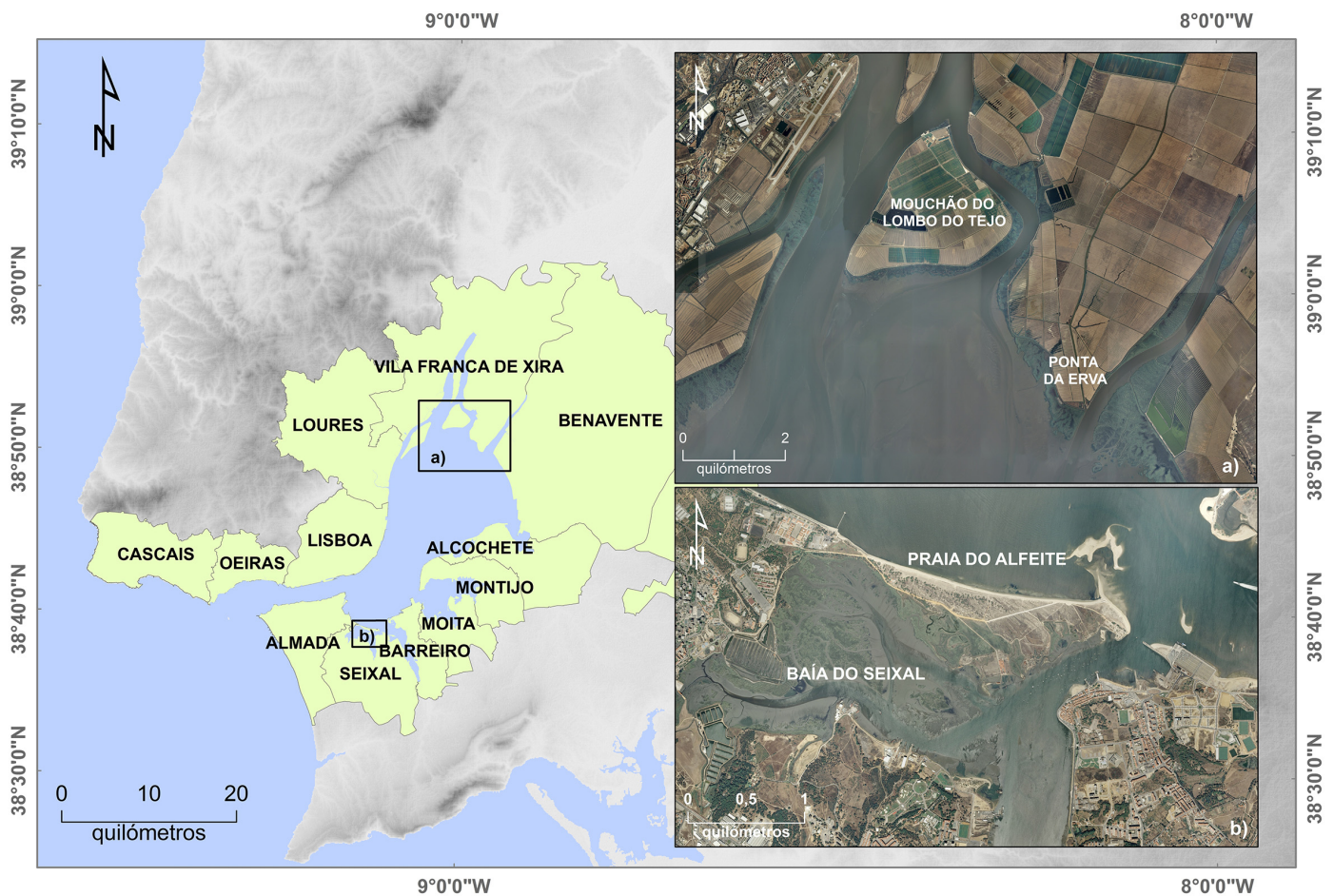


Figura 3. Localização dos municípios do estuário do Tejo; a) pormenor do mouchão do Lombo do Tejo e Ponta da Erva; b) pormenor da baía do Seixal e praia do Alfeite.

Figure 3. Geographical framework of Tagus estuary municipalities; detail of mouchão do Lombo do Tejo and Ponta da Erva; b) detail of Seixal bay and Alfeite beach.

A ocupação da orla estuarina (ver Figura 1), cuja área total se situa nos 130km² (Freire *et al.*, 2012), é diversa. Em termos de extensão ocupada, são relevantes as áreas urbanas (ocupam 34% da orla) e as áreas agrícolas (35% da orla). Na margem norte, as áreas urbanas, portuárias e de infraestruturas marítimas são dominantes, enquanto que na margem sul se estabeleceram áreas urbanas, no interior das quais se desenvolvem algumas áreas verdes e importantes áreas industriais, como é o caso do arsenal do Alfeite, da Quimiparque e das recentes áreas de parques empresariais (Freire *et al.*, 2012).

As áreas agrícolas são importantes essencialmente nos concelhos de Benavente e Vila Franca de Xira (Figura 3), onde o Homem tenta travar o avanço das águas do Tejo para criar áreas agrícolas. Destaca-se, neste caso, a Companhia das Lezírias que, desde 1837, mantém o esforço de construção, manutenção e limpeza dos valados até aos nossos dias (Alves, 2003).

3. METODOLOGIA

O objetivo principal deste trabalho consistiu na definição de critérios que permitam traçar a LMPMAVE em ambientes de transição, usando como caso de estudo o estuário do Tejo. Para a prossecução deste objetivo, adotou-se uma abordagem multidisciplinar, que contou com análise bibliográfica, observação de campo, observação e análise de fotografias aéreas, ortofotomapas e trabalho de campo para validação.

Numa primeira fase foi efetuada a revisão bibliográfica de diferentes obras de índole legal, que abordavam a problemática das definições e conceitos de leito, margem e orla, bem como dos seus limites (Amaral & Fernandes, 1978; Tavarela-Lobo, 1999). Analisaram-se trabalhos técnicos, onde são descritos exemplos de demarcação da LMPMAVE noutros sistemas, nomeadamente na costa algarvia (Teixeira, 2009) e na Ria de Aveiro (ARH Centro, 2011), e discutiram-se aspetos metodológicos com autoridades ligadas à gestão e ordenamento do estuário do Tejo.

Seguiu-se a análise da zona de estudo feita sobre os ortofotomapas de 2007 do Instituto Geográfico Português (resolução espacial de 0.50 m e resolução radiométrica RGB e infravermelho próximo) em ambiente SIG (ArcMap-ESRI®).

Procedeu-se, ainda, à consulta sistemática de outras fontes, designadamente *Bing Maps Aerial* (opção *birds eye*) e *Google Earth* (ferramenta *Imagens históricas*). Foi também usada uma imagem LANDSAT 7 ETM+ obtida em 22 de fevereiro de 2002 (hora de aquisição: 11:03:23), uma vez que possuía o nível de maré mais elevado das imagens registadas por este satélite, o que possibilitou avaliar a extensão de áreas alagadas. A imagem foi tratada usando a ferramenta *Image Analysis* do ArcMap com a composição 752 das bandas espectrais, por forma a realçar áreas cobertas por água, o que permitiu validar a aplicação do critério biofísico.

A caracterização da zona de estudo e a definição dos critérios para o traçado da LMPMAVE foi acompanhada pela recolha de informação no terreno, em diferentes pontos do estuário, nos meses de janeiro, agosto e setembro de 2011. Foi ainda usado, como ferramenta de validação dos critérios altimétrico e de uso do solo, o levantamento topográfico da

faixa marginal do estuário, datado de 2011, disponibilizado pela Administração da Região Hidrográfica do Tejo (ARH Tejo) e ainda os levantamentos topográficos com DGPS TopCon Hiper Pro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Critérios para o traçado da LMPMAVE

Os critérios para o traçado da LMPMAVE definidos neste trabalho podem ser subdivididos em quatro tipologias: critério biofísico, tipo de estrutura/altimétrico, uso do solo e critério de índole legal.

Critério Biofísico

Este critério tem por base a presença, distribuição e comportamento das diversas espécies vegetais de sapal que ocorrem no leito do estuário do Tejo (Caçador, 1986). Determinadas biocenoses tolerantes ao sal indicam a presença de água salgada nos locais onde estas ocorrem (Tabela 1).

Assim, o limite do desaparecimento deste tipo de vegetação e o aparecimento de outro, com características terrestres e por isso pouco tolerantes ao sal, constituem um indicador fidedigno do limite entre o leito e a margem. No caso das praias estuarinas, o critério adotado teve por base o limite entre a ocorrência de espécies dunares e terrestres.

O critério biofísico foi aplicado nos seguintes casos: arribas alcantiladas (equivalente a *falésias*), zonas de sapal, linhas de água e praias estuarinas (Figura 4).

Tipo de estrutura /altimétrico

O critério relativo ao tipo de estrutura/altimétrico foi desenvolvido para os casos em que a margem é ocupada por estruturas antrópicas (*e.g.*, estruturas de defesa aderente, pontões, cais, diques, salinas e moinhos de maré) e apoia-se no conceito da circulação natural da água entre o leito e a margem, que se faz livremente no caso das estruturas permeáveis, sendo impedida quando as estruturas são impermeáveis (Figura 5).

Os níveis de água no estuário estão dependentes de fatores diversos, tais como maré astronómica, caudais fluviais, sobrelevação de origem meteorológica, espraio das ondas e subida do nível médio. Trabalhos anteriores (Vargas *et al.*, 2008) referem que o efeito das cheias para diferentes períodos de retorno não tem influência significativa nos níveis máximos a jusante da Póvoa de Sta. Iria. Assim, e tendo em conta que a maioria das estruturas está localizada fundamentalmente a jusante desta localidade, este fator não foi considerado. Trabalhos já realizados (*e.g.*, Guerreiro *et al.*, 2013), que consideram a componente de maré, sobrelevação meteorológica e cenários de subida do nível médio do mar, apontam para valores de nível de água, que variam entre 2,3 m NMM (Nível Médio do Mar) na embocadura (zona da Ponte 25 de Abril) e 2,8 m NMM na zona montante (zona da Póvoa de Santa Iria), associados a um período de retorno de 100 anos. Não foi quantificado o efeito do espraio das ondas, tanto as oceânicas, que passam através do canal de embocadura, como as de geração local.

Tendo em conta o exposto, assumiu-se neste trabalho a cota de 3,0 m NMM como representativa de posições

Tabela 1. Distribuição das espécies vegetais de sapal no estuário do Tejo em função da salinidade (adaptado de Freire, 2003 e baseado em Caçador, 1986).

Table 1. Distribution of salt marsh species in the Tagus estuary according to salinity (adapted from Freire, 2003 and based on Caçador, 1986).

REGIÃO	SALINIDADE	ESPÉCIES	CARACTERÍSTICAS
Vila Franca de Xira – Mouchão das Garças	2-5‰	<i>Scirpus lacustris</i> ; <i>Phragmites communis</i>	Espécies dulçaquícolas; <i>Scirpus maritimus</i> aponta para a existência de alguma salinidade
Mouchão das Garças – Pancas	5-10‰	<i>Scirpus maritimus</i> ; <i>Aster tripolium</i> ; <i>Phragmites communis</i> ; <i>Puccinellia maritima</i>	Vegetação tipicamente halófito, característica de setores de fraca salinidade; a diversidade é menor mostrando condições adversas, mas com aumento dos índices de cobertura
Ponta da Erva – Alcochete	10-15‰	<i>Spartina maritima</i> ; <i>Aster tripolium</i> ; <i>Arthrocnemum fruticosum</i> ; <i>A. perene</i> ; <i>Halimione portucalooides</i>	Diversidade bastante elevada; sistemas de drenagem bem desenvolvidos; ilhas de vegetação pioneira de contornos arredondados dispersos nos rasos de maré
Montijo – Corroios	15-20‰	<i>Spartina maritima</i> ; <i>Arthrocnemum fruticosum</i> ; <i>Halimione portucalooides</i>	Espécies tolerantes ao sal; o declive do substrato tende a ser mais acentuado; a componente arenosa da camada superior dos solos aumenta

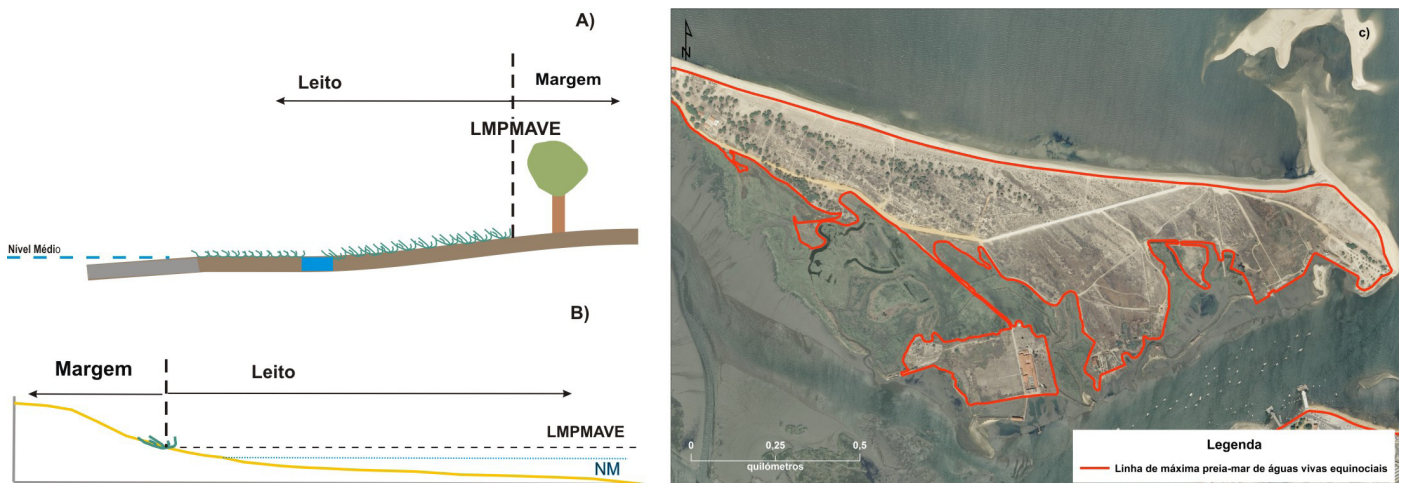


Figura 4. a, b) Representação esquemática da aplicação do critério biofísico aos sapais e praias; c) LMPMAVE traçada sobre ortofoto de 2007 (IGP) na praia do Alfeite e Baía do Seixal.

Figure 4. a, b) Biophysical criterion applied to salt marshes and beaches; c) Highest Astronomical Tide Line drawn over orthophoto dated from 2007 (IGP) in Alfeite beach and Seixal Bay area.

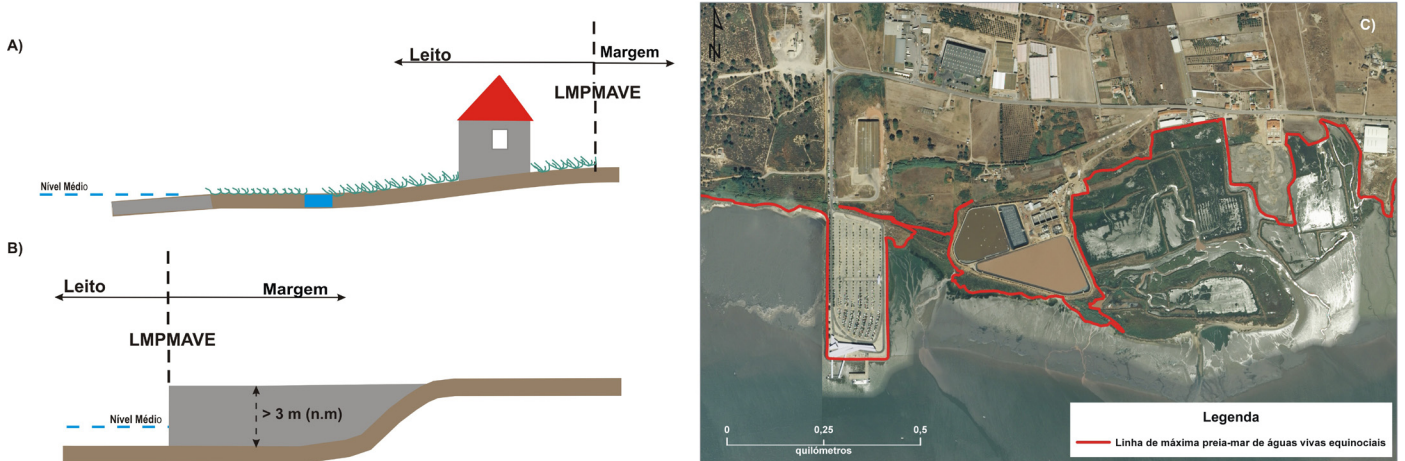


Figura 5. a, b) Representação esquemática da aplicação do critério relativo ao tipo de estrutura/altimétrico a salinas, caldeiras e moinhos de maré e cais ou pontão impermeável com cota superior a 3 m; c) LMPMAVE traçada sobre ortofoto de 2007 (IGP) no cais impermeável e salinas abandonadas na zona do Seixalinho (Montijo).

Figure 5. a, b) Structure/altimetry criterion applied to salt pans and impermeable wharf higher than 3m (NMM); c) Highest Astronomical Tide Line drawn over orthophoto dated from 2007 (IGP in Seixalinho area (Montijo).

altimétricas que não estão sujeitas a inundação frequente. Deste modo, as estruturas impermeáveis com cotas superiores a este valor ficam incluídas na margem e as que possuam cotas inferiores incluem-se no leito.

As estruturas permeáveis foram incluídas no leito tendo em conta o facto de não constituírem uma barreira à passagem natural da água, facto demonstrado, por exemplo, pela observação de vegetação de sapal no interior de caldeiras de moinhos de maré abandonados.

Critério de Uso do Solo

Certas estruturas, como os valados e proteções a terrenos agrícolas que se encontram na margem sul do estuário (Figura 6), denunciam a intenção de conservar os terrenos contíguos enxutos e ao abrigo das águas do Tejo, existindo disso mesmo prova histórica (e.g., Alves, 2003). Para estes casos, desenvolveu-se um critério baseado na utilização atual dos terrenos e sua evolução passada. Neste critério, considera-se que estes terrenos, continuamente enxutos pelo Homem, são incluídos na margem, ainda que se encontrem abaixo da cota que os manteria naturalmente submersos (Figura 6).

Critério Legal

O critério legal (Figura 7) foi desenvolvido e aplicado ao caso dos mouchões. A Lei 54/2005 de 15 de novembro refere no n.º 1 do art. 10º que: «no leito compreendem-se os mouchões, lodeiros e areais nele formados por deposição aluvial». Tendo em conta o exposto, no âmbito deste trabalho, os mouchões foram incluídos no leito.

No caso particular dos mouchões, poderiam ter sido considerados outros critérios, nomeadamente o critério de uso do solo e tipo de estrutura/altimétrico, uma vez que grande parte dos mouchões estão aproveitados para fins agrícolas, pelo que se encontram rodeados de muros e valados impermeáveis e os terrenos agrícolas no seu interior

possuem cotas inferiores a 3m NMM. Se estes critérios tivessem sido adotados, os mouchões ficariam integrados na margem. No entanto optou-se por seguir o critério legal que, objetivamente, os coloca no leito.

3.2. Traçado da LMPMAVE no estuário do Tejo: limitações e validade

A definição destes critérios e a sua aplicação ao estuário do Tejo permitiram, pela primeira vez, dispor de um traçado da LMPMAVE para este sistema de transição (Figura 8), constituindo assim uma contribuição importante para a gestão desta área.

A dificuldade na transposição do conceito de LMPMAVE para a cartografia em áreas de transição como os estuários está ligada não apenas à diversidade morfológica, hidrodinâmica e antropogénica, mas principalmente com a aplicação de critérios legais para o terreno. Note-se que a Lei 54/2205 adota como único critério orientador para a definição do limite o conceito de «cheia média», não considerando que a sobrelevação meteorológica, o esprai de ondas e a subida do nível médio do mar são fatores que influenciam o nível de água em sistemas estuarinos.

Assim, além da variabilidade espacial, a posição da LMPMAVE num sistema estuarino terá uma evolução temporal que, tendo em conta o possível efeito das alterações climáticas, não será certamente irrelevante. Neste contexto, será razoável propor, como primeira aproximação, que o traçado deste limite seja indexado ao prazo de vigência dos Planos de Ordenamento de Estuários, com revisões pontuais intermédias consoante se façam alterações no leito ou na margem.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi desenvolvida uma metodologia abrangente, baseada em critérios biofísicos, altimétricos, de

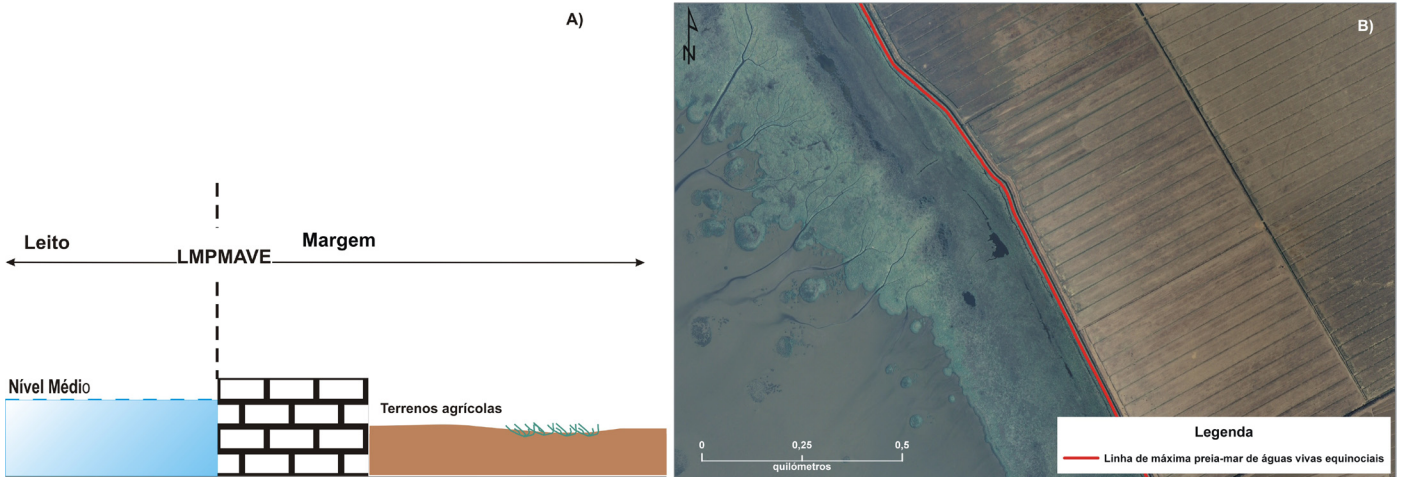


Figura 6. a) Representação esquemática da aplicação do critério de uso do solo ao caso de um valado; b) LMPMAVE traçada sobre ortofoto de 2007 (IGP) a sul da Ponta da Erva (margem esquerda do estuário do Tejo).

Figure 6. a) Land use criterion schematic illustration; b) Highest Astronomical Tide Line drawn over orthophoto dated from 2007 (IGP) south of Ponta da Erva (Tagus estuary left bank).

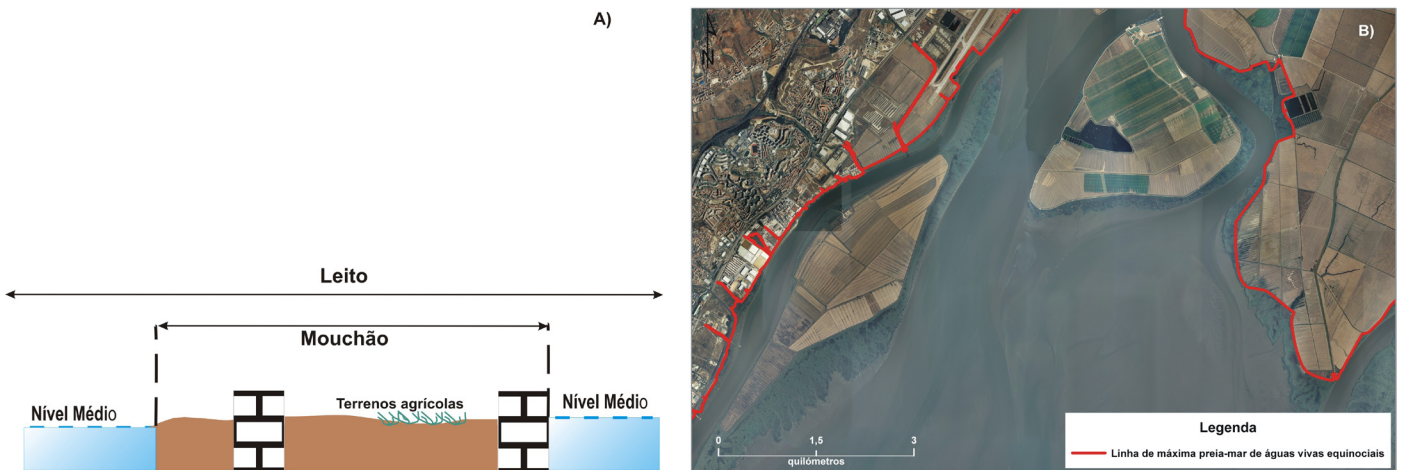


Figura 7. a) Representação esquemática da aplicação do critério legal; b) LMPMAVE traçada sobre ortofotos de 2007 (IGP) no caso dos mouchões (mouchão da Póvoa e mouchão do Lombo do Tejo).

Figure 7. a) Legal criterion schematic illustration; b) Highest Astronomical Tide Line drawn over orthophotos dated from 2007 (IGP) for the case of "mouchões" (islands and sand banks formed by alluvial deposition).

uso do solo e legais, para nortear o traçado da LMPMAVE em ambientes de transição, especialmente concebida para o caso do estuário do Tejo.

Esta metodologia permitiu operacionalizar o conceito de LMPMAVE no terreno, socorrendo-se de um conjunto de informações diversificado e optando por uma abordagem interdisciplinar, que permite superar os constrangimentos e dificuldades levantados pela transposição da lei para a realidade do terreno. Subsistem, apesar disso, algumas questões que devem ser aprofundadas em trabalho futuro, nomeadamente o facto de não ter sido considerado o efeito do esprai das ondas no critério relativo ao tipo de estrutura/altimétrico.

Apesar do avanço significativo em desenvolver critérios claros, objetivos e de fácil incorporação para o traçado da LMPMAVE, alguns destes critérios dependem das especificidades do sistema em causa, implicando a sua adequação caso a caso. É proposto igualmente, como primeira aproximação, que o traçado da LMPMAVE baseado na aplicação da metodologia aqui apresentada possa ter como validade o prazo de vigência dos Planos de Ordenamento de Estuários.

A LMPMAVE é um elemento essencial para a base cartográfica de alguns instrumentos de gestão e ordenamento, bem como para a implementação de cartografia subjacente à avaliação do estado ecológico das massas de água

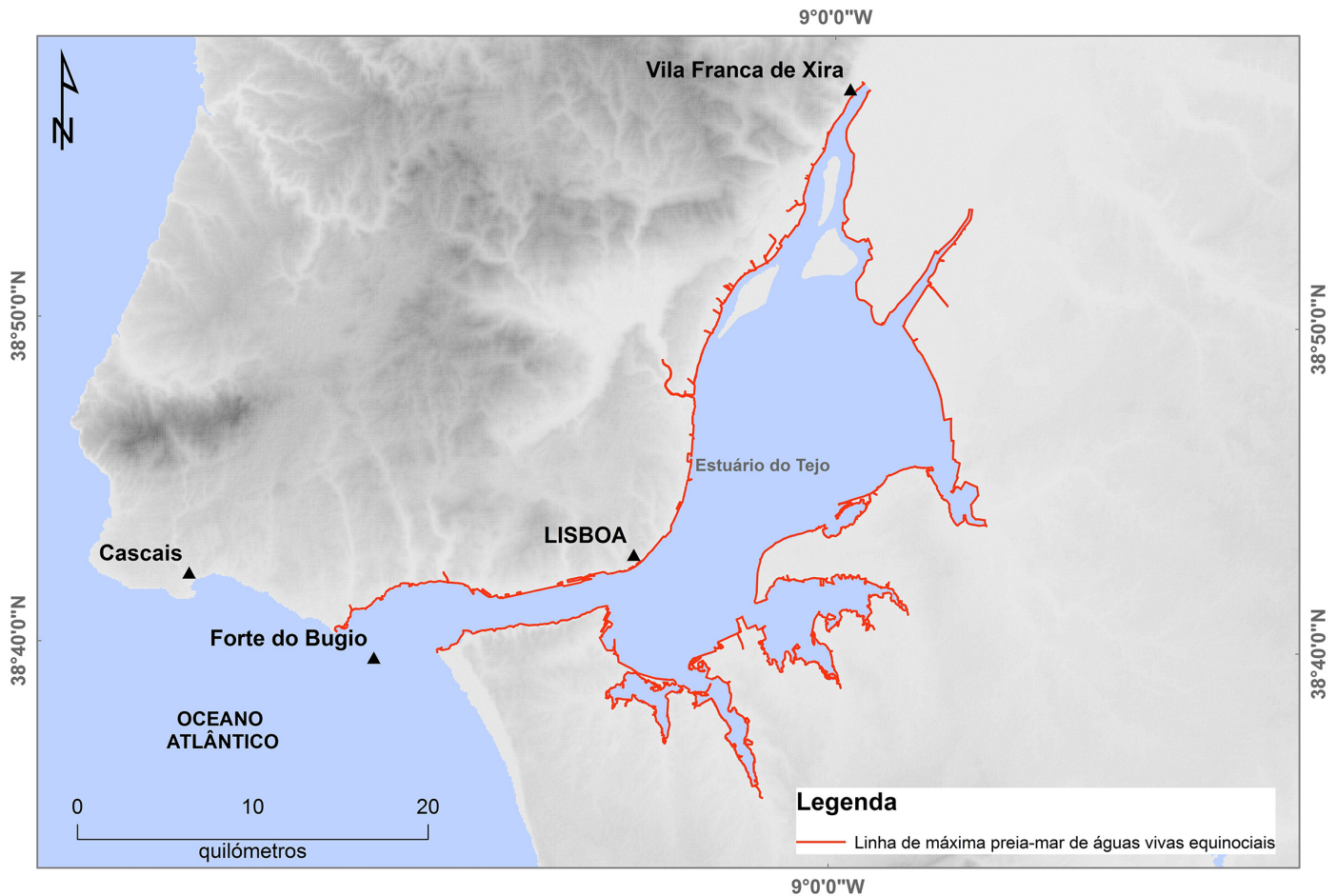


Figura 8. Traçado da linha de máxima preia-mar de águas vivas equinociais para o estuário do Tejo de acordo com os critérios definidos neste trabalho.

Figure 8. Highest Astronomical Tide Line for Tagus estuary, according to the defined criteria.

desencadeada pela implementação da Diretiva-Quadro da Água a nível nacional. Este trabalho constitui um avanço para definição das bases metodológicas para o traçado deste limite, contribuindo, nesta perspetiva, para a gestão e ordenamento de áreas estuarinas.

AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi realizado no âmbito do projeto *Morfeed: Morphodynamic feedback of estuarine margins to climate change* (PTDC/AAC-AMB/100092/2008), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia. Foi publicada uma versão preliminar deste trabalho sob a forma de comunicação ao 11º Congresso da Água (6-8 de Fevereiro de 2012, Porto).

Os autores agradecem aos técnicos da Agência Portuguesa do Ambiente, Arq.^a Maria Gabriela Vaz Moniz, Dr. Celso Pinto, Eng.^a Fernanda Ambrósio, Eng.^a Susana Firmo, a frutífera troca de impressões sobre o tema deste trabalho. Os autores agradecem ainda aos técnicos superiores Lourival Trovisco e Luís Simões Pedro a contribuição nos trabalhos de campo.

BIBLIOGRAFIA

- Alves, J.F. (2003) - *Companhia das Lezírias: sulcos de uma empresa centenária, 1836-2003*. 173 p., Edição Companhia das Lezírias S.A., Lisboa, Portugal. ISBN: 972-7970737.
- Amaral, D.F.; Fernandes, J.P. (1979) - *Comentário à lei dos terrenos do domínio hídrico*. 340 p., Coimbra Editora, Coimbra, Portugal. ISBN: 972-3202425.
- ARH Centro (2011) - *Crítérios para a demarcação física do leito e da margem das águas de transição em sistemas lagunares, estuários e lagoas costeiras do litoral centro*. ARH Centro (Administração da Região Hidrográfica do Centro), 57 p., Coimbra, Portugal. *Unpublished*.
- Best, M.; Massey, A.; Prior, A. (2007) - Developing a saltmarsh classification tool for the European water framework directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6):205–214. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.08.036
- Brito, A.C.; Benyoucef, I.; Jesus, B.; Brotas, V.; Gernez, P.; Mendes, C.R.; Launeau, P.; Dias, M.C.; Barillé, L. (2013) - Seasonality of microphytobenthos revealed by remote-sensing in a south European estuary. *Continental Shelf Research* 66:83–91. DOI: 10.1016/j.csr.2013.07.004.

- Caçador, M.I. (1986) - *Estrutura e função das manchas de sapal do Estuário do Tejo*. 55 p., Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Relatório elaborado no âmbito das provas de aptidão pedagógica e capacidade científica, Lisboa, Portugal. *Unpublished*.
- Caçador, I.; Vale, C.; Catarino, F.M. (1996) - Accumulation of Zn, Pb, Cu, Cr and Ni in sediments between roots of the Tagus estuary salt marshes, Portugal. *Estuarine, coastal and Shelf Science*, 42:393-403. DOI: 10.1006/ecss.1996.0026
- Cunha, A.H.; Assis, J.; Serrão, E. (2009) - Conservation status of Portuguese seagrasses: Are seagrass habitats one of the most endangered marine habitats? *Proceedings of the Mediterranean Seagrass Workshop09*, pp.29-30, Hvar, Croácia.
- Fortunato, A.B.; Batista, A.M.; Luettich Jr., R.A. (1997) - A three-dimensional model of tidal currents in the mouth of the Tagus estuary. *Continental Shelf Research*, 17 (14): 1687-1714. DOI: 10.1016/S0278-4343(97)00047-2.
- Fortunato, A.B.; Oliveira, A.; Batista, A.M. (1999) - On the effect of tidal flats on the hydrodynamics of the Tagus estuary. *Oceanologia Acta*, 22(1):31-44. DOI: 10.1016/S0399-1784(99)80030-9.
- Freire, P. (2003) - *Evolução morfo-sedimentar das margens estuarinas. Estuário do Tejo, Portugal*. 380 p., LNEC, Lisboa, Portugal, ISBN: 972-4919595.
- Freire, P.; Andrade, C. (1999) - Wind-induced sand transport in Tagus estuarine beaches. First results. *Aquatic Ecology*, 33(3):225-233. DOI: 10.1023/A:1009911012260.
- Freire, P.; Taborda, R.; Andrade, C. (2006) - Caracterização das praias estuarinas do Tejo. 12 p., *Atas do 8º Congresso da Água*, APRH – Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, Lisboa, Portugal. Available at: http://www-ext.lnec.pt/LNEC/bibliografia/DHA/freire-et-al_06.pdf
- Freire, P.; Ferreira, O.; Taborda, R.; Oliveira, F.S.B.F.; Carrasco, A.R.; Silva, A.; Vargas, C.; Capitão, R.; Fortes, C.J.; Coli, A.B.; Santos, J.A. (2009) - Morphodynamics of fetch-limited beaches in contrasting environments. *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749-0258) SI56:183–187. Available at: http://e-geo.fcsh.unl.pt/ICS2009/_docs/ICS2009_Volume_I/183.187_P.Freire_IC2009.pdf
- Freire, P.; Rilo, A.R.; Ceia, R.; Mendes, R.N.; Catalão, J.; Taborda, R.; Melo, R. (2012) - Tipificação das zonas marginais estuarinas. O caso do estuário do Tejo. *2ª Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, pp.319-322, Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal. ISBN: 978-9897050350. Available at: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nec/estudos_id/morfeed/Freire_et_al.pdf
- García, P.; Zapico, E.; Colubi, A. (2009) - An angiosperm quality index (AQI) for Cantabrian estuaries. *Ecological Indicators*, 9(5):856-865. DOI: 10.1016/j.ecolind.2008.10.002
- Guerreiro, M.; Fortunato, A.B.; Freire, P.; Rilo, A.R.; Taborda, R.; Freitas, M.C.; Andrade, C.; Silva, T.; Rodrigues, M. (2013) - Impacte da subida do nível médio do mar na inundação marginal no estuário do Tejo. *11º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Expressão Portuguesa e VII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*, Maputo, Moçambique. 19 p., Available at: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nec/estudos_id/morfeed/Guerreiro_et_al_2013.pdf
- Hayes, M. (1979) - Barrier Island morphology as a function of tidal and wave regime. In: S. Leatherman (ed.), *Barrier islands from the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico*, pp.1-29, Academic Press, New York, USA. ISBN: 978 – 0124402607.
- Instituto Nacional de Estatística (2012) - *Censos 2011 – resultados definitivos – Região de Lisboa*. 320 p., Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, Portugal. ISBN 978-9892501857. Available at: http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_publicacao_det&contexto=pu&PUBLICACOESpub_boui=156651739&PUBLICACOESmodo=2&selTab=tab1&pcensos=61969554
- Mendes, R. Nogueira; Ceia, R.; Silva, T.; Rilo, A.; Guerreiro, M.; Catalão, J.; Taborda, R.; Freitas, M.C.; Andrade, C.; Melo, R.; Fortunato, A.B.; Freire, P. (2012) - Detec o remota e cartografia do intertidal. O contributo do projeto MORFEED, *2ª Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, pp.341-344, Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal. ISBN: 978-9897050350. Available at: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nec/estudos_id/morfeed/Mendes_et_al.pdf
- Mendes, R. Nogueira; Ceia, R.; Catalão, J.; Melo, R.; Taborda, R.; Freire, P. (2013) - Cartografia e Monitoriza o Cartográfica do Intertidal do Estuário do Tejo através de Detec o Remota e imagens de Landsat7 ETM. *2ª Conferência sobre Morfodinâmica Estuarina e Costeira* (CD-ROM), Aveiro, Portugal. Available at: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nec/estudos_id/morfeed/MEC2013_Nogueira_Mendes_et_al.pdf
- Neves, F.S. (2010) - *Dynamics and hydrology of the Tagus estuary: results from in situ observations*. 210p, Disserta o de doutoramento, Universidade de Lisboa, Portugal. *Unpublished*. Available at: <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/2003>
- Oliveira, F.S.B.F.; Vargas, C.I.C. (2009) - Dynamics of a fetch –limited beach: a numerical modelling based analysis. *Journal of Coastal Research*, (ISSN 0749-0258) SI56:193-197. Available at: http://e-geo.fcsh.unl.pt/ics2009/_docs/ICS2009_Volume_I/193.197_F.S.B.F.Oliveira_IC2009.pdf
- Rilo, A.R.; Freire, P.; Taborda, R.; Alves, E.; Portela, L.; Freitas, C. (2013) - Balanço sedimentar do estuário do Tejo: dos dados   discussão das incertezas. *2ª Confer ncia sobre Morfodin mica Estuarina e Costeira* (CD-ROM), Aveiro, Portugal. Available at: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nec/estudos_id/morfeed/MEC2013_Rilo_et_al.pdf
- Salgueiro, N.; Caçador, I. (2007) - Short term sedimentation in Tagus estuary, Portugal: the influence of salt marsh plants. *Hydrobiologia*, 587(1):185-193. DOI: 10.1007/s10750-007-0678-6.
- Scanlan, C.M.; Foden, J.; Wells, E.; Best, M.A. (2007) – The monitoring of opportunistic macroalgal blooms for the water framework directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6):162–171. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.09.017.
- Sousa-Dias, A.; Melo, R.A. (2008) - Long-term abundance patterns of macroalgae in relation to environmental

- variables in the Tagus estuary (Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1):21-28. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.05.039.
- Taborda, R.; Freire, P.; Silva, A.; Andrade, C.; Freitas, C. (2009) - Origin and evolution of Tagus estuarine beaches. *Journal of Coastal Research*, (ISSN 0749-0258) SI56: 213-217. Available at: http://www.cerf-jcr.org/images/stories/213.217_R.Taborda_ICCS2009.pdf
- Tavarela Lobo, M. (1999) - *Manual do direito de águas*. Vol. II.. 604p, Coimbra Editora, Coimbra, Portugal, ISBN: 978 – 9723209259.
- Teixeira, S.B. (2009) - *Demarcação do leito e da margem das águas do mar no litoral sul do Algarve*. 207 p., Administração da Região Hidrográfica do Algarve, Faro, Portugal. *Unpublished*. Available at: <http://biblioteca.turismoalgarve.pt/download.asp?file=multimedia/associa/0157.pdf>
- Vargas, C.I.C; Oliveira, F.S.B.F; Oliveira, A.; Charneca, N. (2008) - Análise da vulnerabilidade de uma praia estuarina à inundação: aplicação à restinga do Alfeite (estuário do Tejo). *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 8(1):25-43. DOI: 10.5894/rgci26