



**Ambiente & Educação**  
Revista de Educação Ambiental

E-ISSN 2238-5533

Volume 25 | nº 3 | 2020

Artigo recebido em: 02/11/2020

Aprovado em: 21/12/2020

### Olegário Nelson Azevedo Pereira

[MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal].

ORCID ID: 0000-0002-5935-0932

### Maria Rosário Bastos

[Universidade Aberta, Delegação do Porto, Porto, Portugal & CITCEM – Centro de Investigação Transdisciplinar Cultura, Espaço e Memória, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Portugal].

ORCID ID: 0000-0001-6154-1589

### João Alveirinho Dias

[CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Faro, Portugal, Universidade do Algarve, Faro, Portugal].

ORCID ID: 0000-0002-6271-6501

## E O CLIMA DEU À COSTA! IMPACTO DO “PEQUENO ÓTIMO CLIMÁTICO” E DA “PEQUENA IDADE DO GELO” NA FORMAÇÃO E EVOLUÇÃO DA LAGUNA DE AVEIRO (PORTUGAL)

And the climate reaching the coastline! Impact of the “Medieval Warm Period” and the “Little Ice Age” in the formation and evolution of Aveiro’s lagoon (Portugal)

### Resumo

À medida que recuamos no tempo histórico torna-se cada vez mais complexa a tentativa de reconstituição de climas passados e seu impacte nos ecossistemas. Neste estudo faz-se uma correlação entre a irradiação solar e o crescimento da flecha arenosa (restinga) que permitiu a formação da laguna de Aveiro. Sabendo-se da controvérsia em torno da utilização de um só indicador (*proxy*) para a definição de fenómenos tão complexos como são o das oscilações climáticas, sempre que possível, estabelece-se umnexo entre as taxas médias de progressão anual da restinga com os dados conhecidos da NAO (North Atlantic Oscillation) e dos grandes períodos climáticos. Detecta-se existir um ritmo mais intenso de desenvolvimento durante o “Pequeno Ótimo Climático” que é amortecido para uma velocidade de cerca de metade na Pequena Idade do Gelo.

**Palavras-chave:** Clima. Radiação Solar. Litoral Norte Português. Morfodinâmica costeira.

## Abstract

As we retreat into historical time, the attempt to reconstruct past climates and their impact in the ecosystems becomes increasingly complex. This study makes a correlation between solar radiation and the growth of a sandy spit that allowed the formation of the Aveiro's lagoon. Knowing the controversy surrounding the use of a single proxy for the definition of phenomena as complex as climate fluctuations, whenever possible, a link is established between the average rates of annual progression of the sandy spit with the known data of the NAO (North Atlantic Oscillation) and the great climatic periods. A more intense pace of development is found during the Medieval Warm Period, that is fallen to a speed of about half during the Little Ice Age.

**Keywords:** Climate. Solar Radiation. North coast Portuguese. Coastal morph dynamics.

## Introdução

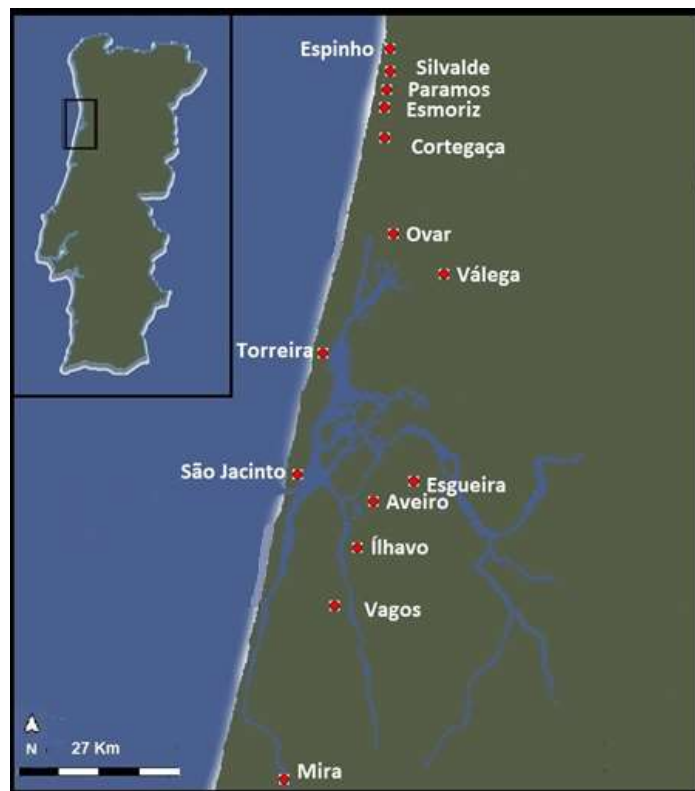
É por demais apreendida, quanto mais não seja empiricamente, a importância que o clima tem na vida na terra. Seja na fauna, na flora, na terra, no mar ou no ar, o clima e respetivas oscilações condicionaram desde sempre a prosperidade e afirmação ou, *a contrario*, o definhamento e morte dos organismos vivos do nosso planeta. Braudel chamava ao clima “o diretor de orquestra” (Braudel, 2001: 40) e este é, efetivamente, um feliz rótulo uma vez que, tal como se espera do maestro, é ele que tudo coordena e da sua batuta pode fazer-se ecoar uma bela e harmoniosa melodia ou um desafinado e insuportável conjunto de notas soltas em que a soma das partes não desemboca necessariamente num todo coerente. Assim é o clima!

A temática da publicação na qual se insere o presente trabalho, a saber, mudanças climáticas e zonas costeiras, facilita-nos a tarefa porquanto fica imediatamente balizada a área geográfica em apreço: o litoral, mais propriamente o sistema lagunar de Aveiro, situado no noroeste de Portugal. Contempla-se uma escala cronológica balizada entre o século X, data do primeiro registo escrito que faz menção ao grande golfo que viria a ser a laguna de Aveiro (P.M.H., v. I, f. I: doc. XII: 7; Bastos, 2015: 11-12), e o início do século XIX, altura de abertura com sucesso da sua barra artificial (Loureiro, 1904: 29-33; Abecasis, 1955: 335; Amorim, 1997: 77, 88; Bastos, 2015: 68). Ao longo desse período, ocorreram intensas modificações costeiras na área de estudo, não só resultando na formação e desenvolvimento do sistema lagunar. Tratou-se de

um imbricado processo para o qual contribuíram condições naturais e humanas relativamente às quais o clima, qual maestro, assumiu uma acentuada importância. O presente estudo debruça-se sobre os impactos que as alterações climáticas tiveram na formação, crescimento e colmatação episódica da laguna aludida, a qual se insere num trecho costeiro cujos processos morfodinâmicos foram dos mais acentuados e rápidos no litoral português. Não obstante o elevado número de publicações concernentes à laguna de Aveiro, revela-se uma evidente escassez no que respeita as considerações atinentes à relação entre as alterações climáticas e seus impactos na construção deste (novo) litoral delineado entre os séculos X e XVIII.

### Área de estudo

A laguna de Aveiro (Figura 1) situa-se no litoral noroeste de Portugal aproximadamente entre as latitudes 40° 31' N e 40° 52' N. numa zona para onde fluem os rios da bacia hidrográfica do Vouga (e.g. LOUREIRO, 1904, p. 13-14; GIRÃO, 1922, p. 42-53).



**Figura 1:** Localização da área de estudo

**Fonte:** Figura dos autores.

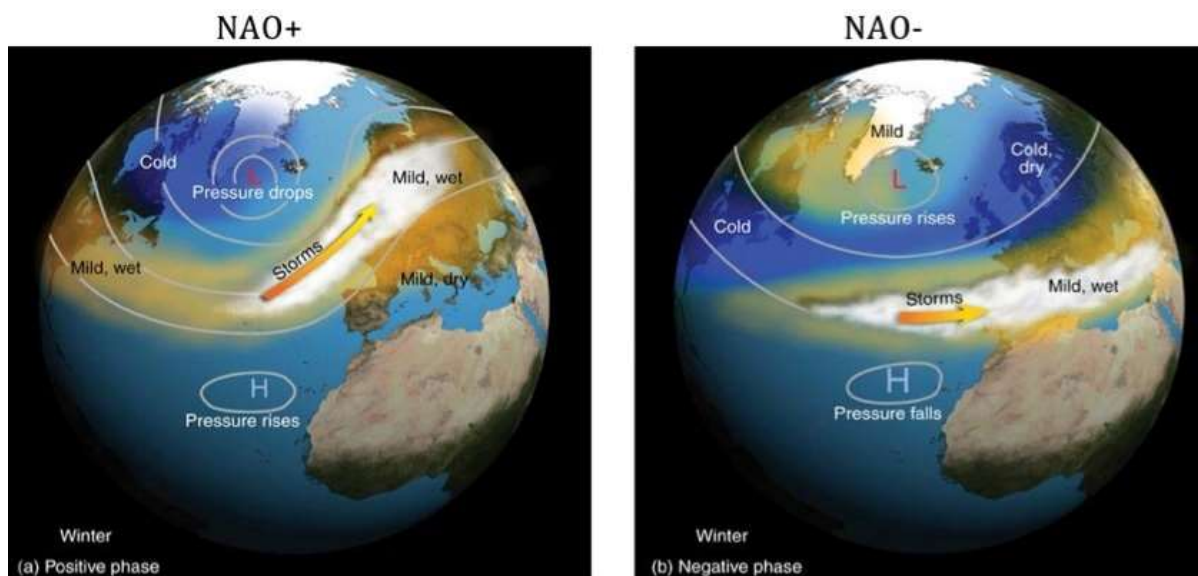
Este corpo lagunar costeiro tem cerca de 40 Km de comprimento e 8 Km de largura no setor central. É constituído por quatro canais principais, apresentando várias ilhas no seu interior. Está hoje em contacto com o oceano através de um canal com 1,3 km de comprimento, 350 m de largura e 20 m de profundidade. É um ambiente meso-mareal com uma amplitude de 3,2 metros em marés de sizígia e de 0,6 metros em marés mortas (DIAS *et al.*, 2012, p. 217). O seu confinamento e a separação relativamente ao oceano, deve-se a uma faixa arenosa com largura variável entre quase 2,5 km no máximo e menos de 200 m (LILLEBØ *et al.*, 2016, p. 22).

### Condições climáticas

As condições do clima na região do Vouga, onde se encontra a laguna de Aveiro, são determinadas pela latitude e pela adjacência do oceano. Atualmente a temperatura média ronda os 15°C apresentando precipitação elevada no Inverno. Os meses de julho e agosto são os mais quentes e secos (e.g. GIRÃO, 1922, p. 69-79; AMORIM, 1996, p. 91-92; BASTOS, 2015, p. 30-31).

A principal influência climática que se faz sentir no sistema lagunar de Aveiro, advém, em grande medida da Oscilação do Atlântico Norte (NAO - *North Atlantic Oscillation* – Figura 2; ORTEGA *et al.*, 2015), principal responsável pela variabilidade climática desde a costa leste dos Estados Unidos até à Sibéria e do Ártico ao Atlântico subtropical (especialmente nos invernos boreais; HURRELL *et al.*, 2003). O índice da NAO é estimado pela diferença da pressão atmosférica – ao nível do mar - entre Stykkissholmur/Rekjavik (núcleo de baixa pressão da Islândia) e Ponta Delgada (anticiclone dos Açores) conforme assinalado por Hurrell *et al.* (2001), embora alguns autores considerem em alternativa a estação de Lisboa ou, mesmo, a de Gibraltar (Cropper *et al.*, 2015). Quando a NAO apresenta índice positivo, ocorrem no Norte da Europa Invernos chuvosos, amenos e húmidos, enquanto no Sul se verificam invernos frios e secos. Mas, se o índice da NAO for negativo, o resultado é oposto: no Norte da Europa os invernos são frios e secos, enquanto no Sul ocorrem invernos menos frios e húmidos (HURRELL *et al.*, 2001). Portanto, quando nos referimos à amenização do clima durante o chamado “Pequeno Ótimo Climático”

(também designado por “Ótimo Climático Medieval”), ou ao agravamento do mesmo no decorrer da dita “Pequena Idade do Gelo”, devemos estar conscientes de que nos reportamos a uma tendência, pois a interação entre atmosfera e mar, entre outros fatores, tornam os comportamentos geograficamente heterogêneos.



**Figura 2** - Esquema da Oscilação do Atlântico Norte

**Fonte:** CLIMATESNACK, Disponível em: <<https://www.scisnack.com/2013/11/26/to-index-or-not-to-index/>> (acedido em out. de 2020).

## Revisão da literatura

Um dos primeiros estudiosos a ocupar-se das transformações geomorfológicas ocorridas no sistema lagunar foi Adolpho Loureiro. Na sua análise dedicada ao porto de Aveiro, discorreu sobre a questão da evolução da restinga arenosa e consequentes intervenções relativas à barra. O clima foi apenas pontuado quando referiu os ventos como causa do carreamento sedimentar ou nas várias, mas sumárias, referências a situações de cheias na vila de Aveiro, devido a eventos de forte pluviosidade conjugados com a impossibilidade de escoamento hídrico da laguna para o mar em razão do progressivo assoreamento e fecho da barra natural que foi migrando para Sul (LOUREIRO, 1904, p. 9, 15, 28, 30, 44). Do mesmo modo, o estudo desenvolvido por Lucci, pouco acrescentou relativamente à questão. O autor traçou uma breve descrição climática, atribuindo a configuração da bacia hidrográfica do rio Vouga (na qual

se integra a laguna de Aveiro) a três elementos: a ação eólica, as chuvas e a insolação (LUCCI, 1918, p. 38). Já Amorim Girão descreveu as condições climáticas da região, apontando a falta de informações para análises mais aprofundadas. Ainda assim, estabeleceu uma correlação sincrónica entre as diferentes condições meteorológicas ao longo das estações do ano e a agricultura, embora não tenha esboçado considerações quanto à influência do clima na formação lagunar (GIRÃO, 1922, p. 69-85). Alberto Souto foi quem se referiu em primeiro lugar às modificações climáticas como um dos aspectos a considerar na formação da laguna de Aveiro, embora não desenvolvesse grandes elucubrações sobre esse assunto. Outras dinâmicas como as inundações provocadas pelo degelo dos glaciares, as perturbações atmosféricas e a ação do vento e das correntes, são apontadas pelo autor como motivos forçadores da morfodinâmica deste litoral (SOUTO, 1923, p. 22, 68, 78-79).

Vários estudos continuaram a surgir relativamente à análise deste sistema lagunar, nos quais foram apresentadas considerações sobre a evolução da laguna referindo-se as condições climáticas, mas não as analisando em longos períodos temporais (e.g. LEITÃO, 1944, p. 99-117; ABECASIS, 1955, p.329-334; OLIVEIRA, 1988, p. 19-30). Da mesma forma, as análises historiográficas relativas à região em apreço, ou não referem as condições climáticas quando tratam da formação lagunar, ou fazem-no muito pontualmente e como forma de enquadramento, raramente tomando em consideração as influências a longo prazo que as alterações do clima podem ter incutido nos processos formativos (e.g. MARTINS, 1947; OLIVEIRA, 1967; MATTOSO *et al.*, 1989; SILVA, 1991, 1994; AMORIM, 1996; DIAS *et al.* 2012; BASTOS & DIAS, 2012; BASTOS, 2015). Sínteses relativas à evolução do litoral português, relacionaram-na com processos de ordem climática e demonstraram de forma resumida a influência das alterações climáticas nos ambientes costeiros e nas atividades humanas referindo o caso da laguna de Aveiro (DIAS *et al.* 1997, p. 64-61; DIAS *et al.* 2000, p.178-183; DIAS, 2004, p. 161-167; DIAS, 2005, p. 10-12; ARAÚJO, 2007, p. 85-86; DIAS, 2009, p. 17-18). Assim, verifica-se que embora as condições climáticas sejam recorrentemente apontadas por vários autores como uma das influências para a alimentação sedimentar do trecho costeiro e da constituição da restinga arenosa que possibilitou a formação da laguna, não

existem trabalhos de síntese relacionados com a evolução do litoral português que tomem em devida consideração as influências das alterações climáticas nesse processo. No caso da laguna de Aveiro, há ainda muitas questões em aberto. Com efeito, não existem estudos que permitam entender as consequências das alterações climáticas, de forma integrada e ampla, considerando na transformação do meio lagunar. Este estudo assume-se como um contributo nesse sentido.

## Metodologia

Os litorais são zonas de intercepção entre a geosfera, a hidrosfera, a atmosfera e a biosfera. Esta complexidade é, ainda, reforçada pelos forçamentos antrópicos. No caso de Aveiro, é notória uma inter-relação entre os processos naturais e humanos na formação e evolução lagunar, bem como, nos problemas socioambientais daí decorrentes (e.g. DIAS *et al.* 2012; BASTOS & DIAS, 2012; BASTOS, 2015). Como tal, uma análise quanto aos impactos naturais e antrópicos induzidos pelas alterações climáticas ocorridas na área lagunar em apreço, exige uma interpelação interdisciplinar. Somente através de uma ampla colaboração entre as áreas das ciências naturais e das ciências humanas, nomeadamente da História, se torna possível um mais aprofundado reconhecimento dos processos atinentes às alterações litorais. Conforme apontado por Araújo (2003: 10):

Por isso a colaboração entre os historiadores e os investigadores que estudam a evolução do litoral é imprescindível. Com efeito, fornecendo e criticando as fontes históricas, os historiadores fornecem dados indispensáveis para a integração do troço litoral em análise numa linha evolutiva sem a qual a respectiva situação no presente nunca poderá ser plenamente compreendida e sem a qual o seu desenvolvimento futuro não poderá ser projectado (...) Por outro lado, interpretando os registos históricos e integrando-os no conhecimento da evolução climática e eustática regional, os especialistas da área das ciências da Terra, poderão dar um contributo imprescindível para a compreensão da história das regiões costeiras.

Neste sentido, a presente abordagem considera essencialmente dados relativos à geodinâmica externa, às alterações climáticas e aos diversos aspectos históricos ocorridos no litoral em apreço, integrando-os, com a finalidade de se interpretarem as suas inter-relações e dinâmicas de reciprocidade. Para tanto, considerou-se informação consagrada à evolução do sistema lagunar de Aveiro, tanto a procedente de estudos da Geologia, nomeadamente da Geodi-

nâmica costeira, quanto de análises historiográficas (LUCCI, 1918; GIRÃO, 1922; SOUTO, 1923; MARTINS, 1947; ABECASIS, 1955; DIAS, 2004; DIAS *et al.* 1997, 2000, 2012; BASTOS & DIAS, 2012; BASTOS, 2015). Para aferir as alterações climáticas registadas no período cronológico em análise, foram coligidas informações de estudos sobre os índices climáticos (sobretudo adstritos às manchas solares) e influências da NAO, tanto em regiões amplas nas quais se incluiu a área de estudo aqui abordada (ou que dela são próximas), quanto aquelas que são relativas ao litoral Noroeste peninsular que, dada a sua proximidade, fornecem preciosos dados complementares. Da mesma forma, foram consideradas análises relativas a índices pluviométricos ou de temperatura. Deu-se especial atenção, aos períodos do “Ótimo Climático Medieval” e da “Pequena Idade do Gelo” (ALCOFORADO *et al.* 2000; MANN & JONES, 2003; TROUET *et al.* 2009; DIAZ *et al.* 2011; MORENO *et al.* 2012; SANTOS *et al.* 2015; ORTEGA *et al.* 2015; OLIVA *et al.* 2018). Por fim, efetuou-se uma recolha de informações históricas relativamente à área de estudo, coligindo-se informações tanto em fontes publicadas, quanto em manuscritos. Nesta documentação, foram reunidas informações especialmente voltadas para questões relacionadas com a evolução do sistema lagunar, com as atividades económicas cujo funcionamento e prosperidade dependesse das condições climáticas, e com menções diretas a cheias, secas, inundações, temperatura ou outros fenómenos climáticos/meteorológicos. A integração desses dados, embora não constituindo uma análise exaustiva, permitiu correlacionar as alterações/oscilações climáticas e os seus impactos na delimitação e desenvolvimento da laguna de Aveiro.

## Resultados e discussão

Analisar e interpretar a influência das modificações climáticas na progressão da laguna de Aveiro é um propósito tão desafiador quanto complexo. As mais das vezes é muito difícil conseguir discernir com rigor o que resulta dos processos naturais e aqueles que decorrem das atividades antrópicas, embora seja inegável que ambos tiveram necessariamente um papel decisivo na evolução da flecha arenosa que veio a separar a laguna de Aveiro do oceano Atlântico.



Face ao descrito, o que ora aqui se apresenta deve ser entendido como um contributo para o conhecimento da evolução da zona em apreço, à luz dos conhecimentos atuais e, concretamente, daqueles que se reportam à evolução climática. Como bem assinalava Fernando Castelo Branco, dando voz a uma ideia já advogada por outros, entre os quais Orlando Ribeiro, “*a evolução dos casos de evolução da nossa costa está feita de modo completo ou quase completo*”, mas, “*o actual conhecimento da cronologia dessa evolução é bastante incompleto e, por vezes, imperfeito*” (CASTELO-BRANCO, 1986, p. 845). Assim, este estudo assume-se como um contributo para a cronologia da morfodinâmica do litoral português, nomeadamente com o estabelecimento de estimativas das taxas médias de crescimento da restinga. Como o ‘motor’ básico do funcionamento climático terrestre é constituído pela quantidade de energia solar que atinge o planeta, e esta pode ser avaliada pela quantidade de manchas solares, pareceu-nos lógico tomar esse fator, tentando-o correlacionar com o desenvolvimento da restinga arenosa de Aveiro. Porém, o sistema climático da Terra é bastante complexo e, com frequência, não há uma relação direta entre causas e efeitos. Com frequência, fatores endógenos, como o vulcanismo, perturbam o funcionamento do sistema climático, não tendo as consequências relação direta com os mecanismos causais exógenos. Por isso, tentámos também estabelecer correlações com as fases climáticas deduzidas para tempos históricos, aferidas com a reconstrução do índice da NAO para os dois últimos milénios. Tentámos, assim, ver em que medida as taxas deduzidas para progressão da restinga se adequavam com o principal mecanismo causal (insolação, deduzida da reconstrução da evolução das manchas solares), mas também com índices que traduzem as consequências (fases climáticas, NAO).

A análise efetuada abrange o período que se inicia com o momento em que os registos documentais escritos nos permitem atestar a existência de um litoral protegido pela prática da salicultura, e até à data em que se conseguiu efetuar a abertura de uma barra artificial persistente que garantisse as trocas hídricas entre a laguna e o oceano.

Pontuemos essa mesma cronologia!

A menção à venda de salinas em Dagaredi (atual Válega, concelho de Ovar) “*cum suis muris et maris*”, no ano de 929 (P.M.H., vol. I, fasc. I, doc.

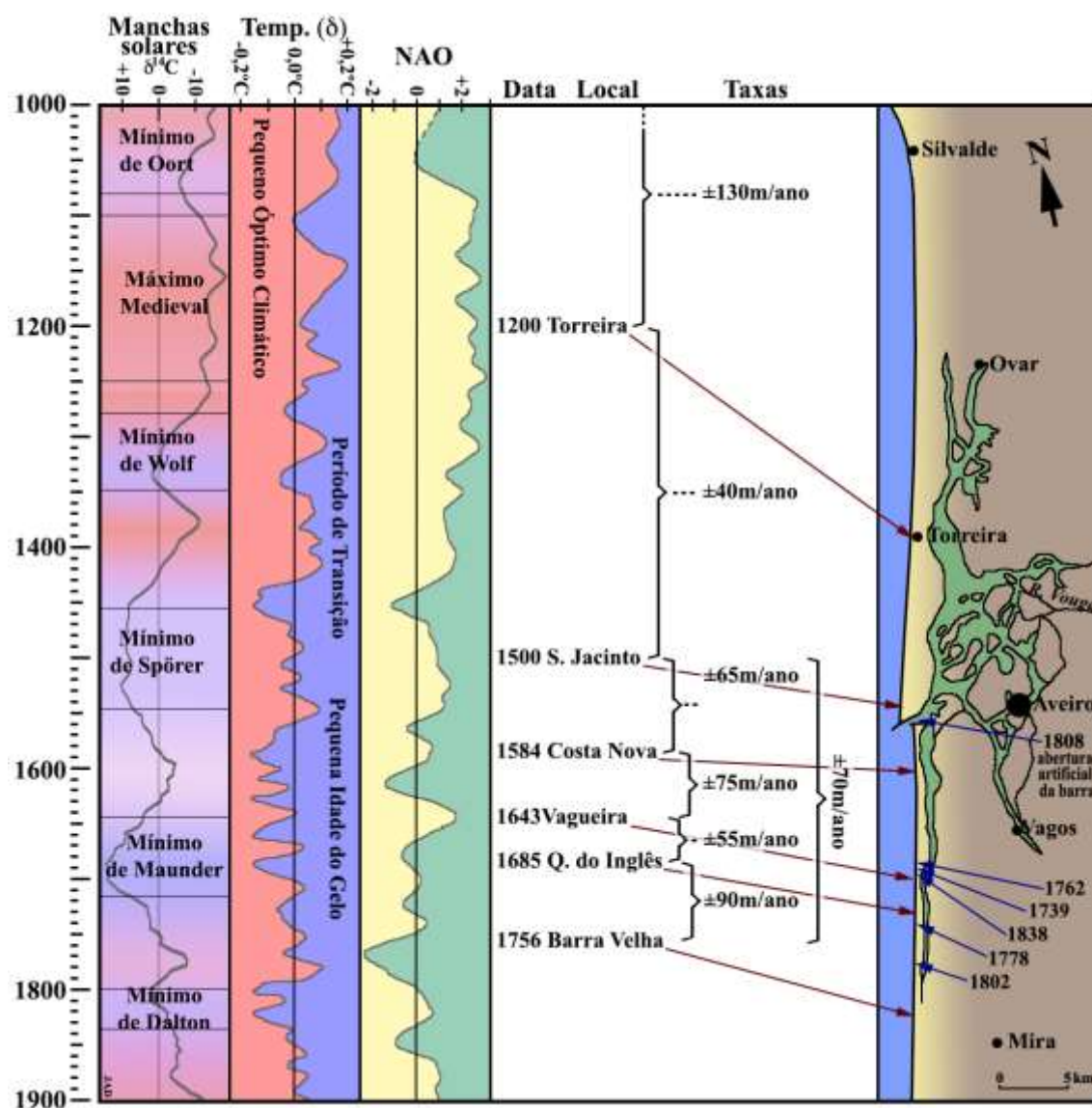
XXXV: 22), permite inferir que, pouco depois do primeiro quartel do século X, a zona um pouco a sul de Ovar (Figura 1) já se encontrava protegida da incidência direta da onda pela aludida restinga. Onde e quando se terá verificado o seu enraizamento é algo difícil de apurar à luz dos conhecimentos atuais. Possivelmente terá ocorrido algures entre os séculos I/II d.C. e os finais do século IX, porquanto:

1. em Silvalde - na zona da carreira de tiro, imediatamente a sul de Espinho - (fig. 1) foi encontrada uma relíquia datada dos primeiros séculos da época cristã (ALVES *et al*, 1988-1989, p.187-226);
2. em 897 um diploma coevo fazia menção à “*uilla de ermoriz que est circa lagona de Avuille*” (P.M.H., vol. I, fasc. I, doc. XII: 7), ou seja, à atual barrinha de Esmoriz (Figura 1), o que evidencia um sistema de corpos lagunares que, a partir de Silvalde, estariam em processo de colmatação avançado (o que é consentâneo com a progressão da restinga arenosa no sentido norte/sul).

O recurso à arqueologia e/ou a sondagens estratigráficas devidamente datadas, a que se devem aduzir novas leituras das fontes históricas (sobretudo as que decorrem dos documentos depositados nos cartórios de mosteiros e acistérios com bens patrimoniais na zona), poderão vir a clarificar com maior segurança a data e local de progressão da restinga.

Já no que respeita ao limite cronológico inferior do presente trabalho, ele remete para o início do século XIX, mais concretamente para 1808, quando, depois de várias tentativas falhadas, se consegue a abertura artificial de uma nova barra (ver por todos OLIVEIRA, 1988, p. 36) que obstou à continuação de uma situação calamitosa para a região (NEVES, 1956, p. 5-6), decorrente da colmatação da barra natural mais a sul, em frente aos areais de Mira (Figura 1). Aliás, a própria laguna de Mira acabou por deixar de estar em contato com água salgada, iniciando um processo de assoreamento interno conducente a que o antigo corpo lagunar se dividisse em dois com as atuais barrinha e lagoa de Mira ou “lago do Mar” (ALVES, 1990, p.10).

Com base nos parâmetros apresentados o que se nos é dado constatar?



**Figura 3:** A progressão da restinga de Aveiro como indicador (*proxie*) das oscilações climáticas do Pequeno Ótimo e Pequena Idade do Gelo no Noroeste de Portugal

**Fonte:** A figura foi baseada em dados coligidos nos seguintes Autores: Cunha, 1959; Dias *et al.*, 1994; Man *et al.*, 2009; Trouet *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2011; Muscheler *et al.*, 2009; Ortega *et al.*, 2015.

Embora os dados de base tenham, muitas vezes, elevado grau de incerteza, tentou-se ver, como se referiu, se existiu algum grau de correlação entre a radiação solar recebida e a evolução da restinga que delimitou a laguna de Aveiro. Esta abordagem prospetiva deve, por isso, ser assumida como um indicador de tendência que evidencia, sobretudo, uma ordem de grandeza relativa às taxas de progressão anual da restinga arenosa que separa a laguna de Aveiro do oceano.

A deslocação para Sul da restinga parece ter-se efetuado a taxas muito elevadas durante o chamado “Pequeno Ótimo Climático”, ou seja, quando, em geral, a radiação solar recebida pela Terra era maior. Apesar das diversas discussões em torno da delimitação cronológica deste período e mesmo da sua própria designação (DIAZ *et al.*, 2011, p. 1488), na região em análise, houve, aparentemente, a congregação de fatores naturais e antrópicos, como é normal, os quais contribuíram para o crescimento do cordão arenoso. A amenidade climática proporcionou boas condições para a agricultura e exploração florestal, uma vez que a pluviosidade anual não se concentraria apenas no Inverno, mas estaria mais distribuída ao longo do ano (DIAS, 2005, p. 10). Para alguns autores, esta fase de amenização climática observada ao longo do período medieval, coincide com um índice da NAO que, em média, seria persistentemente positiva, o que parece poder indicar a ocorrência de invernos mais amenos. A precipitação era então, talvez, mais reduzida numa faixa abrangendo o Noroeste de África, a Península Ibérica e o Centro-Sul da Europa (TROUET *et al.*, 2009, p. 79-80). Análises demonstram que na Península Ibérica se sucederam períodos mais secos, com a particularidade dos dados compilados para a região Atlântica, parecem indicar algum aumento da temperatura para este período e o seu prevaecimento, mas, ainda assim, e devido às influências do Atlântico, com um clima mais húmido que no Sul peninsular (MORENO *et al.* 2012, p. 18, 28). Neste período também se observa o “Máximo Medieval” no que respeita à radiação solar, o que, possivelmente, esteve na base dessa amenização climática (fig. 3).

Fruto dessas condições mais amenas (cf. DIAS *et al.*, 1994, p. 130-131), ocorreu um aumento demográfico na região do Entre-Douro-e-Minho (a Norte de Aveiro), havendo um incremento da agricultura, e conseqüentemente, da disponibilidade sedimentar. Esta, carregada pelos cursos fluviais para o Atlântico, era depois sujeita à ação das ondas, sendo transportada ao longo do litoral com uma resultante para Sul, contribuindo para a progressão do cordão arenoso.

Com a conquista definitiva de Coimbra aos Muçulmanos no ano de 1064 (cf. por todos, ALMEIDA, 1967, p. 89), intensificou-se o povoamento e exploração da região objeto de estudo (DIAS *et al.*, 2012, p. 220-223). Análises histori-

ográficas demonstram um forte movimento fundiário, especialmente procedente da área do Entre-Douro-e Minho, e uma intensificação do arroteamento de solos para agricultura e exploração de madeira (e.g. OLIVEIRA, 1967; MATTOSO *et al.*, 1989; SILVA, 1991, 1994; BASTOS, 2015), o que deve ter amplificado o assoreamento da baía então existente. Por volta do ano 1200 a restinga localizar-se-ia já na Torreia (MARTINS, 1947, p. 25-26; BASTOS, 2015, p.52).

Entre os mínimos de Wolf e de Spörer a quantidade de radiação solar recebida pela Terra diminuiu. Verifica-se que, tanto quanto se pode deduzir das informações existentes, as taxas de progressão da restinga tiveram forte amortecimento, pelo que a mesma apresenta uma evolução anual inferior às dos períodos anterior e subsequente. Consideramos que esta situação estará relacionada com o facto de se tratar de um período de transição climática entre o “Pequeno Ótimo Climático” (que consideramos ter terminado por altura do mínimo de Wolf) e a “Pequena Idade do Gelo” (que consideramos ter-se iniciado por volta do Mínimo de Spörer). Uma reconstrução histórica mais recente dos índices da NAO, demonstra não existir uma fase positiva persistente durante o período do “Ótimo Climático Medieval”, mas sugere a predominância de fases positivas durante os séculos XIII e XIV (ORTEGA *et al.*, 2015, p. 71-72). Por outro lado, o clima mais ameno teria perdurado até cerca do ano de 1400 (MANN & JONES: 2003, p. 3). Pareceria, então, que o ritmo de crescimento da restinga deveria manter-se. No entanto, tem de se considerar a ocorrência de flutuações regionais, o que pode ter acontecido neste caso. Análises desenvolvidas para a região da Europa Central e do Norte, demonstram exemplos de invernos bastante rigorosos, por vezes relacionados com mudanças ou flutuações da NAO, os quais, aparentemente se foram tornando mais secos a partir do século XIII (PFISTER *et al.*, 1998, p. 543). Considerando tais flutuações da NAO (VISBECK *et al.*, 2001, p. 12876–12877; HURREL *et al.*, 2003, p. 1-3), e os resultados apresentados na fase anterior, levanta-se a hipótese de que, quando nas regiões aludidas, os invernos começaram a ficar mais secos a partir do século XIII, o inverso estivesse a ocorrer na fachada Atlântica portuguesa, ocorrendo índices anuais da NAO frequentemente negativos, o que induziria invernos mais húmidos.

Assumimos que, nesta fase, o impacto das atividades antrópicas decorrentes do afluxo sedimentar debitado no oceano não deverá ser um indicador de peso já que nesta região, a partir do momento em que fora pacificada pelos cristãos, se verificou um crescimento demográfico sem grandes alterações (BASTOS, 2015, p. 182-183; AMORIM, 1997, p. 208). No entanto, há que relevar que as datas assumidas (1200 e 1500), bem como os locais certos atingidos pela ponta da restinga, apresentam alguma incerteza.

A deslocação da barra entre S. Jacinto e a Costa Nova, ocorrida mais ou menos durante o Mínimo de Spörer, evidencia que a taxa de migração voltou a aumentar, estimando-se ter sido da ordem de 65m/ano (Figura 3). Isso mesmo é equacionável quando se constata que o interior da laguna começara a sofrer episódios de acumulação sedimentar, neste caso decorrentes do débito transportado pelo Vouga e seus afluentes. É nesta altura que surgem documentadas pela primeira vez as ilhas no interior da laguna, designadamente a da Testada, em 1407 (A.H.P, vol. II, 1904, doc. 1), outra indiferenciada, em 1494 (ANTT, *Livro da Estremadura*, Livro, 6: fls. 226-227) ou, ainda, a Ilha de Monte Farinha, em 1537 (AMARAL, 1968, p. 39). Parece ser evidente que a existência de ilhas seria muito anterior, pelo menos as associadas ao delta de vazante do Vouga, as quais teriam aumentado de número e de extensão quando a zona onde desaguava o rio ficou protegida da incidência direta da onda oceânica pelo crescimento da restinga.

Durante o Mínimo de Maunder, em que o número de manchas solares atingiu o valor mais pequeno do último milénio e, portanto, a radiação solar enfraqueceu bastante, a taxa de migração atingiu, ela também, um mínimo, estimado em cerca de 55m/ano (Figura 3).

A seguir, a barra parece ter voltado a migrar a ritmo relativamente elevado (estimado em cerca de 90m/ano) até atingir os areais de Mira, onde a restinga acabou por isolar completamente o meio lagunar. Ou seja, a partir do momento em que se inicia plenamente a chamada “Pequena Idade do Gelo” denota-se novamente uma aceleração no processo de desenvolvimento da restinga arenosa (Figura 3). Esta fase climática, embora sem consenso no que respeita ao seu balizamento cronológico, terá ocorrido entre o final do “Pequeno Ótimo Climático” e a segunda metade do século XIX. Foi marcada por uma

elevada variabilidade climática, sendo notórios anos de temperaturas muito reduzidas com frio intenso e elevada pluviosidade, ou então, de temperaturas elevadas com situações de secas. De forma geral, no Hemisfério Norte, os invernos teriam sido, tendencialmente, mais rigorosos e os verões mais frios. Estima-se que, nalgumas regiões, as temperaturas médias anuais chegaram a atingir valores entre 0,6° a 1,0° inferior à média registada em meados do século XX. Estas alterações climáticas resultaram de uma conjugação de diversos fatores naturais. Houve um aumento da atividade vulcânica incutindo diminuição da penetração solar devido ao aumento de gases e poeiras na atmosfera. Ao mesmo tempo, a energia radiante solar que atingia a terra também diminuiu, tendo como uma das possíveis consequências a desaceleração da circulação *termohalina* do Atlântico Norte e espoletando alterações dos padrões térmicos e pluviométricos (e.g. MANN & JONES, 2003, p. 4-5; ARAÚJO, 2007, p. 79-81; OLIVA *et al.*, 2018, p. 176-177; SILVA, 2019, P. 237; JACKSON *et al.*, 2019, p. 82-84). Temperaturas particularmente reduzidas ocorreram durante os principais períodos de mínimos solares (e.g. Mann & Jones: 2003: 4). Houve, então, um avanço dos glaciares de montanha que influenciou o aumento de períodos de cheias ou inundações que se tornaram mais frequentes. A intensificação da queda de neve e chuva, terá tido como consequência acréscimo da deposição sedimentar nos cursos fluviais, posteriormente transportada, durante as cheias, para o oceano (ARAÚJO, 2007, p. 83-85; OLIVA *et al.*, 2018, p. 179,186, 196-197). Da mesma forma, também se denota um aumento de intensidade na atividade eólica, especialmente na costa Atlântica, contribuindo para a formação e migração de sistemas dunares com casos documentados no litoral Norte português (JACKSON *et al.*, 2019, p. 83-86).

A partir do momento em que as manchas solares diminuem, o sistema climático passa a ser alimentado com menos energia e parece poder deduzir-se que, ao nível das consequências, o ritmo de progressão média da restinga também decresceu. Não é despiciendo lembrar que estamos a simplificar uma realidade extremamente complexa em ordem a possibilitar a sua compreensão através da correlação de três indicadores, a saber, o aumento ou diminuição da insolação (manchas solares), os períodos de evolução climática e as taxas médias anuais de progressão da restinga. Estamos conscientes que esta

correlação poderá ter sido influenciada por outros fatores, como, por exemplo, pelos episódios de vulcanismo. É ainda de ressaltar que desconhecemos fatores determinantes para aumentos ou decréscimos das taxas de progressão da restinga, nomeadamente qual seria a direção média de incidência da onda que, estando mais rodada para Norte, amplificaria a velocidade deriva litoral e, estando mais rodada para Oeste, diminuiria essa mesma velocidade. De igual modo, desconhecemos as profundidades atingidas pela ponta da restinga, outro fator determinante, pois que se essa profundidade fosse maior a taxa de crescimento seria amortecida, verificando-se o contrário, se a extremidade do cordão arenoso progredisse em fundos baixos. Da mesma forma, não entramos em linha de conta com a frequência, intensidade e direção dos temporais, outro fator determinante na resultante anual da deriva litoral; todos estes fatores são incógnitos e negligenciados na presente análise aguardando novos dados de proveniência dos vários ramos científicos os quais, seguramente, permitirão uma análise mais apurada e depurada.

O que podemos inegavelmente constatar é que durante o Mínimo de Maunder, em que o número de manchas solares atingiu o valor mais pequeno do último milénio e, portanto, a radiação solar enfraqueceu bastante, a taxa de migração atingiu, ela também, um mínimo, estimado em cerca de 55m/ano (cf. figura 3). A seguir, a barra voltou a migrar a ritmo elevado, estimado em cerca de 90m/ano, até atingir os areais de Mira e a restinga isolar por completo o meio lagunar (cf. fig. 3). Parece poder concluir-se que no período normalmente apelidado de “Pequena Idade do Gelo” (que consideramos ter-se iniciado *grosso modo* no Mínimo de Spörer) se denota novamente uma aceleração no processo de desenvolvimento da restinga arenosa, muito embora, como fizemos alusão, com ritmos diferentes que parecem coincidir com os picos climáticos resultantes das manchas solares. Na generalidade, durante este período climático, a barra da restinga terá evoluído a uma taxa média de cerca de 70m/ano.

Com efeito, nesta fase climática o abastecimento sedimentar ao litoral deve ter sido elevado. Considera-se que, no cômputo geral, o volume de areias envolvido na deriva litoral efectiva terá sido, presumivelmente, superior a  $20 \times 10^9 \text{m}^3$  (Dias *et al.*, 1997: 60). Nesse sentido, reconhecendo que o maior fornecedor de sedimentos para este litoral são os rios do norte de Portugal,



com especial ênfase para o rio Douro (SOUTO, 1923, p. 70-71; DIAS *et al.*, 2012, p. 223), não consideramos negligenciáveis os registos de episódios de grandes cheias nesse curso fluvial, nomeadamente nos anos de 1480, 1526, 1585, 1596, 1625 e 1644 (AMORIM *et al.*, 2017, p. 195); é razoável supor que o aumento do débito sedimentar para o oceano e para o litoral promovido pelas cheias tenha contribuído para o aumento da carga sedimentar envolvida na deriva litoral. Foi por esta altura que começaram a surgir as primeiras queixas da população relativamente aos problemas da barra de Aveiro, sendo que, no ano de 1575, já se observava a irregularidade de comunicação entre a laguna e o oceano (AMORIM, 1996, p. 109-110). Não se sabe, no entanto, se essas dificuldades descritas pontualmente estavam associadas a heterogeneidades relacionadas com o funcionamento das barras naturais (cuja morfologia muda muito rapidamente em função de temporais ou de cheias), ou se era já uma situação persistente. É provável que a descrição aludida reflita apenas uma situação pontual.

Entre os anos de 1643 e de 1685 a restinga cresceu até a Quinta do Inglês, progredindo a uma taxa média de ca. 55 m./an. Nesta altura já se enfrentavam as condições climáticas adversas ocorridas durante o período do “Mínimo de Maunder” (Figura 3). Nesta fase, sucedem-se os períodos de instabilidade climática e temperaturas mais reduzidas (ALCOFORADO *et al.*, 2000). Para o Noroeste português, análises revelam períodos de intensa precipitação entre os anos de 1626 e 1679 (SILVA, 2019, p. 263), o que terá concorrido para uma ininterrupção do aporte sedimentar para o litoral. Com efeito, entre 1665 e 1685 a barra de Aveiro atravessou períodos de instabilidade e a entrada de embarcações foi-se tornando progressivamente mais complicada, acrescido pela longa distância que era preciso percorrer desde que se entrava na laguna até chegar ao porto de Aveiro, trajeto esse efetuado em fundos pequenos e móveis. No ano de 1675 e 1685 episódios de cheias obstruíram intensamente a barra (LOUREIRO, 1904, p. 15-16), o que faz denotar que o assoreamento era bastante pronunciado. A instabilidade da barra e os perigos associados à navegação lagunar reduziu bastante o transito de embarcações oceânicas que demandavam o porto de Aveiro (ABECASIS, 1955, p. 332), o que, associado à grande insalubridade provocada pela não renovação eficaz das águas (o que

tinha como consequência a proliferação de doenças, nomeadamente das seções, isto é, o paludismo) deu início ao período de mais forte decadência desta região, apenas estancado em 1808 com a abertura de uma barra artificial persistente frente à cidade (e.g. ABECASIS, 1955, p. 333-334; AMORIM, 1996, p. 77, 82-88, 319-323; DIAS *et al.*, 2012, p. 229-230).

A partir de então, e até 1757, quando a restinga atinge os areais de Mira onde se localizou a barra velha (fig. 3), o processo de plena formação lagunar completou-se (e.g. LOUREIRO, 1904, p. 15-16; ABECASIS, 1955, p. 332; AMORIM, 1996, p. 77; DIAS *et al.*, 2012, p. 220). Não obstante tentativas várias, infrutíferas, de abertura antrópica de uma nova barra, a situação só começaria a ser resolvida, como se disse, em 1808, quando finalmente se fixou a barra onde hoje se encontra localizada (Figura 3). Porém, essa nova barra demonstrou ter muito problemas, com períodos de forte assoreamento e com grande mobilidade dos fundos. Assim permaneceu muito tempo, constituindo uma preocupação constante. Só com as intervenções realizadas na década de 30 do século XX e, principalmente, com as empreendidas entre 1949 e 1958, é que a situação melhorou, tornando-se a barra efetivamente praticável. Ainda assim, a entrada da laguna revelou sempre forte tendência para assoreamento devido aos grandes volumes de areias envolvidas na deriva litoral, o que foi combatido, entre 1983 e 1987, com o prolongamento do molhe Norte em mais 500 m, e com persistentes operações de dragagem (CUNHA, 1959; ABECASIS, 1987; VICENTE, 1991; DIAS *et al.*, 1994).

### Considerações finais

Pela análise efetuada, parece poder concluir-se que as taxas de migração da ponta da restinga foram mais elevadas em períodos de amenização climática, reduzindo-se quando o clima se degradou. Assim, as taxas deduzidas parecem indicar que a restinga progrediu a ritmo muito elevado (da ordem de 130m/ano, durante o “Pequeno Ótimo Climático”, reduzindo-se substancialmente durante a fase de transição (que consideramos demarcada pelos mínimos de Wolf e de Spörer), com taxas da ordem de 40m/anos. Posteriormente o ritmo de migração da barra aumentou novamente, durante a “Pequena Idade do Gelo”, para valores de cerca de 70m/ano. Neste último período é

atestada a presença de ilhas no meio lagunar, resultantes de intenso processo de assoreamento que já vinha do antecedente.

Após a evolução da restinga ter sido completada, a barra teve marcada tendência para assoreamento, ficando por vezes a laguna sem comunicação com o oceano. Houve algumas tentativas para abertura de uma barra artificial. Por vezes, durante temporais, abriram-se barras naturais efêmeras, o que, ocasionalmente, continuou a verificar-se mesmo depois de, em 1808, ter sido aberta a atual barra artificial.

### Referências Bibliográficas

ABECASIS, Carlos Krus. "The history of a tidal lagoon inlet and its improvement (the case of Aveiro, Portugal)". *Proceedings of the Fifth Conference on Coastal Engineering*, Grenoble, 5, 1955, p. 329-363.

ABECASIS, Fernando. "O regime aluvionar da costa portuguesa entre Peniche e a foz do Mira". *Yngenium*, n. 8, Lisboa, p. 4-18, 1987.

ALCOFORADO, Maria João; NUNES, Maria de Fátima; GARCIA, João Carlos; TABORDA, João Paulo. "Temperature and precipitation reconstruction in southern Portugal during the late Maunder Minimum (AD 1675-1715)". *The Holocene*, v. 10, Issue 3, p. 333-340, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1191/095968300674442959>

ALMEIDA, Fortunato de. **História da Igreja em Portugal**. Ed. Preparada e dirigida por Damião Peres. Vol, I, Porto, Portucalense Editora, 1967.

ALVES, Francisco J. S.; DIAS, João Manuel Alveirinho; ALMEIDA, Mário Jorge Rocha de; FERREIRA, Óscar; TABORDA, Rui. "A armadilha de pesca da época romana descoberta na praia de Silvalde (Espinho)". *O arqueólogo português*, série IV, 6/7, p. 187-226, 1988-1989.

ALVES, Pe. Manuel Alves. **Subsídios para a História de Mira**. Mira: Paróquia de Mira, 1990.

AMARAL; Diamantino Antunes do. "A laguna: vida, morte e ressurreição de Aveiro". **Aveiro e o seu Distrito**. 6, Aveiro, p. 25-35, 1968.

AMORIM, Inês. **Aveiro e sua Provedoria no séc. XVIII (1690-1814) estudo económico de um espaço histórico**. Coimbra: Comissão de Coordenação da Região Centro, 1996.

AMORIM, Inês; SILVA, Luís Pedro; GARCIA, João Carlos. "As cheias do rio Douro no Porto (Portugal) do século XVIII". *SÉMATA*, Ciências Sociais e Humanidades, vol. 29, 2017, p. 185-217.

ANTT **Arquivo Nacional da Torre do Tombo. Livro da Estremadura**, L<sup>vro</sup>. 6.

ARAÚJO, Maria de Assunção. Climatic and coastal evolution during Little Ice Age: some considerations. European seaport systems in the Early Modern Age – a comparative approach. **International Workshop Proceedings**. Porto: IHM-UP, 2007, p. 79-88.

ARAÚJO, Maria de Assunção. Variações climáticas e evolução da linha de costa: algumas reflexões. In: ARAÚJO, Maria Assunção; VARETA, Nicole; GRANJA, Helena (org.). Os aspectos geomorfológicos e as dinâmicas históricas dos portos do NW Português. **XXIII Encontro da APHES** (Associação Portuguesa de História Económica e Social), Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, 7 e 8 de Novembro de 2003, CD Rom, 2003, p. 1-10. Disponível: [https://www.researchgate.net/publication/277159858\\_Variacoes\\_climaticas\\_e\\_evolucao\\_da\\_linha\\_de\\_costa\\_alguas\\_reflexoes](https://www.researchgate.net/publication/277159858_Variacoes_climaticas_e_evolucao_da_linha_de_costa_alguas_reflexoes) (Acedido em out. de 2020).

A.H.P **Archivo Historico Portuguez**. vol. II, Lisboa, 1904.

BASTOS, Maria Rosário; DIAS, João Alveirinho. Um teste de resiliência nas relações Homem-Meio: o caso da restinga arenosa da laguna de Aveiro. In: RODRIGUES, Maria Antonieta da Conceição; PEREIRA Silvia Dias & SANTOS, Sónia Barbosa dos (eds.). **Baía de Setúbal: Estado da Arte**. Rio de Janeiro: Ed. Corbã, 2012, p. 239-250.

BASTOS, Maria Rosário da Costa. **O Baixo Vouga em tempos medievos: do preâmbulo da monarquia aos finais do reinado de D. Dinis**. Saarbrücken, Novas Edições Académicas/Verlag, 2015.

BRAUDEL, Fernand. **Memórias do Mediterrâneo. Pré-História e Antiguidade**. Lisboa, Terramar, 2001.

CASTELO-BRANCO, Fernando. “Desenvolvimento da Geo-História em Portugal”. **História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal**, vol. II, Lisboa: Publicações do II Centenário da Academia das Ciências em Lisboa, 1986.

CLIMATESNACK. <https://www.scisnack.com/2013/11/26/to-index-or-not-to-index/> (acedido em out. de 2020).

CROPPER, Thomas; HANNA, Edward; VALENTE, Maria Antonia; JONSSON, Trausti. “A daily Azores – Iceland North Atlantic Oscillation index back to 1850”. *Geosci. Data J.*, v. 2, p. 12–24, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/gdj3.23>

CUNHA, Silvério Ribeiro da Rocha. “O porto de Aveiro. Notícia histórica da barra de Aveiro. O porto e a barra de Aveiro nos séculos XI, XVI, XVII e XVIII”. *Revista de Obras Públicas e Minas*. 81, p. 42- 48, 1959.

DIAS, João Manuel Alveirinho; FERREIRA, Óscar M. F. Cerveira; PEREIRA, Ana P. R. Ramos. **Estudo sintético de diagnóstico da geomorfologia e da dinâmica costeira dos troços costeiros entre Espinho e a Nazaré**. Lisboa: Esamim, 1994.

DIAS, João Manuel; RODRIGUES, Aurora; MAGALHÃES, Fernando. “Evolução da linha de costa, em Portugal, desde o último máximo glaciário até à actualidade: síntese dos conhecimentos”. *Estudos do Quaternário*, v. I. Lisboa: APEQ, 1997, p. 53-66.

DIAS, João Manuel Alveirinho; BOSKI, Tomasz; RODRIGUES, Aurora; MAGALHÃES, Fernando. “Coast line evolution in Portugal since the Last Glacial Maximum until present – a synthesis”. *Marine Geology*, v. 170, Issue 1-2, p. 177-186, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(00\)00073-6](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(00)00073-6)

DIAS, João Manuel Alveirinho. A história da evolução do litoral português nos últimos vinte milénios. In: TAVARES, António Augusto (ed.). *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos: geologia, história, arqueologia e climatologia. Actas do Colóquio*. Lisboa: Universidade Aberta, 2004, p. 157-170.

DIAS, João Alveirinho. “Evolução da zona costeira portuguesa: forçamentos antrópicos e naturais”. *Revista Encontros Científicos – Turismo, Gestão, Fiscalidade*, Faro, 1, p. 7-27, 2005.

DIAS, João Alveirinho. “Alguns exemplos da rápida evolução costeira em Portugal”. In: BOSKI, Tomasz; MOURA, Delminda & GOMES, Ana (ed.). VII Reunião do Quaternário Ibérico. **Livro de Resumos**. Faro: Centro de Investigação Marinha e Ambiental / Universidade do Algarve, 2009, p. 17-21.

DIAS, João Alveirinho; BASTOS, Maria Rosário; BERNARDES, Cristina; FREITAS, Joana Gaspar; MARTINS, Virgínia. *Interacções Homem-Meio em zonas costeiras: O caso de Aveiro, Portugal*. In: RODRIGUES, Maria Antonieta da Conceição; PEREIRA Silvia Dias & SANTOS, Sónia Barbosa dos (eds.). **Baía de Sepetiba: Estado da Arte**. Rio de Janeiro: Ed. Corbã, 2012, p. 215-249.

DIAZ, Henry F.; TRIGO, Ricardo; HUGHES, Malcolm K.; MANN, Michael E.; XOPLAKI, Elena; BARRIOPEDRO, David. “Spatial and temporal characteristics of climate in medieval times revisited”. *American Meteorological Society*, November, p. 1487-1500, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-10-05003.1>

GIRÃO, Aristides de Amorim. **Bacia do Vouga: Estudo Geográfico**. Coimbra, Imprensa da Universidade, 1922.

HURRELL, James; KUSHNIR, Yochanan; VISBECK, Martin “The North Atlantic Oscillation”. *Science*, vol. 291, Issue 5504, p. 603-605, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1058761>

HURRELL, James W.; KUSHNIR, Yochanan; OTTERSEN, Geir; VISBECK, Martin. An Overview of the North Atlantic Oscillation. In: HURRELL, James W.; KUSHNIR, Yochanan; OTTERSEN, Geir; VISBECK, Martin (eds.). **The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact**. Geophysical Monograph, vol. 134, American Geophysical Union, 2003, p. 1-35.

JACKSON, Derek W. T.; COSTAS, Susana; GUISSADO-PINTADO, Emilia. “Large-scale transgressive coastal dune behaviour in Europe during the Little

Ice Age. *Global and Planetary Change*, V. 175, p. 82-91, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.02.003>

LEITÃO, António do Nascimento. **Aveiro e a sua laguna (Estudo comparativo de temas regionais)**. Lisboa, Livraria Sá da Costa, 1944.

LILLEBØ, A. I.; AMEIXA, O. M. C. C.; SOUSA, L. P.; SOUSA, A. I.; SOARES, J. A.; DOLBETH, M.; ALVES, F. L. "The physio-geographical background and ecology of Ria de Aveiro". In: LILLEBØ, A. I.; P. STÅLNACKE, P.; GOOCH, G. (eds.). *Coastal Lagoons in Europe Integrated Water Resource Strategies*. London: IWA Publishing, 2016, p. 21-29.

LIU, Yu; QIUFANG, Cai; HUIMING, Song; AN, ZhiSheng; LIDERHOLM, Hans W. "Amplitudes, rates, periodicities and causes of temperature variations in the past 2485 years and future trends over the central-eastern Tibetan Plateau". *Chinese Science Bulletin*, 56, art. 2986. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11434-011-4713-7>

LOUREIRO, Adolpho. **Os Portos Marítimos de Portugal e Ilhas Adjacentes**. Vol. II, Lisboa, Imprensa Nacional, 1904.

LUCCI, Luiz Filipe de Lencastre Schwalbach. **Estudos Geográficos – Alterações Litorais. A Ria de Aveiro**. Lisboa, Typographia do Anuario Commercial, 1918.

MANN, Michael E.; JONES, Philip D. "Global surface temperatures over the past two millennia". *Geophysical Research Letters*, v. 30, nº 15, 1820, p. 1-5, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1029/2003GL017814>

MANN, Michael E.; ZHIHUA, Zhang; SCOTT, Rutherford; HUGHES, Malcolm K.; SHINDELL, Drew; AMMANN, Caspar; FALUVEGI, Greg; NI, Fenbiao. "Global Signatures and Dynamical Origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly". *Science*, 326 (5957), p. 1256-1260, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1177303>

MARTINS, Fernando. "A configuração do litoral Português no último quartel do século XIV. Apostila a um mapa". *Biblos*, Coimbra, XXII, 1947.

MATTOSO, José.; KRUS, Luís; ANDRADE, Amélia. **O Castelo e a Feira, a terra de Santa Maria nos séculos XI a XII**. Lisboa: Editorial Estampa, 1989.

MORENO, Ana; PÉREZ, Ana; FRIGOLA, Jaime; NIETO-MORENO, Vanesa; RODRIGO-GÁMIZ, Marta; MARTRAT, Belén; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, Penélope; MORELLÓN, Mario; MARTÍN-PUERTAS, Celia; CORELLA, Juan Pablo; BELMONTE, Ánchel; CANALS, Miguel; GRIMALT, Joan O.; JIMÉNEZ-ESPEJO, Francisco; MARTÍNEZ-RUIZ, Francisca; VAGAS-VILLARÚBIA, Teresa; VALERO-GARCÉS, Blas L. "The Medieval Climate Anomaly in the Iberian Peninsula reconstructed from marine and lake records". *Quaternary Science Reviews*, v. 43, Issue 8, p. 16-32, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.04.007>

MUSCHELER, Raimund; JOOS, Fortunat; BEER, Jürg; MULLER, Simon A.; VONMOOS, Maura; SNOWBALL, Ian. "Solar activity during the last 1000 yr inferred from radionuclide records". *Quaternary Science Reviews*, 26 (1-2), p. 82-97, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.07.012>

NEVES, Francisco Ferreira. "Documentos relativos à abertura da actual barra de Aveiro". *Separata do Arquivo do Distrito de Aveiro*, vol. XXII, Aveiro, 1956.

OLIVA, M.; RUIZ FÉRNANDEZ, J.; BARRIENDOS, M.; BENITO, G.; CUADRAT, J.M.; DOMÍNGUEZ-CASTRO, F.; GARCIA-RUIZ, J.M.; GÓMEZ-ORTIZ, A.; HÉRNANDEZ, A.; LÓPEZ-COSTA, O.; LÓPEZ-MORENO, J.I.; LÓPEZ-SAÉZ, J.A.; MARTÍNEZ-CORTIZAS, A.; MORENO, A.; PROHOM, M.; SAZ, M.A.; SERRANO, E.; TEJEDOR, E.; TRIGO, R.; VELERO-GARCÉS, B.; VICENTE-SERRANO, S.M. "The Little Ice Age in Iberian mountains". *Earth-Science Reviews*, v. 177, p. 175-208, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.11.010>

OLIVEIRA, Orlando de. **Origens da Ria de Aveiro**. Aveiro, Câmara Municipal de Aveiro, 1988.

OLIVEIRA, Miguel de. **Ovar na Idade Média**. Ovar, Câmara Municipal de Ovar, 1967.

ORTEGA, Pablo; LEHNER, Flavio; SWINGEDOUW, Didier; MASSON-DELMOTTE, Valerie; RAIBLE, Christof C.; CASADO, Mathieu; YIOU, Pascal. "A model-tested North Atlantic Oscillation reconstruction for the past millennium". *Nature*, 523, p. 71-74, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature14518>

PFISTER, C.; LUTERBACHER, J.; SCHWARZ-ZANETTI, G.; WEGMANN, M. "Winter air temperature variations in western Europe during the Early and High Middle Ages (AD 750-1300)", *The Holocene*, 8, p. 535-552, 1998.

P.M.H. **Portugaliae Monumenta Historica a saeculo octavo post Christum usque ad quintumdecimum iussu Academiae Scientiarum Olisiponensis Edita. Diplomata et Chartae**. Volvmen I, fascicvlvs I, Olisipone, Typis Academicis, 1867.

SANTOS, João A.; CARNEIRO, Maria F.; ALCOFORADO, Maria J.; LEAL, Sofia; LUZ, Ana L.; CAMUFFO, Dario; ZORITA, E. "Calibration and multi-source consistency analysis of reconstructed precipitation series in Portugal since the early 17th century". *The Holocene*, v. 25, Issue 4, p. 1-14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1177/0959683614566250>

SILVA, Luís Pedro. **O clima do Noroeste de Portugal (1600-1855): dos discursos aos impactos**. Dissertação (Doutoramento em História) - Universidade do Porto. 2019.

SILVA, Maria João Violante Marques da. **Aveiro Medieval**. Aveiro: Câmara Municipal de Aveiro, 1991.

SILVA, Maria João Violante Marques da. **Esgueira - A Vida De Uma Aldeia Do Século XV**. Redondo: Patrimonia, 1994.

SOUTO, Alberto. **Origens da Ria de Aveiro (Subsidio para o estudo do problema)**. In: Apontamentos sobre a geografia da Beira-Litoral. Vol. I. Aveiro: Livraria João Vieira da Cunha / Tipografia Minerva, 1923.

TROUET, Valérie; ESPER, Jan; GRAHAM, Nicholas E.; BAKER, Andy; SCOURSE, James D.; FRANK, David C. "Persistent Positive North Atlantic Oscillation Mode Dominated the Medieval Climate Anomaly". *Science*, v. 324, nº 78, p. 78-80, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1166349>

VICENTE, Claudino Martins. "Evolução maregráfica e morfológica do canal de Mira da Ria de Aveiro". *Actas do 2o Simpósio sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*. Porto, 1991, p. 65-85.

VISBECK, Martin H.; HURRELL, James W.; POLVANI, Lorenzo; CULLEN, Heidi M. "The North Atlantic Oscillation: Past, present, and future". *PNAS*, v. 98, nº. 23, p. 12876-12877, 2001. DOI: [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.231391598](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.231391598)