

*A ciência consiste em substituir o saber que parecia seguro
por uma teoria, ou seja, por algo problemático.*

José Ortega y Gasset

Agradecimentos

Não posso começar os meus agradecimentos sem antes esclarecer uma questão que para mim é fundamental nesta atitude, qual gratidão, de necessidade. Excluindo um primeiro agradecimento, e principal, à pessoa da Senhora Professora Doutora Ana Ramos-Pereira, todos os outros agradecimentos que se lhe seguem não estão ordenados de acordo com graus de importância crescentes ou decrescentes. Cada um deles representa a minha vontade de agradecer individualmente a todos os que, com prazer, me ajudaram na prossecução e conclusão desta investigação tornada tese.

Esta tese de mestrado nasceu do desejo de escrever sobre um tema que pudesse ser abordado pela multidisciplinaridade científica. Na qualidade de arqueólogo, cedo me apercebi que era através deste procedimento misto de leituras científicas que poderia atingir uma reciprocidade de conhecimento necessária tanto para a comunidade profissional da qual eu faço parte, como para o meu próprio compromisso e vocação.

Não obstante esse desejo, eram necessários instrumentos. Métodos. Processos suficientemente rigorosos para que o conjunto de linhas escritas pouco criteriosas em que esta tese, numa fase inicial, se tinha tornado, se tivesse conseguido transformar num bloco mais pertinente de textos completos. Agradeço, por tudo isto, à Senhora Professora Doutora Ana Ramos-Pereira, porque foi ela que me reensinou a pensar a ciência. Agradeço-lhe também a amizade e o voto de confiança que quis fazer constante, quando apostou em orientar este trabalho de Geoarqueologia.

Quero tornar público o meu sincero agradecimento ao Mestre Jorge Trindade pelas horas de ensino prático que me deu. No meio de conselhos de mestria teórica, desde os apontamentos bibliográficos, passando pelos ensinamentos técnicos de laboratório e de campo, ofereceu-me a possibilidade de lhe poder chamar agora amigo.

À Senhora Professora Doutora Ana Margarida Arruda quero agradecer o contributo que deu para a realização desta tese. Graças ao rigor de abordagem arqueológica que impõe no acto de escavação, tornou possível determinar atempadamente aquele que se veio a confirmar como o primeiro caso arqueossismológico detectado durante a fase de escavação.

Um agradecimento sincero vai também para a Mestre Elisabete Nunes pelas horas de laboratório e tratamento de amostras sedimentares que tão bem soube explicar. O empenho que colocou na ajuda de laboratório foi salutar.

Ao Mestre Jorge Rocha, agradeço os infindáveis reparos, e reparações, que fez ao suporte cartográfico, sem o qual este trabalho perderia o rigor. Não acredito que haja outra pessoa mais competente em Sistemas de Informação Geográfica.

Ao Dr. Alexandre Leandro, agradeço a valorosa e amiga ajuda na elaboração de mapas e perfis topográficos.

À Dr.^a Raquel Paixão deixo um agradecimento especial. Abdicando do seu próprio tempo, prontificou-se a ajudar nas análises e pesagem de sedimentos.

Sem a colaboração do Departamento de Ciências da Terra da Escola de Ciências da Universidade do Minho, esta tese também não teria sido possível. Por isso agradeço à Senhora Professora Doutora Maria Helena Granja, pela hospitalidade com que me recebeu durante o período em que lá estive a trabalhar, ao Mestre Luís Gonçalves pela forma cordata como me introduziu no ambiente do laboratório daquela Universidade, e ao técnico Saúl Sendas não só pela disponibilidade que apresentou no tratamento das amostras sedimentares que levei comigo, mas também por ter contribuído, sempre com boa disposição, para melhorar os meus conhecimentos laboratoriais.

À Mestre Aldina Piedade agradeço a ajuda e os conselhos referentes ao detalhe cartográfico.

Agradeço aos amigos, Mestre Carlos Pereira, Mestre Elisa Sousa, Mestre Patrícia Bargão e Dr. Pedro Lourenço, pelo apoio incondicional que me têm dado ao longo dos anos de universitário. Agradeço-lhes também o interesse que manifestaram pela área da Arqueossismologia que fez com que soubessem reconhecer o primeiro caso de destruição sísmica num sítio arqueológico, durante um período de escavação.

Ao Fernando Araújo Gomes e à Maria Madalena Marques deixo aqui um especial agradecimento. Não só souberam compreender os períodos de maior impaciência decorrente do processo normal de escrita, com souberam respeitar faltas inevitáveis a compromissos familiares. Não por serem meus pais, mas principalmente por serem os meus melhores amigos, bem hajam.

Ao meu irmão e muito mais que amigo, Bruno Araújo Gomes, agradeço fraternidade de 28 anos.

E finalmente, embora público mas pessoal, agradeço-te a ti, Joana Grego, por teres feito a minha vida melhor, e por me dares, com inefável carinho, a certeza de que vale a pena fazer erros, sozinho, para crescer acompanhado.

Exórdio

Um estuário, um sítio arqueológico e um sismo. Estas são as três ideias que formaram esta tese de mestrado. Três ideias distintas e aparentemente pouco relacionáveis que dariam, por si só, um interessante objecto de investigação. Então porquê condensar numa só tese três temas tão vastos?

A razão, embora simples, tem uma resposta complexa que arriscarei numa explicação tripartida.

Os estuários, sistemas complexos onde a relação ecológica e geomorfológica equilibrada se faz sentir em fozes de rios normalmente protegidos por interrupções da linha de costa, apresentam um role de informação fascinante. Não só porque são capazes de guardar sedimentos oriundos de localizações a montante dos rios que neles “morrem”, como esses próprios sedimentos contêm informações paleoclimáticas, litológicas e ambientais suficientemente bem conservadas para servirem de principal suporte de estudo de evolução de uma determinada paisagem. Para além disso, podem também conter informação sedimentar relativa a eventos de incursão marinha anormal que possam ter interrompido, a dada altura, o típico processo de sedimentação fluvial.

Um sítio arqueológico, e pressupondo que falamos de um local que contém vestígios estruturados e visíveis passíveis de serem analisados e interpretados, tem, à partida, condições suficientes para ser um motivo individual de análise. Embora não tenha intenção de estudar um sítio arqueológico, não posso fugir à minha tendência de formação profissional e desprezar informações importantes que um local como esses me possa dar. Um sítio arqueológico, para além de ser isso mesmo – local que contém vestígios de ocupação humana de um determinado período histórico – pode também conter outros tipos de informação, nomeadamente paleoambientais.

Os sismos são sempre súbitos e inesperados. Súbitas são também as ilações que se retiram das consequências desses episódios. E de uma maneira mais rápida, ainda se esquecem as medidas preventivas a adoptar em situações futuras semelhantes. Se, por um lado, um tremor de terra pode ser devastador e motivo suficientemente forte para se tornar notícia exclusiva numa sociedade, por outro é incompreensivelmente desvalorizado passado algum tempo. Porém, uma pequena fracção de pessoas que quer que fenómenos deste género sirvam de exemplo e impulsionem acções de preparação, não desvaloriza o poder destrutivo dos sismos e tenta que estes sejam estudados com maior detalhe.

A par da reacção humana do rápido esquecimento involuntário (ou, por ventura, subconscientemente voluntário) que se repete no tempo, está a recorrente conduta histórica de tentar justificar abandonos de sítios e quedas de civilizações e/ou populações através de episódios catastróficos (Ambraseys, 1971) muito por culpa, também, da pouca informação científica.

De uma maneira inexplicável, todos os fenómenos naturais de destruição são fascinantes. Sejam sismos, vulcões, tempestades, cheias ou deslizamentos de terra, estes acontecimentos mais ou menos imprevisíveis causar-nos-ão sempre indagações: havemos sempre de querer saber o que aconteceu, por exemplo, aos pompeianos e aos habitantes de Herculano, e por que razão não foram eles perspicazes para antecipar uma fuga maciça das cidades-sopé do Vesúvio; por que motivo não foram capazes alguns dos residentes de Sumatra fugir antes do tsunami de 2004, em vez de estar admirar a beleza da invulgar deformação marinha? Paralelamente a estas questões coloca-se outra quase intrigante: por que razão os vídeos captados actualmente que dão conta de fenómenos de destruição e desastre são dos mais vistos pelos utilizadores da Internet?

Embora nos possamos sentir tentados a abordar a psicologia humana associada a este fascínio pela hecatombe, e saibamos que faz parte da nossa característica admirar fenómenos destrutivos, seja por curiosidade, respeito, ou até por prazer, o que importa aqui tratar é de eventos sísmicos no nosso país,

e mais concretamente a sismicidade da região Sul portuguesa e avaliar as suas consequências no que respeita ao uso do território.

Ora os sismos, e sobretudo os de grande magnitude com todos os fenómenos posteriores de destruição que lhe estão associados, fazem parte da lista de episódios que são capazes de alterar substancialmente uma paisagem. E, muito para além de poderem ou não ser agentes terminais de culturas humanas, são indubitavelmente capazes de transformar a morfologia de uma área ou região actuando de modo repentino em modificações geomorfológicas que podem ser permanentes.

Por tudo isto, esta tese surgiu. Motivada pela vontade de estudar a evolução de uma paisagem do litoral Sul de Portugal – Estuário da Ribeira de Bensafrim – e também pelo fascínio do próprio fenómeno sísmico, convenhamos, a presente investigação desenvolveu-se com o objectivo de realizar um trabalho que partisse de um evento sísmico comprovado num sítio arqueológico para a extrapolação interpretativa da relevância da sismicidade no estudo multidisciplinar de evolução de uma paisagem¹.

É importante conhecer o passado, e mais concretamente as acções que um sismo pode causar num estabelecimento populacional e numa morfologia do território de Lagos. Mas é igualmente importante que se desenvolva um estudo capaz de ajudar não só interpretações arqueológicas, como também estudos paleossismológicos e geomorfológicos desta região do Barlavento Algarvio, para que esse passado não tenha sido em vão e para que, sobretudo, nos possamos preparar para o futuro que vai ser, seguramente, caracterizado por mudanças climáticas, reocupação e reorganização da estratégia de povoamento, e outros eventos de destruição sísmica.

¹ O termo “paisagem” não pretende, aqui, ser entendido como “expressão espacial da interacção das componentes biofísicas e sócio-económicas que constituem o sistema ambiente” (Ramos-Pereira, 1995:9). Entenda-se por isso “paisagem” como apenas o local que reúne determinados contextos antrópicos, geológicos e geomorfológicos.

Capítulo I – A investigação desenvolvida

1. Definição do objectivo

“Os ambientes estuarinos constituem uma das áreas mais sensíveis, no quadro das alterações climáticas e da subida do nível do mar, porque se situam na interface entre influências fluviais e marinhas e são o suporte, não só de áreas húmidas de grande biodiversidade, mas também de actividades económicas de importância estratégica. Em ambientes estuarinos registam-se as mudanças do nível médio do mar (n.m.m.) e as modificações operadas nas bacias hidrográficas, quer naturais quer induzidas pela acção humana”.

Esta afirmação presente no Projecto *Mudanças ambientais: interacções fluvio-marinhas nos últimos 5000 anos - FMI 5000* (PTDC/CTE-GIX/104035/2008) representa bem a principal motivação e objectivo desta investigação.

Os estuários contêm, nos sedimentos que preenchem o fundo de vale pós último máximo glacial (UMG), os registos das variações relativas do nível médio do mar, mas também das modificações operadas na sua bacia-vertente como consequência não só das flutuações climáticas ocorridas nos últimos 18.000 anos, bem como as modificações originadas pela acção humana que se traduzem nas mudanças de uso do território (fig.1). Em regiões litorais onde o registo histórico evidencia a existência de eventos sísmicos de grande magnitude a que se associam *tsunamis* (maremotos), estes sedimentos de enchimento de vale podem também mostrar a assinatura desses acontecimentos.

Há 18.000 anos, o “nível médio do mar localizava-se entre 120 e 140 metros abaixo do nível actual (...), e as zonas hoje ocupadas pelos troços terminais dos rios correspondiam a vales bastante profundos, em fase erosiva intensa, cujos talwegues se localizavam várias dezenas de metros abaixo dos actuais” (Dias *in* Tavares *et al*, 2004: 161-162). Sem se saber exactamente a que profundidade se situa o substrato na maior parte dos fundos de vale, é certo que a espessura de sedimentos deverá alcançar várias dezenas de metros, à

semelhança do que sucede noutros estuários da costa portuguesa (Azevedo *et al*, 2007; Moura, 1998; Boski, *et al* 2002 e 2008; Dias *et al*, 2000). As fozes estariam, nessa altura, a dezenas de quilómetros para o largo da actual linha de costa.

O estudo desses sedimentos, composição fundamental (inorgânica e biológica), constituirá um passo importante no conhecimento das variações do nível do mar e consequentemente do ritmo de assoreamento. As variações relativas do n.m.m. constituem resposta às flutuações climáticas planetárias e à dinâmica tectónica regional.

Porém, as flutuações climáticas têm outras repercussões no território, e.g., modificações no coberto vegetal ou mesmo nas práticas agrícolas (fig.1). Um agravamento das condições climáticas, quer por arrefecimento quer por aumento da aridez, promove a desnudação das vertentes e consequentemente a erosão, aumentando a carga sólida que os rios, em episódios de cheia, transportam para a foz. Uma melhoria das condições climáticas pode também permitir a regeneração do coberto vegetal e a intensificação das práticas agrícolas. Acresce ainda que a prática de queimadas não pode ser esquecida, quando se trata o Holocénico.

Outro aspecto que se propõe debater neste trabalho, é o papel das intervenções humanas no uso do território, exponencialmente aumentadas na idade do Bronze (*circa* 3500 anos) devido à intensificação da agricultura. Este fenómeno está registado em diversos estudos realizados, nomeadamente no estuário do Tejo (Azevedo *et al*, 2007, Ramos *et al*, 2007), mas também noutros locais do território (van der Knaap, W.O. & van Leeuwen, J.F.N., 1995). Com esta prática antrópica, os sedimentos que foram sendo transportados e depositados nas planícies aluviais estuarinas guardaram a assinatura desse novo uso humano do território.

Para além daquela informação, o estudo das mudanças texturais dos sedimentos deve também ser capaz de relacionar esses mesmos sedimentos com a sua proveniência (fluvial ou marinha), e contribuir para detectar

pequenas flutuações climáticas no Holocénico médio e superior. Mais ainda, as análises detalhadas dos sedimentos poderão confirmar períodos de possíveis incursões marinhas em ambiente estuarino.

Este trabalho tem, como principal objectivo, o estudo do registo paleoambiental preservado no assoreamento de um pequeno estuário.

O assoreamento de estuários resulta de um conjunto de factores, referidos anteriormente, e que se esquematizam na Figura 1:

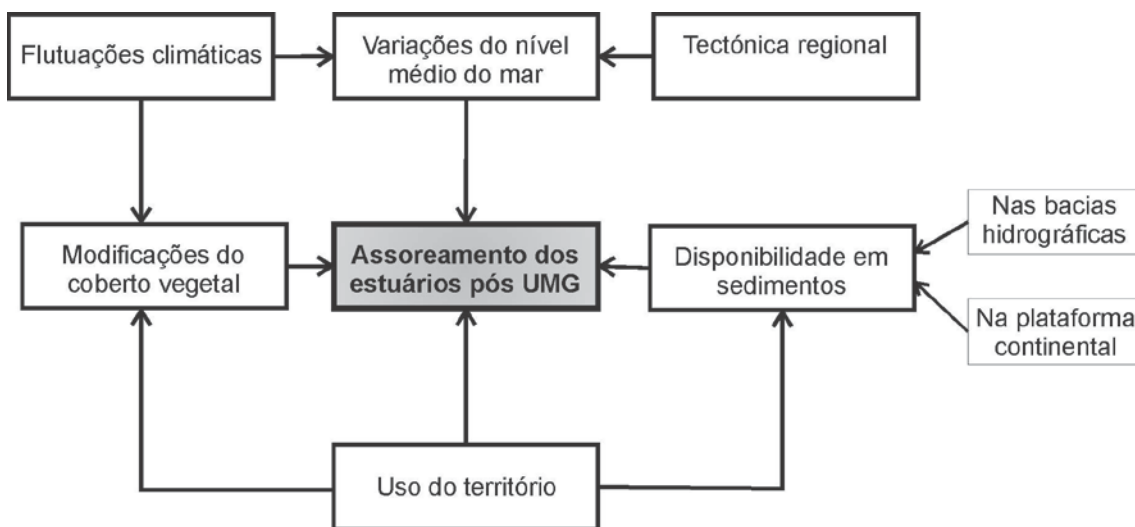


Figura 1 - Factores que comandam o assoreamento dos estuários no pós último máximo glaciário.

A investigação desenvolvida não esgota o tema, que é muito complexo e vasto, mas visa dar um contributo para o conhecimento da evolução de um pequeno estuário, através de uma abordagem multidisciplinar, numa janela temporal de cerca 3000 anos.

2. Metodologia Utilizada

Os factores condicionantes e desencadeantes do assoreamento de estuários são, como se referiu anteriormente, múltiplos (Carter, 1988; Bird, 1984). Com o objectivo de tentar contribuir para o conhecimento do fenómeno e para a detecção da evolução paleoambiental, foi utilizada uma abordagem multidisciplinar, de acordo com o modelo expresso na Figura 2.

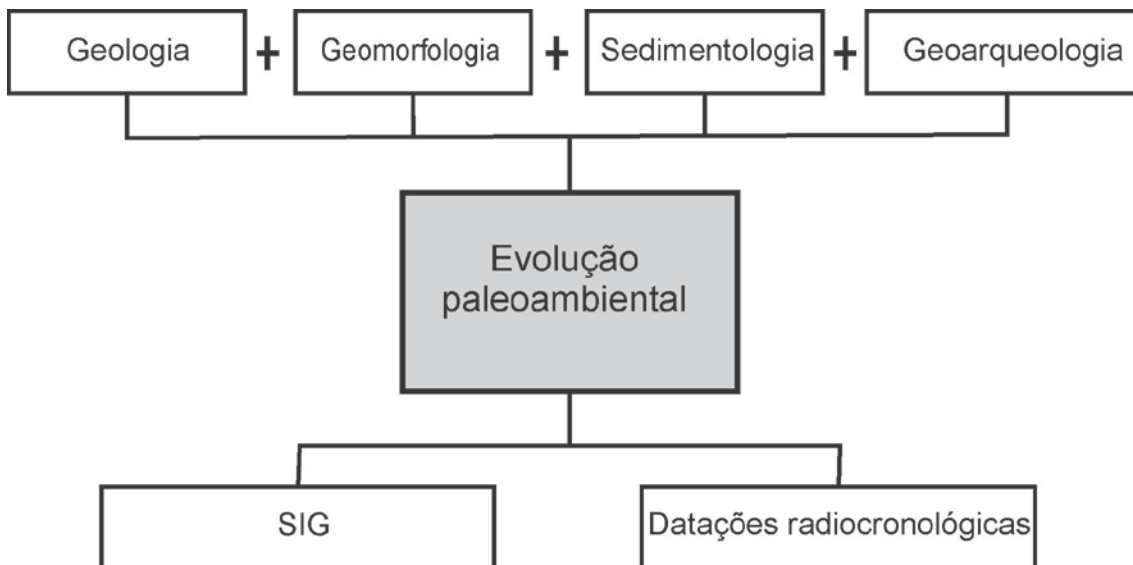


Figura 2 – Modelo conceptual de abordagem ao assoreamento de estuários, utilizado neste trabalho.

As *componentes geológica e geomorfológica* neste trabalho visam essencialmente caracterizar e enquadrar o estuário estudado na bacia hidrográfica do respectivo curso de água e avaliar em que medida as suas características influenciam e permitem disponibilizar sedimentos que contribuem para o assoreamento do estuário, relacionando a natureza litológica com as características morfológicas da bacia.

A caracterização geomorfológica será realizada em duas escalas espaciais:

- (i) A da bacia hidrográfica, tendo como objectivo definir as suas características morfológicas, nomeadamente morfométricas, de declive e rugosidade topográfica da bacia, bem como a variação das características morfológicas do vale;

- (ii) A do estuário, permitindo o enquadramento dos locais a ser tratados em pormenor.

A caracterização geomorfológica incluirá ainda, para além da situação actual, a evolução do estuário desde o UMG, de acordo com a escassa informação disponível sobre a variação de nível do mar e as características da batimetria da plataforma continental.

A documentação de base utilizada foi a cartografia geológica e topográfica, a qual foi georeferenciada. No que respeita à informação da área submersa, foi utilizada e georeferenciada a informação contida nos mapas de Vanney e Mougnot (1981).

Uma vez que se pretende avaliar a evolução paleoambiental com base no registo sedimentar do assoreamento do estuário, foi realizada uma sondagem com trado manual (*Edelman Auger 'equipment da Eijkelkamp*) no estuário em estudo.



Foto 1 – O esforço da sondagem manual

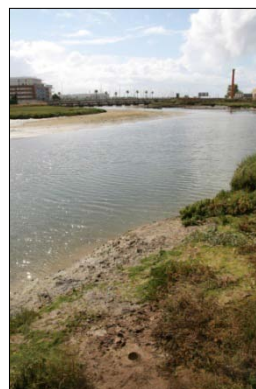


Foto 2 – A boca da sondagem

Esta sondagem atingiu a profundidade de 1,95 m e foi realizada na margem direita da foz da Ribeira de Bensafrim (fotos 1 e 2). O local sondagem foi georeferenciado com um GPS (*Magellan Professional T-GPS Pro Mark 3*).

Optou-se por recolher os dados posicionais em modo sinemático (*Stop&Go*) com um tempo de aquisição de um ponto por segundo durante 10 minutos. O pós-processamento dos dados recolhidos no campo foi efectuado com o

software GNSS Studio 3.00.07©, recorrendo às observações da Estação Permanente de Lagos da RENEP do IGP.

O ponto da sondagem, referenciado como GS05, tem as seguintes coordenadas geográficas:

Latitude: 37° 06' 46.51295"N

Longitude: 8° 40' 43.93073"W

Altitude: 1,289m (acima do nível médio do mar, Datum de Cascais)

A sondagem foi seccionada no Laboratório de Geografia Física do CEG (Centro de Estudos Geográficos). A *abordagem sedimentológica* partirá da análise dos sedimentos da sondagem e avaliará a mudança de fácies e de padrões texturais, passando pela avaliação da variação do conteúdo de areia, silte e argila, juntamente com o cruzamento de parâmetros estatísticos e identificação de potenciais mudanças de energias em ambiente fluvial.

O objectivo desta divisão é usar uma das metades do *core* para uma análise sedimentológica elementar, i.e., separação das fracções superior e inferior a 62 *microns*, ficando a outra metade destinada a outros procedimentos, nomeadamente datações radiocronológicas. As metades obtidas foram seccionadas em divisões centimétricas iguais. Como se constatará adiante, nos casos em que a quantidade de sedimento disponível em cada centímetro seccionado era insuficiente para tratamento, agruparam-se 2 ou mais centímetros contíguos.

Cada uma das amostras foi referenciada com *Lagos.Conv.*, seguida da numeração centimétrica crescente do topo para a base.

Depois de secadas numa estufa (*Memmert*) a uma temperatura de 60^{o2} centígrados, as amostras foram pesadas em balança electrónica (*Kern GJ*) de elevada precisão. As parcelas centimétricas (doravante amostras) foram depois

² A temperatura ideal de 60° para este procedimento de secagem é simultaneamente suficientemente para retirar a água das amostras e para manter intacta a estrutura cristalina da argila.

embebidas em água desionizada dentro de um gobelé de vidro para, por agitação, separar as fracções finas e grosseira.

A fracção arenosa, superior a 62 micra, foi secada e submetida a crivagem numa série de crivos *Retsch*, 0,5 ϕ de intervalo, segundo a escala de *Wentworth*. O conjunto foi submetido a agitação durante 20 minutos, num agitador de peneiros *Retsch* A200. O resíduo de cada crivo, após agitação, foi pesado para posterior procedimento e cálculo de parâmetros estatísticos.

A fracção fina que passou o filtro (62 micra) ficou a decantar na proveta até que a água ficasse límpida com as argilas no fundo. A fase seguinte consistiu na passagem dessa água por um filtro circular de papel com 90mm de diâmetro que foi colocado num funil cerâmico de Buckner com 100mm de diâmetro. Esse funil foi anexado a um balão de tipo *Erlenmeyer* (variante *Kitasatos* de duas torneiras assimétricas).

Uma vez filtrada a água, a argila que ficou retida pelo filtro foi secada também a 60° na estufa e pesada posteriormente.

Ainda nesta etapa, a fracção fina foi transferida para o laboratório de Geologia da Escola de Ciências da Universidade do Minho³, onde foram feitas novas pesagens individuais com o SediGraph 5100 da *Micromeritics* (Foto 3).



Foto 3 – O sedígrafo utilizado

³ Parceiro no Projecto FMI 5000 aprovado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT).

Neste sedígrafo, as partículas de silte e argila que passam entre uma lâmina de vidro são medidas com raios laser e registadas em μm (micra).

A *abordagem Geoarqueológica* incidirá essencialmente em dois pontos distintos:

- (i) A parte Arqueológica, com o inventário de todos os sítios incluídos na área de estudo e que se enquadrem numa baliza cronológica de 3 mil anos - desde o final da Idade do Bronze até aos dias de hoje, e procurará mostrar o papel da intervenção humana na modificação do uso do território;
- (ii) A parte Arqueossismológica, que incidirá particularmente no sítio arqueológico do Monte Molião, com ocupação da Idade do Ferro e Romano, e mostrará os efeitos de um evento sísmico de grande intensidade.

Na janela temporal considerada, houve ocupações humanas desde a Idade do Bronze, passando pelo período Romano, até ao período Medieval. Neste trabalho, e porque só se referem sítios arqueológicos até ao período Romano devido à adequação temporária com o objectivo do estudo, salientamos que todas as referências, à excepção do caso particular do sítio do Monte Molião pelas razões que veremos mais adiante, foram obtidas com base na pesquisa bibliográfica e cartografia georreferenciada de ocorrências. A informação de base está contida numa base de dados arqueológica, disponível *on line* (<http://arqueologia.igespar.pt/POC/?sid=sitios>) – o Endovelico, criada pelo IGESPAR (Ministério da Cultura). Para completar esta base de dados para a região em estudo, recorreu-se também a bibliografia recente e a informações pessoais de arqueólogos que desenvolvem trabalhos na região em estudo.

Incidir na abordagem arqueológica nesse particular sítio do Monte Molião parece redutor, sobretudo se se tiver em conta que o objectivo primeiro é o estudo do registo paleoambiental conservado no estuário da Ribeira de Bensafrim. E, precisamente por isso, tentar-se á referir e contabilizar, tendo em

conta o seu papel de potencial destruidor de vegetação, os sítios arqueológicos que sejam pertencentes a estabelecimentos humanos de longa duração. No fundo, sítios que tenham evidências de ocupação definitiva e, portanto, nunca temporária ou sazonal. Só este tipo de ocupações, representantes de comunidades auto-subsistentes maiores em número e em expressão de produção, é que terão sido suficientemente capazes de gerar, para além dos próprios estabelecimentos mais resistentes, o desperdício produtivo resultante da sedentarização já há muito estabelecida.

E embora não se espere que uma qualquer descoberta de um fragmento arqueológico, e que se possa vir a encontrar em futuras sondagens, possa datar e/ou explicar um determinado tipo de sedimento aluvial, espera-se, isso sim, que a Arqueologia indique quais, como e quando foram os povos que ali – na região de Lagos – se instalaram e de que forma utilizaram o solo para a agricultura. Será certamente um contributo fundamental.

No mapa dos sítios arqueológicos que adiante se mostra (Figura 13), estarão indicados os sítios arqueológicos que se enquadrem neste pré-requisito de selecção, e serão desprezados todos os que, embora arqueológicos, não se considerem sítios devido à falta de expressão dimensional e/ou à falta de evidências que anunciem um período de fixação efectivo.

A perspectiva de como serão usados os dados arqueológicos é claramente uma abordagem geoarqueológica, tal como a define Angelucci, D. (2004), i.e., compreender as “interacções existentes entre os grupos humanos do passado e o ambiente à sua volta” (p.36).

O *Sistema de Informação Geográfica (SIG)* constituiu uma ferramenta importante neste trabalho. Ele foi utilizado fundamentalmente para georreferenciar toda a informação espacial em formato analógico bem como o local da sondagem.

Todo o tratamento informático de base espacial foi realizado em *ArcGis*, tendo sido utilizada a ferramenta 3D Analyst do Arc Map, que não só permitiu a

georreferenciação como a elaboração do Modelo Digital do Terreno (MDT) com base nas *shapefiles* das curvas de nível e nas de pontos cotados, do qual foi extraída informação complementar de natureza geomorfológica.

As *datações radiocronológicas* constituem uma forma de balizar no tempo os vários acontecimentos de natureza paleoambiental retidos nos sedimentos, neste caso da sondagem. Foram realizadas 7 datações por AMS (*Accelerator Mass Spectrometry - Standard delivery*) no Beta Analytic Inc. (EUA). Os sedimentos com resíduos orgânicos (*organic sediment*) foram submetidos a pré-tratamento de lavagem com ácido (*acid washes*), de acordo com o Laboratório. Foram fornecidas para as 7 amostras a idade radiocarbono, a razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\Delta 13$), a data convencional BP (*before present* – 1950), a data calibrada a 2σ BP e BC (*before Christ*), designada Cal BP ou Cal BC, respectivamente.

3. Área de estudo e as razões da escolha

Os estuários, por serem áreas de interface, encerram um conjunto de informações de natureza paleoambiental, para além da riqueza em biodiversidade, ainda insuficientemente conhecidas em Portugal. Porém, o seu estudo envolve um conjunto de componentes que só uma abordagem multidisciplinar pode abarcar. Sendo essa abordagem complexa, é necessário haver um conhecimento abrangente de vários domínios científicos e, nessa conformidade, a selecção da área de estudo deve ser cuidadosamente ponderada.

O trabalho que se apresenta foi realizado no âmbito do Projecto de investigação FMI 5000, financiado pela FCT, o Projecto Mudanças ambientais: interacções fluvio-marinhas nos últimos 5.000 anos – FMI 5000 (PTDC/CTE – GIX/104035/2008) e foi, por isso, possível beneficiar da colaboração de investigadores do Projecto, o que ajudou também na selecção do estuário em análise.

A escolha recaiu no *estuário da Ribeira de Bensafrim* (Fig.3).

As razões da escolha deste estuário prendem-se com as características físicas da bacia hidrográfica que terão influenciado a sua ocupação humana, bem como da sua dimensão. Assim:

- (i) A bacia hidrográfica da Ribeira de Bensafrim, bem como o seu estuário, é de pequena dimensão e facilmente caracterizável.
- (ii) Tem diversidade litológica e geomorfológica que lhe é conferida por abranger duas unidades morfo-estruturais – o maciço Antigo e a Orla Sedimentar Meridional – o que se traduz na diferenciação bem marcada entre a Serra e o Barrocal.

- (iii) Tem uniformidade climática marcadamente mediterrânica, consequência da sua pequena dimensão, embora possa possuir alguma diversidade local.
- (iv) Existem várias ocupações humanas desde a Idade do Bronze, com especial relevância para a ocupação do Monte Molião (margem esquerda do estuário) e da cidade de Lagos (margem direita), para além de *villae*, cuja localização só em parte é conhecida. Os trabalhos arqueológicos no Monte Molião revelaram também informações particulares no âmbito da arqueossismologia, complementares da restante investigação.

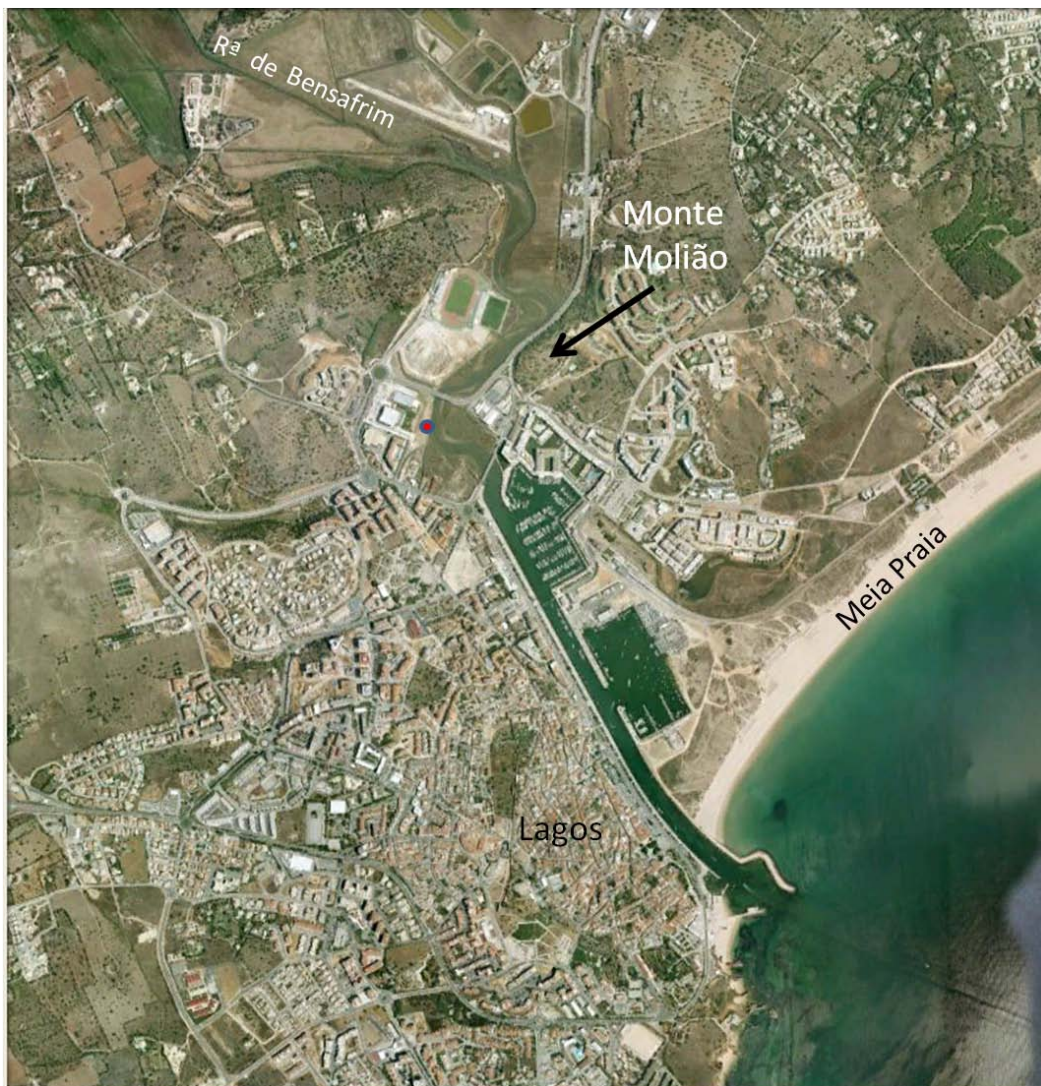


Figura 3 – O estuário da Ribeira de Bensafrim e o local da sondagem (assinalada a vermelho).

As modificações no uso do território, desde a Idade do Bronze, ter-se-ão traduzido em diversas fases de desflorestação a que se associa, em geral, a expansão da agricultura e a procura da madeira como matéria-prima, e cuja assinatura sedimentar poderá ser reconhecida na análise da sondagem efectuada.

Dado que o objectivo do Projecto em que este trabalho se enquadra “é o de avaliar, em diferentes ambientes estuarinos, o balanço entre as influências fluviais e marinhas, as respostas às flutuações climáticas e os impacto da acção humana nas bacias de drenagem”, o estuário da Ribeira de Bensafrim é, de entre os estuários em estudo no âmbito do Projecto, o único da costa Sul portuguesa, constituindo o exemplo da fachada mais meridional do território continental, de feição marcadamente mediterrânea.

O assoreamento do estuário depende, como já foi referido, do regime fluvial (mediterrânico) e do uso do território, da subida do nível do mar desde o UMG que promove a acumulação de sedimentos nos troços terminais do curso de água. O estudo detalhado dos sedimentos da sondagem poderá, assim se espera, contribuir para pormenorizar, para os três últimos milénios, a única curva de variação do nível do mar existente para a costa portuguesa (Dias *et al*, 2000).

Outra razão pesou na escolha do estuário da Ribeira de Bensafrim e não noutro dos estuários em estudo no âmbito do Projecto. O gosto pela Arqueossismologia. Com efeito, este estuário, apesar de se situar numa bacia abrigada (da ondulação dominante atlântica de NW), é claramente susceptível a eventos marinhos decorrentes de terremotos com epicentro no mar, como mostram os relatos históricos (Themudo Barata *et al*, 1989). Os trabalhos arqueológicos desenvolvidos pela equipa do Centro de Arqueologia da Faculdade de Letras, liderada por Ana Margarida Arruda, no Monte Molião, possibilitaram a observação de indícios de um fenómeno sismológico extremo de importância no quadro da investigação em curso.

No “estudo de caso” – estuário da Ribeira de Bensafrim, far-se-á o enquadramento geológico, geomorfológico e geoarqueológico do referido estuário de acordo com a metodologia e as técnicas apresentadas, bem como a análises sedimentológicas de parte da sondagem. Posteriormente serão discutidos os resultados decorrentes da investigação realizada.

Refira-se, por último, que o estuário da Ribeira de Bensafrim, apesar de completamente artificializado na sua parte terminal, possui um troço não intervencionado (Fig.3), a montante da ponte que liga Lagos à EN 125, onde foi realizada a sondagem.

Capítulo II – Enquadramento da área de estudo

A área em estudo é, como já foi referido, o estuário da Ribeira de Bensafrim. Porém, e como se disse também, as suas características, evolução e dinâmica dependem de um conjunto de factores da área emersa – a bacia hidrográfica – e da área submersa adjacente – a plataforma continental interna.

Dado que se propôs uma abordagem multidisciplinar, o enquadramento da área de estudo seguirá o modelo conceptual já apresentado.

1. Traços Gerais da Geologia

A área em estudo insere-se na Orla Algarvia e é caracterizada, de uma forma geral, por uma litologia sedimentar de idade meso-cenozóica que assenta nos turbiditos do Maciço Antigo Paleozóico (soco hercínico, fig. 4). Com efeito, a bacia da Ribeira de Bensafrim reparte-se quase a meio entre o substrato do Maciço Antigo e da Orla.

Os materiais paleozóicos fazem parte da Formação de Brejeira, de idade compreendida entre o Namuriano Médio e o Vestefaliano inferior. São formações turbidíticas proximais (xistos e grauvaques, com bancadas quartzíticas centimétricas a métricas intercaladas) e estão englobadas no Grupo do *Flysch* do Baixo Alentejo (Ramos Pereira, 1990; Oliveira, 1984), consequentemente depositadas em ambiente marinho de pequena profundidade.

A formação mais antiga do Mesozóico (Figs. 4 e 5) existente no actual território Algarvio é o “Grés de Silves” que comporta duas unidades: (i) a inferior, os “Arenitos de Silves”, constituída por arenitos, pelitos, calcários, evaporitos, de idade triásica, e (ii), a superior, “Complexo Margo-Carbonatado de Silves”, já de idade jurássica (Hetangiano), formada por margas bicolores “que encerram numerosos fragmentos de conchas gasterópodes, valvas de lamelibrânquios e radiólas e placas de ouriços” (Rocha *et al*, 1983 e Oliveira, 1984).

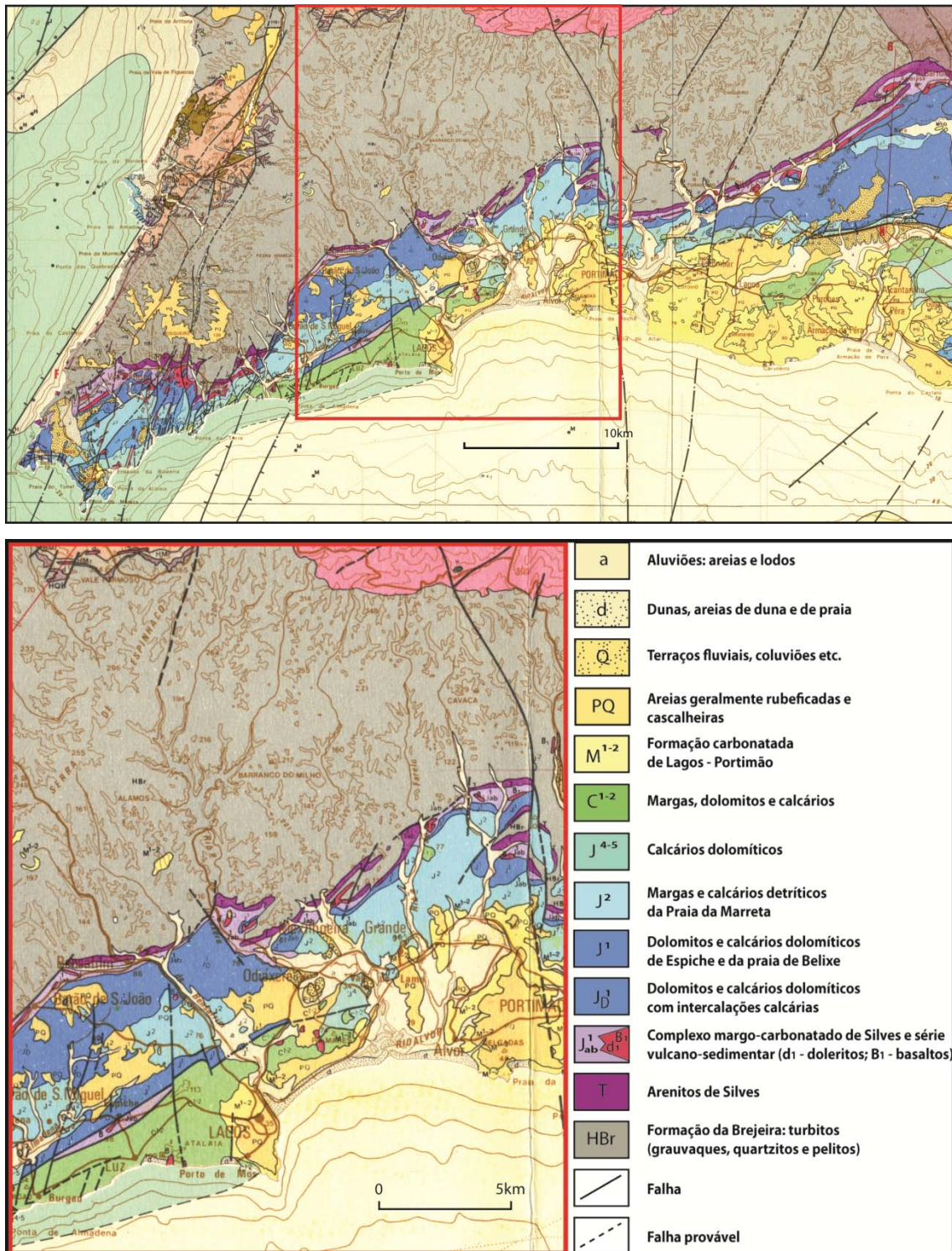


Figura 4 – Extractos da folha 7 do mapa geológico de escala 1:200 000, na área da bacia hidrográfica da Ribeira de Bensafrim. Legenda na figura 5.

A unidade inferior do “Grés de Silves” é correlativa de um período de fragmentação da Pangea, com abatimentos tectónicos triásicos. Durante a deposição da unidade superior, as falhas foram preenchidas pela ascensão de

magma que originou escoadas lávicas e filões, nomeadamente basaltos e basaltos doleríticos, limburgitos, ou preenchidas por água marinha onde se desenvolveram lagos salgados favoráveis ao enriquecimento de ferro e magnésio oriundos de sedimentos continentais (Duarte e Soares, 2002).

A dolomitização, processo de alteração por metassomatismo que substitui o carbonato de cálcio (calcite), por íões magnésio (dolomite), sob efeito de percolação de águas magnesianas, é uma característica da fase posterior ao Hetangiano (fig.5) e terá sido promovida pelas condições favoráveis de sedimentação quimiogénica – uma vez que o clima seria quente e húmido devido à latitude equatorial coetânea – foi “sem dúvida secundária o que é bem evidenciado pelo estudo microscópico dos dolomitos” (Rocha *et al*, 1983: 16), que iniciam a sedimentação sinemuriana (Jurássico Inferior).

No Jurássico Médio, a separação da Pangea continuou e terá culminado com a ligação do Tetis ao Atlântico no Jurássico Superior. Até ao Bajociano, formou-se um recife barreira com orientação ENE-WSW que separou duas realidades sedimentares. Uma setentrional de domínio lagunar, e outra meridional de domínio pelágico (Ramos-Pereira, 1990: 40). Na fácies lagunar ter-se-ão formado os calcários oolíticos e pisolíticos, juntamente com os dolomitos. Na fácies pelágica (marinha) “depositou-se uma formação margo-carbonatada” (ob.cit.).

A NE da actual região de Lagos, afloram dolomitos maciços, calcários margosos e micríticos que pertencem ao Jurássico Superior, mais concretamente ao Kimeridgiano e Portlandiano.

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DE LAGOS							
ERA	PERÍODO	ÉPOCA	IDADE	NATUREZA DAS ROCHAS	AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO	FASES DE DEFORMAÇÃO	M.A.
CENOZÓICO	NEOGENICO	HOLOCENO	—	Aluviões, Areias de duna, Areias de Praia e Cascalheiras	Bacias Sedimentares - Terraços fluviais		
				Areias Marinhas e Cascalheiras	Terraços Marinhos		0,0115
		PLIOCENO	INDIFERENCIADO	Areias Vermelhas Formação da Ameijeira	Terraços Marinhos Área costeira sujeita a laterização e silificação	Tectónica de fracturação	1,8
				Biocalcarenitos e conglomerados	Alternância Marinho-Continental	Actividade Vulcânica - Basaltos sinsedimentares	5
		MIOCENO	SERRAVALLO	"Biocalcarenito de Lagos"	-	Regime Geodinâmico Compressivo	11
			LANGHIANO	"Biocalcarenito de Lagos"	Transgressão/Regressão		13
			BURDIGALIANO	"Biocalcarenito de Lagos", Calcarenitos e Conglomerados	-		15
			INDIFERENCIADO	—	Fácies de Carácter regressivo		20
	CRETÁCIICO	SUPERIOR	INDIFERENCIADO	—	—	Regime Geodinâmico Compressivo	?
				—	—	-	65
		INFERIOR	INDIFERENCIADO	Arenitos, Calcários e Margas "Margo-Calcários de Porto de Mós"	Laguno-marinho	Tectónica de fracturação	100
				Calcários micríticos e Margas com intercalações dolomíticas		-	125
MESOZÓICO	JURÁSSICO	SUPERIOR	PORTLAN.	Dolomitos e Calcários margosos	Fácies Interrecifal com domínio Lagunar	Actividade Vulcânica - Basaltos sinsedimentares	150/155
			KIMERID.	Dolomitos, Calcários e Calcários margosos			
		MÉDIO	BATON.	Calcários e Margas da Praia da Mareta	Litoral Marinho - Fácies Interrecifal com domínio Pelágico		170/175
			BAJOC.	Calcários oolíticos, pisolíticos e dolomíticos, e Dolomitos de Almadena			
			AALÉN.	Calcários oolíticos, pisolíticos e dolomíticos			
		INFERIOR	CARIXIA	Calcários dolomíticos e Dolomitos	Litoral Marinho - Variação da Salinidade e Profundidade	Actividade Vulcânica - Basaltos e Basaltos Doleríticos sinsedimentares	195/200
			SINEMUR.	Calcários dolomíticos e Dolomitos			
			HETANG.	Pelitos com evaporitos e Margas com intercalações carbonatadas	Litoral Marinho		
	TRIÁSSICO	SUPERIOR		Complexo Margo-carbonatado de Silves			
PALEOZÓICO	PÉRMICO	SUPERIOR		Pelitos e Grauvaques metassedimentares com veios quartzosos e algumas intercalações de quartzitos			260

Figura 5 – Coluna estratigráfica da região de Lagos

O Cretácico Inferior está representado na área de Lagos por uma faixa de orientação ESE-WNW composta por calcários e margas com intercalações dolomíticas. Ainda com afloramentos de calcários gresosos e margosos do Aptiano, esta faixa, entre a Ponta das Ferrarias até à Praia de Porto de Mós e que se estende para norte até ao vale de Amoreira, é a única que apresenta vestígios do Cretácico Inferior.

Muitos dos filões de rocha eruptiva que ainda hoje se encontram na área envolvente de Lagos, são do Cretácico Inferior. Por volta desta altura, há 125 milhões de anos, os episódios de vulcanismo foram outra vez repetidos.

Do Cretácico Inferior (Aptiano) até ao Miocénico existe uma lacuna no Algarve ocidental. A ausência do restante Cretácico e grande parte do Paleogénico prende-se com o regime de emersão das orlas, sobretudo no Cretácico Superior (Ramos-Pereira, 1990: 43). Foi no Cretácico Superior que sucedeu uma das mais importantes fases compressivas, relacionada com a colisão da placa Africana com a microplaca Ibérica (ob.cit.).

No Miocénico, a gradual colmatção de várias depressões pela subida do mar terá promovido uma progressiva sedimentação carbonatada nas faixas costeiras ocidentais e meridionais portuguesas de menor profundidade. Estas colmatções carbonatadas originaram depósitos detríticos singenéticos durante o Miocénico Médio. Na notícia explicativa da carta geológica de Portugal (folha 52-A, Portimão), R. B. Rocha coloca a Formação de Lagos-Portimão entre o final do Aquitaniano e o início do Langhiano, referindo a provável idade Burdigaliana do referido complexo litológico. Mais recentemente, apontou-se a idade desta formação para um andar superior. Concretamente “no intervalo Langhiano-Serravaliano” (Cachão *et al*, 1998: 170). No entanto, datações de moluscos realizadas para os níveis mais inferiores da Formação de Lagos-Portimão, sugerem que terá tido início na idade do Burdigaliano (Cachão *et al*, 1998). Considera-se, no entanto, não ser despidendo o enquadramento desta unidade no Serravaliano, pois os sinais de carsificação evidente atribuíveis ao regime compressivo “vigente na transição do Miocénico Médio para o Superior”

(Cachão *et al*, 1998: 171) são fortes indicadores de idade aproximada de 13 M.a.

A Formação de Lagos-Portimão está integrada no processo de evolução litoral do Sul de Portugal, uma vez que se trata de uma sedimentação costeira carbonatada e fossilífera, característica de uma ambiente de deposição alternante entre marinho e continental (Pimentel & Amaro, 2000; fig.5). Esta formação que é constituída, como já vimos, por rochas carbonatadas, aflora em Sagres e estende-se até aos Olhos de Água. É justamente no troço entre a Praia de Porto de Mós e Lagos, que se situa o afloramento mais ocidental e com extensão mais considerável (ob.cit.) e a que se dá o nome de “Biocalcarenito de Lagos” (Cachão *et al*, 1998: 171).

Nesta altura de transição do Miocénico Médio para o Superior deu-se outro movimento tectónico de regime compressivo, e a microplaca Ibérica foi novamente comprimida pela placa Africana com um movimento tendencialmente S-N (Ramos-Pereira, 1990: 44). Novamente a actividade vulcânica esteve presente nesta altura (Fig.5).

“Preservada no paleo-relevo da formação Margo-carbonatada de Lagos-Portimão”, a Formação da Ameijeira poderá ter tido um ambiente de sedimentação costeiro pouco energético, “que permitiu a decantação da moscovite” (Ramos-Pereira, 1990: 388). Embora os estudos paleoambientais relativos a esta formação tenham obtido resultados ambíguos, uma vez que as análises palinológicas apontam para um clima simultaneamente quente e húmido e os estudos da fauna mamalógica refira um clima temperado, as datações realizadas referem que a Formação da Ameijeira será do Pliocénico (apesar de alguns autores ainda considerem possível que esta formação se tenha depositado numa fase fini-miocénica por causa da semelhança de fácies entre esta e a formação do Morgadinho em Tavira).

Há 5 M.a, já no Pliocénico, os processos de laterização relacionados com um clima tendencialmente mais tropical (quente e húmido) terão causado uma “importante ferruginização” (Rocha *et al*, 1983: 39) que terão fornecido uma

rubefação aos depósitos de areias e seixos geralmente assentes em depósitos de terraços de marinho da formação da Pena Furada (Ramos-Pereira, 1990). Quer as zonas a sul de Lagos até à Ponta da Piedade, quer a zona que vai desde o Monte Molião até quase à foz da Ribeira do Alvor, mostram estes depósitos rubeficados Pliocénicos (carta Geológica de Portugal, 1983).

Transversais à evolução litológica sedimentar, são as rochas eruptivas que normalmente estão presentes em zonas que demonstram fracturas e falhas tectónicas. Representadas essencialmente por basaltos, basaltos doleríticos, e filões de quartzo, existem também basanitos, limburgitos e ancaramitos (filoneanos), associados aos episódios distensivos.

Não se sabem ao certo quantos foram os episódios de vulcanismo no litoral Algarvio, mas pensa-se que terão sido várias as fases eruptivas, algumas delas estando certamente associadas a episódios tectónicos de fracturação. Também não se pode ter a certeza, pelo menos por enquanto, quanto à idade dessas rochas eruptivas. No entanto, a primeira fase vulcânica que talvez se possa situar com relativa segurança, terá ocorrido no Hetangiano. Sabe-se também que houve pelo menos mais duas fases eruptivas. Uma que terá ocorrido antes do Kimeridiano – Oxfordiano (Ramos-Pereira, 1990: 42). Uma outra fase que terá certamente ficado confinada nos depósitos do Miocénico final, embora não se possa acertar a idade exacta. Pensa-se que terá sido causada por “vulcanismo fissural, de origem profunda” (Rocha *et al*, 1983: 44), anterior ao Pliocénico.

As litologias mais recentes do Quaternário estão representadas por depósitos de areias marinhas e cascalheiras, oriundas de terraços marinhos, do Plistocénico, e por areias de praia, areias de duna e aluviões, todas estas Holocénicas, que provêm da erosão das rochas e sedimentos pré-existentes.

Desta breve referência aos traços geológicos regionais importa salientar que:

- (i) Os turbiditos paleozóicos, que ocupam a metade montante da bacia hidrográfica da Ribeira de Bensafrim, poderão fornecer siltes e argilas ao curso de água que, em ocasião de enxurradas, os faça atingir o estuário;
- (ii) O “Grés de Silves” constitui a principal fonte de sedimentos terrígenos arenosos que poderão estar presentes no sedimento do estuário;
- (iii) As Formações da Ameijeira e da Pena Furada, e a deposição da remobilização plistocénica destes depósitos – cortados em arriba ou em paleoarriba, como veremos mais adiante, e preenchem o carso das rochas miocénicas – são outras das fontes locais que alimentam os sedimentos na plataforma continental, embora também se encontrem em trânsito na deriva;
- (iv) A maior parte da região é dominada por formações carbonatadas;
- (v) O material argiloso passível de decantar no fundo do vale do estuário pode provir das fracções finas das formações anteriormente referidas e dos depósitos resultantes da erosão dos xistos.

A actividade tectónica no Algarve é evidenciada por um conjunto de fracturas e falhas submeridianas e flexuras que o atravessam longitudinalmente.

Os principais paroxismos tectónicos compressivos ocorreram, como se mencionou, (i) na transição do Paleozóico-Mesozóico, correlativo da fragmentação da Pangea de que resultou a emersão das rochas do Maciço Antigo; (ii) no final do Mesozóico, como consequência da colisão da placa Africana com a microplaca Ibérica, responsável pela emersão das orlas sedimentares; e (iii) na transição do Miocénico Médio para o Superior, em que ocorreu nova colisão e levantamento e/ou emersão das rochas cenozóicas.

No que se refere à tectónica pode considerar-se (i) a deduzida por critérios geomorfológicos, i.e., a presença de escarpas de falha ou flexura que, por ainda não terem sido arrasadas pela erosão, evidenciam que as falhas que lhes deram origem rejogaram no Quaternário (neotectónica) e (ii) a registada

em sismógrafos e/ou referida em fontes históricas. Este tema será referido mais adiante.

Importa salientar que a região de Lagos (área emersa e submersa adjacente) é uma região sísmica, quer por se encontrar nas proximidades da fronteira da placa Africana com a micro placa Ibérica, quer por possuir evidências geomorfológicas e geológicas claras (Ramos-Pereira, 1990 e 2006) quer por existirem registos instrumentais que demonstram igualmente a actividade tectónica intraplaca.

2. A Geomorfologia

Neste ponto serão apresentados os traços gerais da geomorfologia, que permitem o enquadramento do estuário: a bacia hidrográfica e o seu vale, bem como a linha de costa adjacente ao estuário e a plataforma continental próxima.

2.1. A bacia hidrográfica da Ribeira de Bensafrim e o seu vale

A Ribeira de Bensafrim, que nasce na Serra de Espinhaço do Cão, banha a cidade de Lagos e desagua directamente na baía de Lagos (Ramos-Pereira *et al*, 1994). Esta ribeira colecta as águas das Ribeiras da Machada, Ribeira da Corte do Bispo, Ribeira da Sabrosa, Ribeira da Candieira e dezenas de barrancos.

Na área da bacia hidrográfica da Ribeira de Bensafrim estão representadas duas unidades geomorfológicas (Fig. 6): (i) a Serra Algarvia, talhada nos xistos paleozóicos, muito dissecada pela rede hidrográfica e (ii) o denominado barrocal, onde domina a plataforma litoral representada por elementos de planalto separados uns dos outros pelo entalhe dos cursos de água, muitos dos quais se faz ao longo de falhas ou de depressões tectónicas (Ramos Pereira, 1990).

Do ponto de vista geométrico, a Ribeira de Bensafrim caracteriza-se por possuir uma bacia com a área de 85 km² e um perímetro de 51,5 km. Esta pequena bacia hidrográfica, alongada e com uma orientação NW-SE, tem um factor de forma 0,32 (Horton, 1932) e índice de Gravelius de 1,56 (Bendjoudi & Hubert, 2002).

A Ribeira em estudo tem 19,7 km de comprimento, mas se considerarmos todos os cursos de água de bacia, o comprimento total ascende a 382,2 km. A sua densidade de drenagem é de 4,5 km/km².

Do ponto de vista geomorfológico, a bacia da Ribeira de Bensafrim e o seu vale reflectem claramente a dicotomia da constituição do substrato (Fig.6):

- (i) A parte montante de relevo fortemente dissecado, função da natureza do substrato essencialmente xistento, pouco permeável que promove o escoamento superficial e uma rede hidrográfica muito densa na área da Serra Algarvia.
- (ii) A metade sul, nas rochas detríticas e carbonatadas dos materiais da Orla Sedimentar Meridional, onde a infiltração suplanta o escoamento superficial e o decréscimo de densidade de drenagem. Esta parte da bacia hidrográfica faz parte do sistema aquífero de Almádena-Odiáxere (Almeida *et al*, 2000).

A Ribeira de Bensafrim é um curso de água de extrema importância para a recarga do sistema aquífero que se fará por infiltração directa nas formações carbonatadas e detríticas da Orla, pelo que esta ribeira possui, ainda hoje, um papel significativo nos sistemas de captação de águas para abastecimento público e rega. Ainda que este facto tenha reduzido o papel das saídas naturais, podemos observar todavia exurgências tanto na margem esquerda como na direita (Almeida *et al*, 2000) nas zonas mais a montante da ribeira, o que revela ponderação cársica deste curso de água.

A bacia hidrográfica da Ribeira de Bensafrim desenvolve-se entre 250m e o nível do mar, com uma altitude média de 75,7m e uma amplitude altimétrica de 250m. O seu declive médio é de 8º, superior ao do curso de água principal, que é de 5,8º. O índice de rugosidade⁴ da bacia é de 1123.

⁴ Rugosidade (índice de Melton) resultado da razão entre a amplitude altimétrica da bacia e a densidade de drenagem.

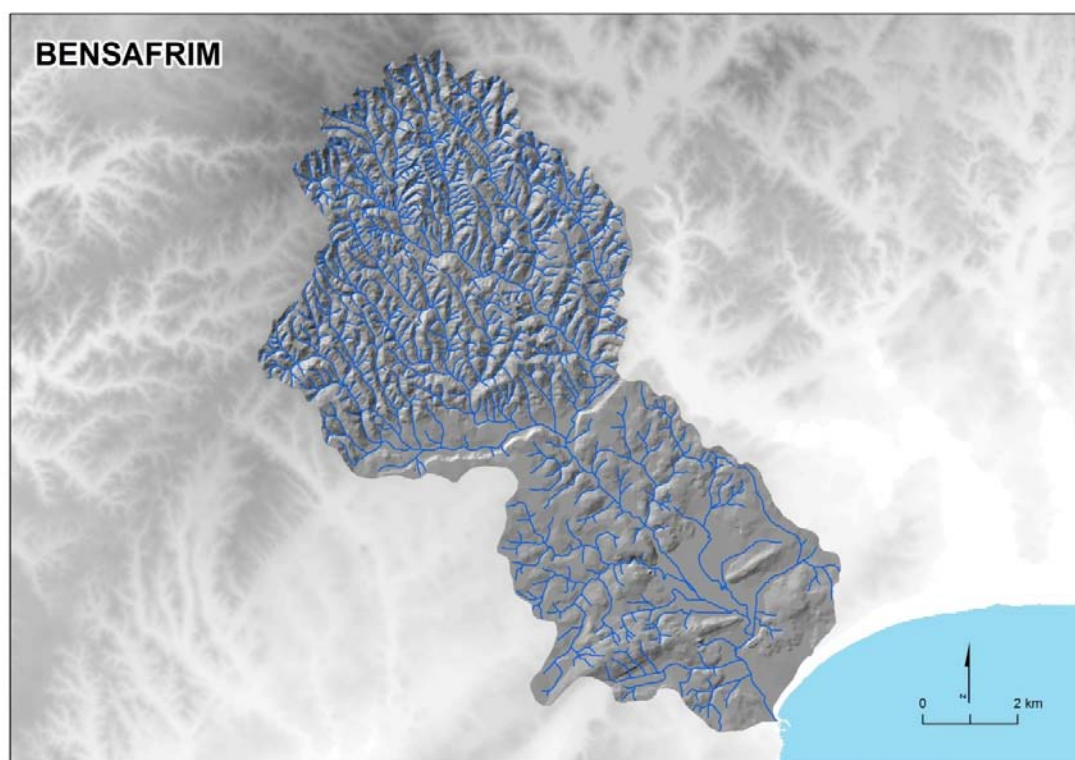


Figura 6 – A rede da bacia hidrográfica da Ribeira de Bensafrim. A metade montante, com rede hidrográfica mais densa, desenvolve-se no Maciço Antigo e a restante na Orla.

O curso de água possui um perfil longitudinal em equilíbrio. A pequena ruptura de declive que se observa junto à foz é artificial e relaciona-se com as obras que foram realizadas aquando da construção da marina de Lagos.

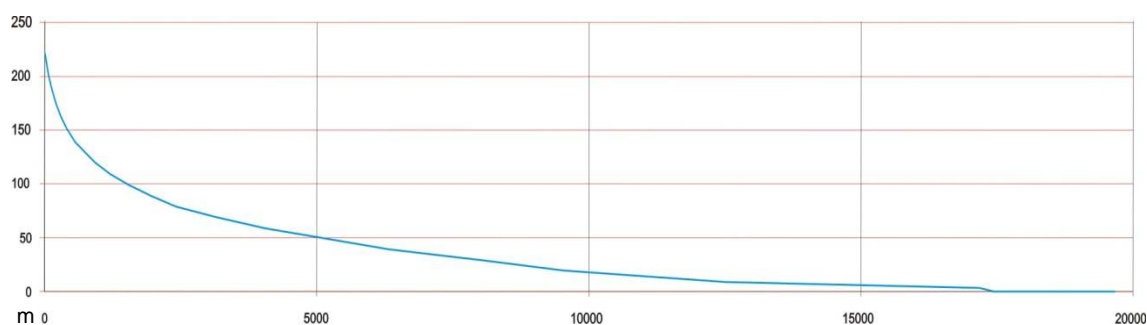


Figura 7 – Perfil longitudinal da Ribeira de Bensafrim

Os perfis transversais do vale da Ribeira apresentam grande variedade, de montante para jusante (Fig. 8).

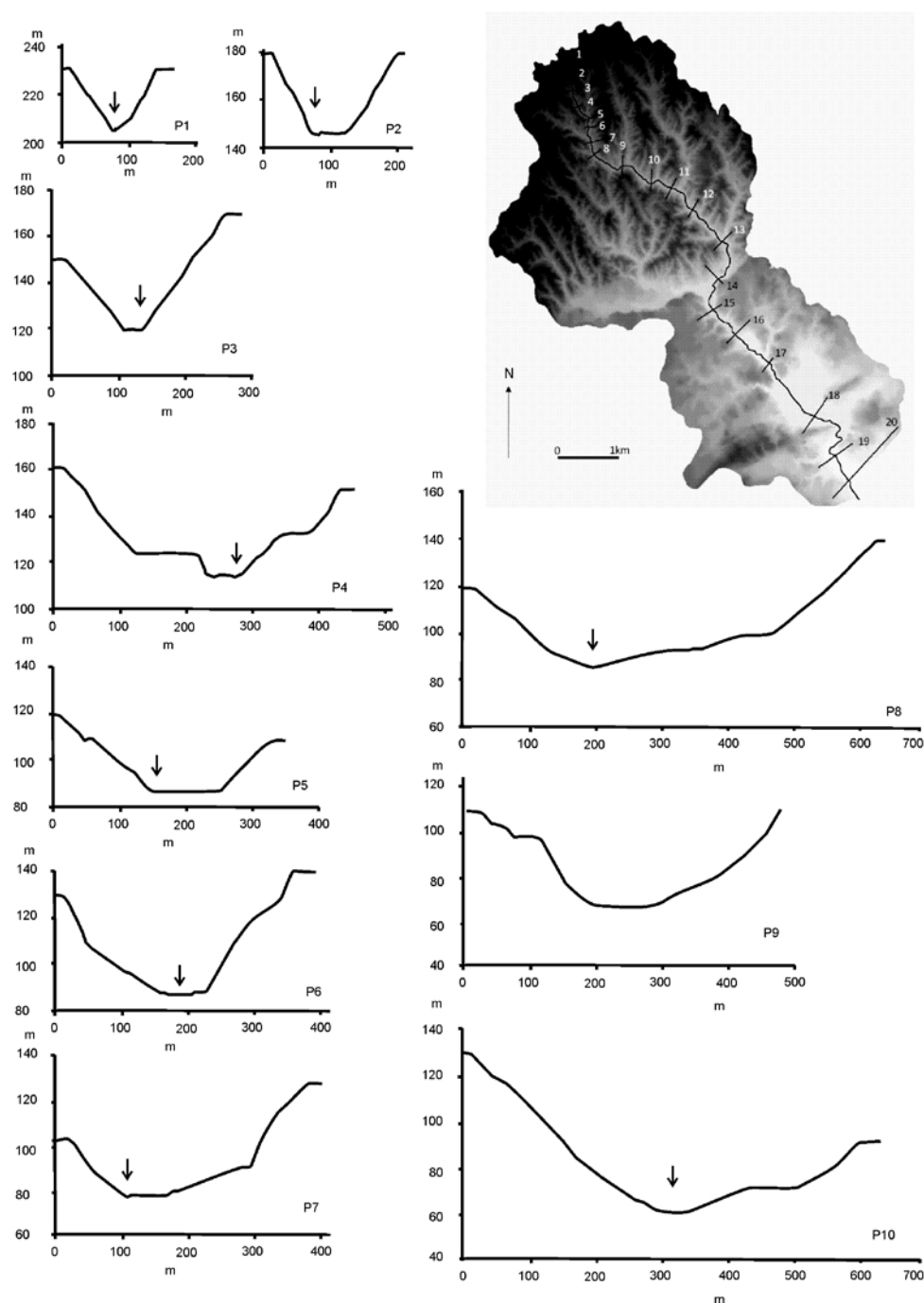


Figura 8 – Perfis transversais do vale da Ribeira de Bensafrim, numerados de montante para jusante.

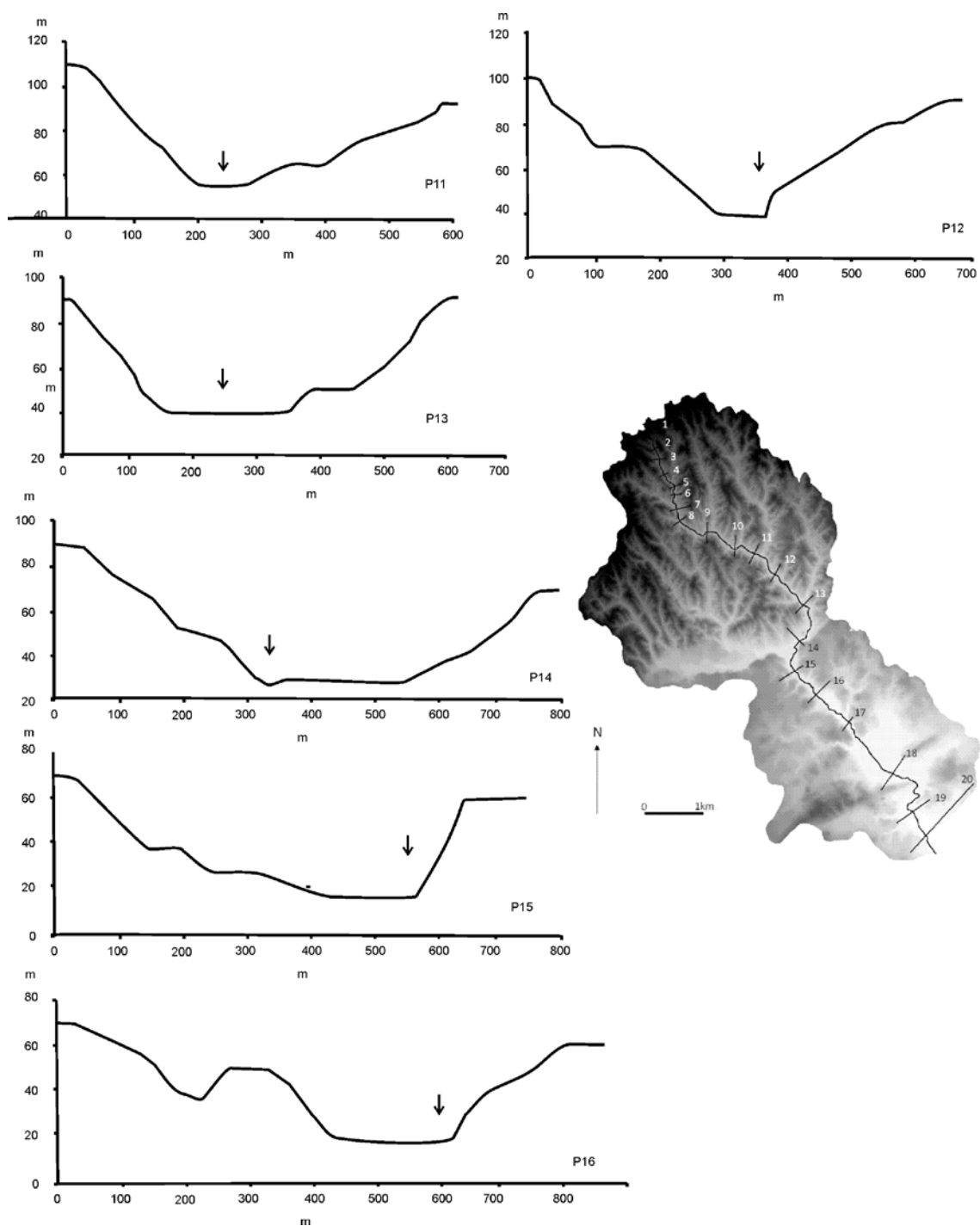


Figura 8 – (continuação)

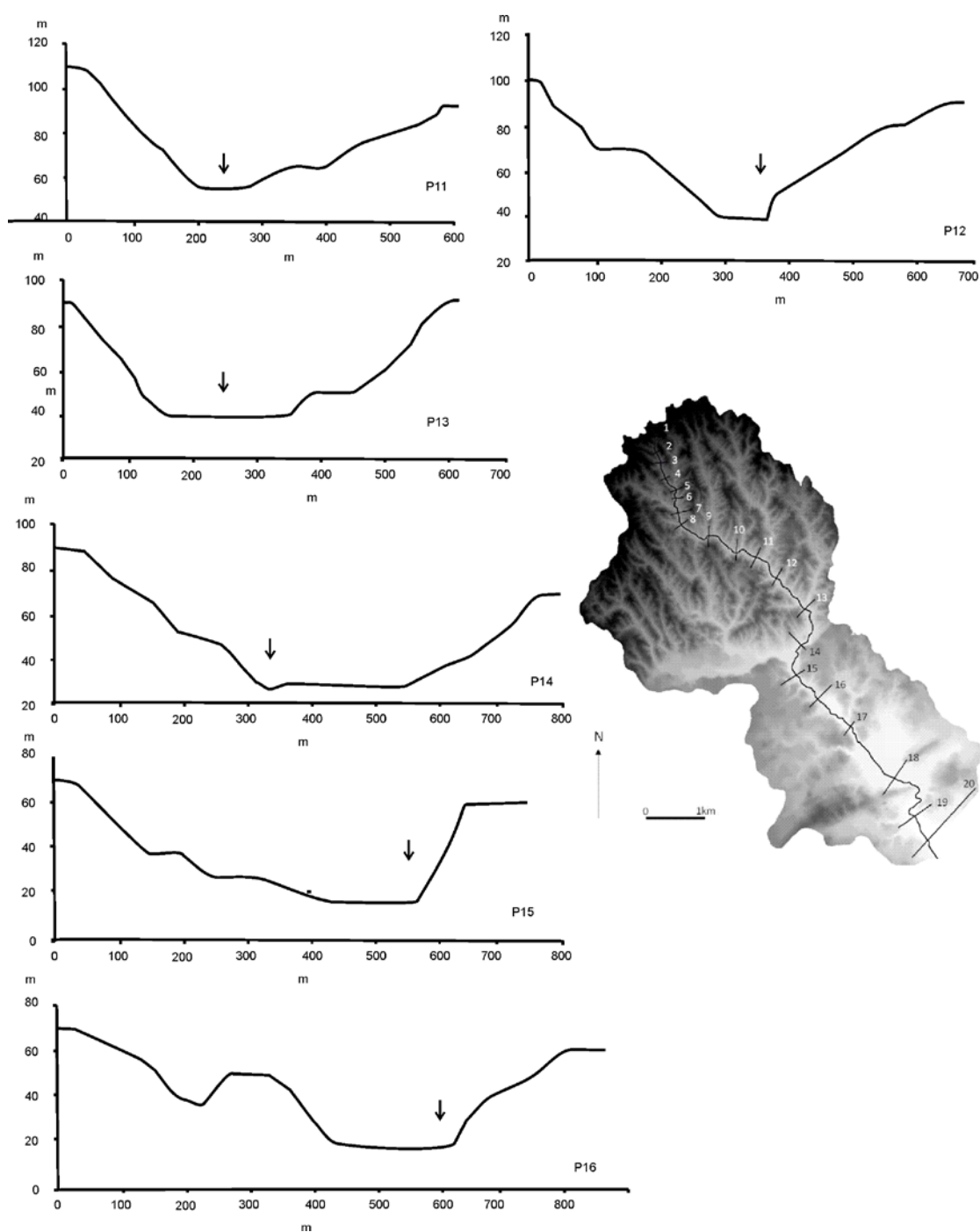


Figura 8 (continuação)

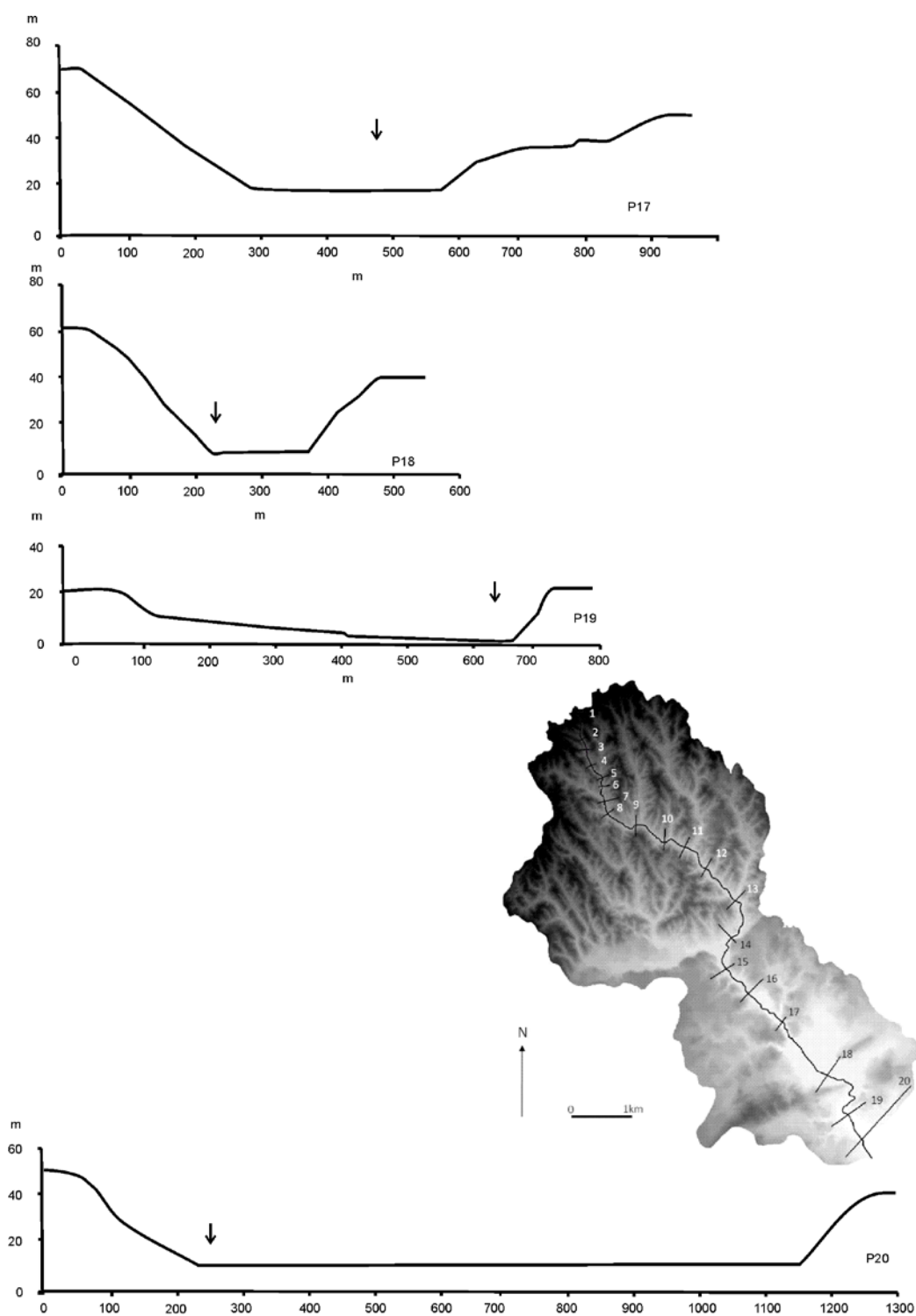


Figura 8 (continuação)

Assim:

- (i) na Serra, apenas no troço mais montante, perfis P1, P2 e P3 da Figura 8, o vale é mais encaixado e estreito, apesar de possuir uma estreita planície, à excepção de P1;

- (ii) de P4 em diante, o vale é mais largo, com vertentes muitas vezes compósitas, com elementos de terraço e planície aluvial bem definida;
- (iii) não se reconhece no vale a passagem da Serra para o Barrocal, que se faz entre os perfis P13 e P14, como seria de esperar, dado o perfil longitudinal de equilíbrio que o curso de água tem;
- (iv) os perfis P18 e P19 revelam uma inversão na tendência de alargamento do vale para jusante; corresponde a um estrangulamento do vale, consequência da resistência do substrato geológico, neste caso calcários e dolomitos de idade cretácica (C¹⁻², ver ponto 4.1.);
- (v) após transposto o ferrolho de rocha resistente anteriormente referido, o vale alarga-se muito (cerca de 1300m de largura), bem como a planície aluvial (com cerca de 900m; perfil P 19).

A Ribeira de Bensafrim desagua, por isso, por um estuário largo, hoje muito artificializado, estrangulado a montante por duas colinas, sendo a da margem esquerda a do Monte Molião (Fig.9).



Figura 9 - Hipsometria do troço litoral em estudo. 1 – Serra Algarvia, 2 - Barrocal.
E – Depressão tectónica de Espiche.

O topo destas colinas, bem como todos os elementos de planalto da região, fazem parte da plataforma litoral meridional (Ramos-Pereira, 1990).

2.2. A linha de costa adjacente e a plataforma continental

O estuário da Ribeira de Bensafrim é um estuário dissimétrico pois a sua margem direita, mais alta, corresponde a um esporão de rochas calcárias do Miocénico, que constituem a Ponta da Piedade. A margem esquerda, mais recuada, é do ponto de vista geomorfológico uma arriba fóssil (Ramos-Pereira *et al*, 1994), talhada na Formação de Pena Furada/Formação Vermelha, de idade Plicénica provável (Ramos-Pereira, 1990). Esta Formação é constituída por arenitos vermelhos, pouco coerentes.

A erosão marinha desta Formação, bem como os acarreios transportados pela Ribeira de Bensafrim e pelas ribeiras de Alvor e de Odiáxere, forneceram as areias hoje presentes no areal da Meia Praia e, provavelmente, as ainda presentes na plataforma continental próxima.

A abundância de sedimentos que deveria existir em condições naturais, permitiu o desenvolvimento daquela acumulação arenosa e do assoreamento dos estuários de Alvor e Odiáxere, que hoje possuem um estuário lagunar, muito assoreado e fechado por duas restingas arenosas (hoje artificializadas). Os estudos aí levados a cabo mostram que este assoreamento é posterior 3kBP (Pereira *et al*, 1994).

O estudo desenvolvido por Ramos-Pereira *et al* (1994) no Alvor aponta para que o nível do mar tenha sido atingido há cerca de 3000 anos, altura em que mordida as arribas calcárias de Alvor, onde talhou sapas e grutas, e a actual arriba fóssil da Meia Praia (Figura 10).

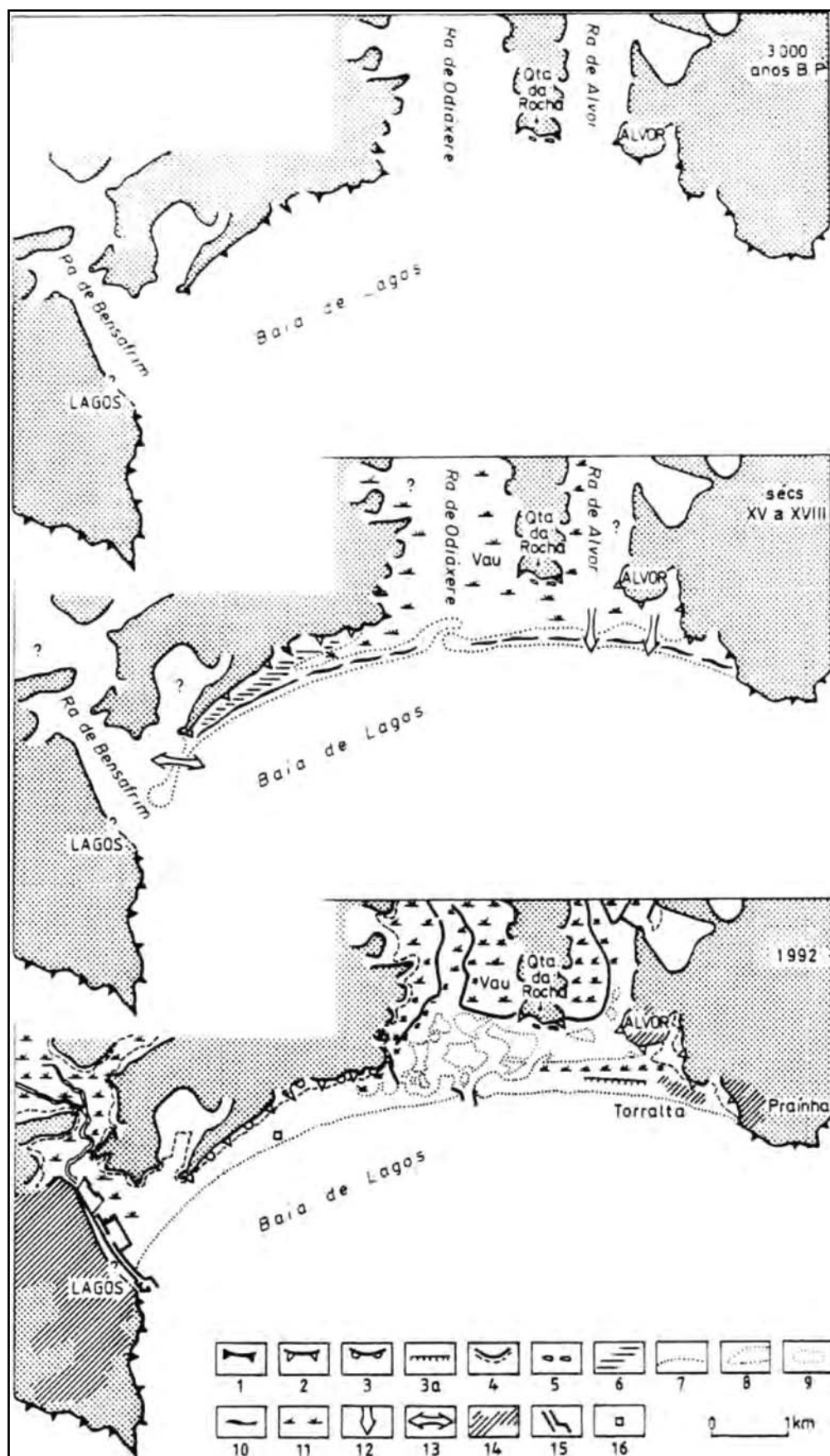


Figura 10 – Evolução holocénica de há 3000 anos. Retirado de Ramos-Pereira *et al*, 1994.

De então para cá, a estabilização do nível do mar provocou o natural assoreamento das fozes dos cursos de água, com sedimentos terrígenos e marinhos, cuja acumulação viria a constituir a extensão arenosa a que anteriormente se aludiu.

Existe pouca informação sobre a plataforma continental adjacente. Com efeito, a cartografia de Vanney e Mougénot (1981) não possui a escala adequada a uma pormenorização. Como refere Dias *et al* (2000) “*the Holocene sea level variations are poorly known (...) historical sea level variations remain almost completely unknown*” (p.178).

Porém, a regularidade das batimétricas ao largo da baía de Lagos (Meia-Praia) é interrompida por várias inflexões que poderão estar relacionadas com os traçados dos cursos de água referidos aquando dos níveis baixos do mar. Estas inflexões estão bem marcadas nas batimétricas de 20 e 30m que, de acordo com Dias *et al* (2000), corresponderá ao estacionamento há cerca de 8 mil anos BP (fig. 11).

De acordo com a documentação desenvolvida por Ramos-Pereira (1991), e baseada em Vanney & Mougénot (1981) e Moita (1986) na plataforma continental domina, nas áreas pouco profundas, a areia embora existam extensões consideráveis de areia cascalhenta. É difícil correlacionar estas coberturas cascalhentas nas áreas menos profundas, com as desembocaduras dos cursos de água que desaguam na baía de Lagos.

A areia cascalhenta parece relacionar-se com sedimentos terrígenos, e então associar-se à desembocadura das ribeiras de Odiáxere e Alvor, entre a profundidade de 30 e 50 m. Abaixo dessa batimetria existe uma faixa meridional de areia cascalhenta que poderá relacionar-se com a desembocadura da ribeira de Bensafrim durante o Plistocénico Superior.

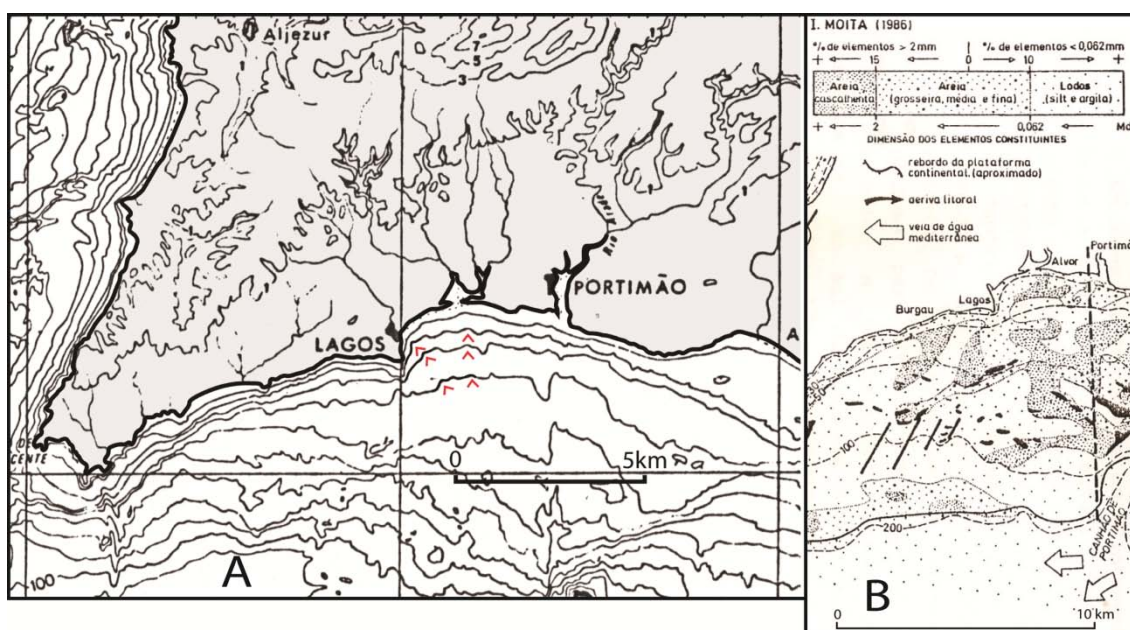


Figura 11 – A Plataforma Continental. A: Batimetria de acordo com Vanney & Mougenot, 1981 (a vermelho estão assinalados os entalhes ao largo da baía de Lagos); B: Características dos sedimentos na Plataforma Continental ao largo de Lagos de acordo com Ramos-Pereira, 1991.

2.3 A ocupação humana do Bronze ao Romano.

Se contabilizarmos o número de sítios arqueológicos classificados no SW peninsular, nomeadamente no Algarve, e as suas cronologias, depressa constatamos que desde muito cedo o Homem terá achado este território propício ao uso e fixação. Terrenos férteis e pouco acidentados, no Barrocal, grande número de cursos de água e a proximidade com o Oceano Atlântico (influência climática e fonte de recursos), poderão estar na origem do principal motivo de escolha.

A repartição espacial dos sítios arqueológicos recenseados revela a dicotomia Serra – Barrocal (Fig. 12).

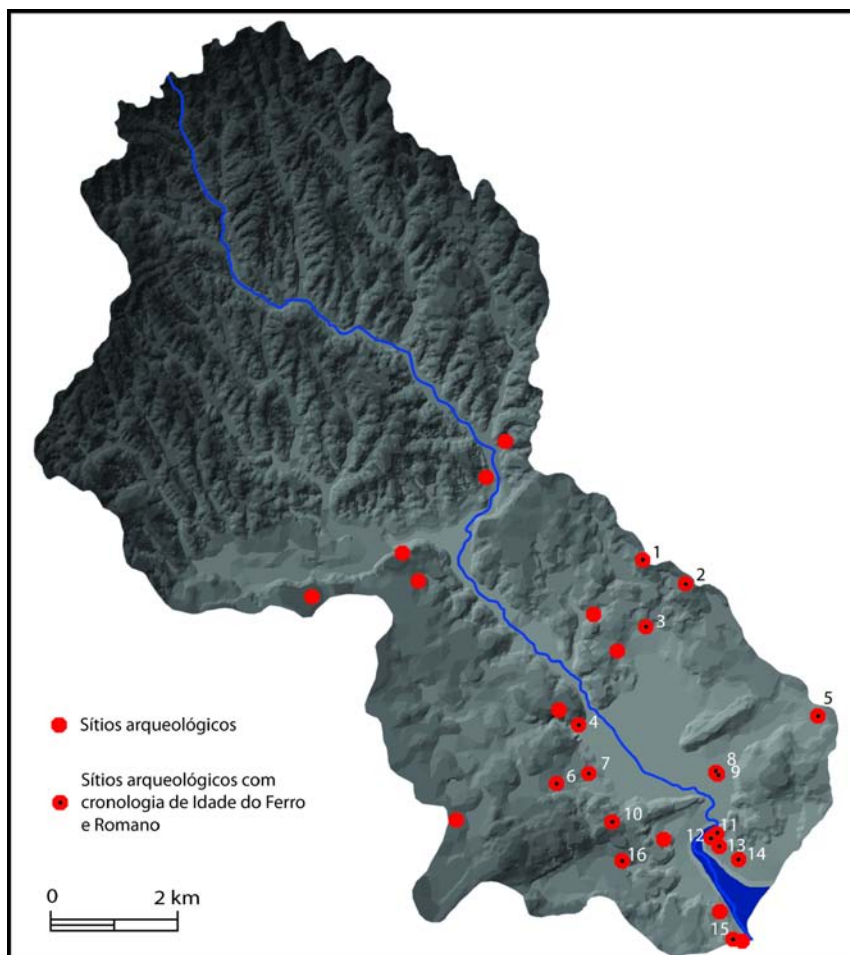


Figura 12 – Sítios arqueológicos da bacia hidrográfica de Bensafrim: 1 – Monte Alto 4; 2 – Pinheiral; 3 – Sargaçal; 4 – Jardim; 5 – Quinta da Queimada; 6 – Portelas (necrópole); 7 – Portelas (villa); 8 – São Pedro do Pulgão; 9 – Marateca (Colina do Sol); 10 – Falfeira; 11 – Monte Molião (povoado); 12 – Monte Molião (cetariae); 13 – Hortinha; 14 – Meia Praia (villa); 15 – Rua Silva Lopes (complexo industrial); 16 – Barragem romana da Fonte Coberta.

A Serra, xistenta, constitui quase um deserto nas ocupações humanas consideradas. Este facto pode ter três causas:

- (i) nunca ali ter havido sítios arqueológicos;
- (ii) o levantamento de campo ser insuficiente e, por isso, não estarem recenseados os sítios arqueológicos;
- (iii) a existirem ainda vestígios, estes estarem dispersos, nomeadamente pela erosão hídrica a que estas terras de xisto estão sujeitas, o que terá promovido não só a erosão dos locais de assentamento como a dispersão dos vestígios.

Qualquer destas hipóteses, isoladas ou actuando simultaneamente, podem estar na base da praticamente inexistente ocupação humana.

A depressão que margina a Serra possui quatro sítios arqueológicos que se situam fora da janela temporal considerada, ou seja, entre o Paleolítico e o Neolítico.

São sobretudo as áreas mais próximas do mar as que encerram mais vestígios, do Epipaleolítico ao Período Islâmico. A maior parte delas está apenas referenciada, sem ter informação complementar que permita tirar qualquer tipo de ilação.

No que respeita aos sítios do período romano, importa salientar que estes circundam o estuário, bem como a depressão tectónica que se situa imediatamente a montante – a depressão do Sargaçal, desenvolvida no alinhamento para leste da flexura de Lagos. A posição das ocupações reflecte claramente, para além da proximidade ao mar, as fontes de recursos fluviais e litorais – água, peixe e bivalves, e pedológicos, pois coincide com áreas de bons solos (solos tipo A e B, de acordo com mapa de Uso de Solos).

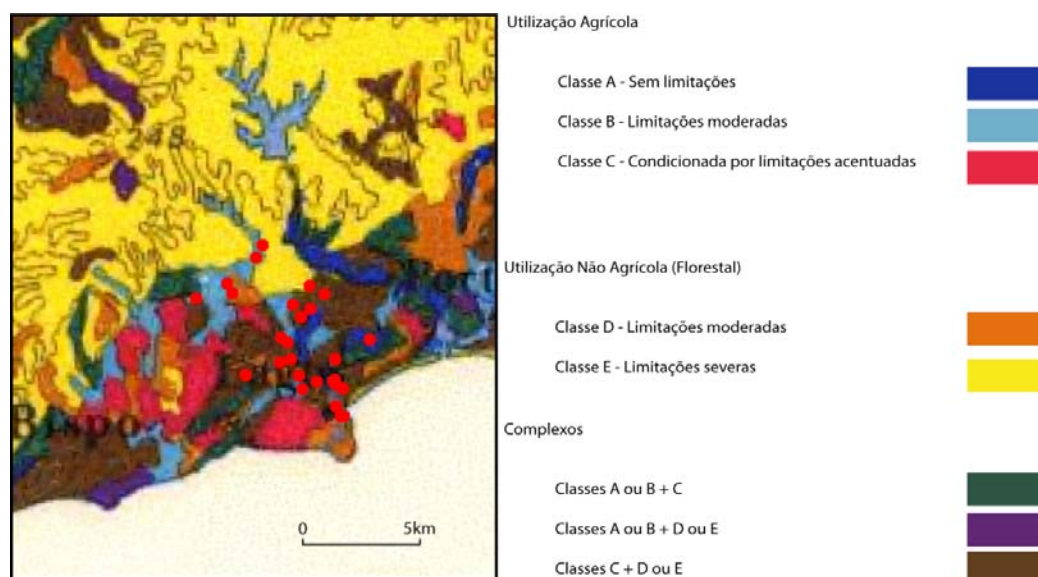


Figura 13 – Mapa da utilização agrícola de solo e localização dos sítios arqueológicos referidos no texto (fonte: Atlas do Ambiente, escala original 1:1000000)⁵

Esta particularidade na localização dos sítios arqueológicos faz antever uma estratégia deliberada para actividades económicas – como é o exemplo da agricultura que veremos mais adiante.

Uma vez que a baliza cronológica que neste capítulo se pretende tratar se situa apenas entre a Idade do Ferro e o final da época Romana⁶, não serão abordadas aqui todas as ocupações humanas do território algarvio, muito menos descrever a razão para o seu estabelecimento ocupacional. No entanto, e porque esta tese foca a evolução do estuário da Ribeira de Bensafrim, referiremos os sítios arqueológicos que se situam dentro da bacia hidrográfica e, sobretudo, o papel que terão desempenhado na modificação da paisagem nos últimos 3000 BP até ao final da época Romana (*circa* 1500 BP).

Nessa conformidade, e para além da referência aos sítios que se inserem nos parâmetros que acabámos de referir, trataremos principalmente do estudo do mecanismo que terá representado o principal papel de agente transformador do espaço físico da bacia hidrográfica de Bensafrim – a agricultura.

⁵ A fraca qualidade da imagem apresentada prende-se com a larga escala do documento original. (1:1.000.000)

⁶ Não será abordada a ocupação islâmica nem nenhuma posterior porque apenas se pretende analisar o primeiro milénio a partir da Idade do Bronze. A análise sistemática de todos os sítios de ocupação humana que terão feito parte da larga lista de sítios que influenciaram e mudaram o espaço físico territorial de Lagos, será levada a cabo pelo projecto FMI 5000.

2.3.1 A agricultura

Abordar o tema da agricultura na antiguidade é uma tarefa arriscada. E mais arriscada ainda é a interpretação que possa advir de uma observação geomorfológica que sustente as suas análises apenas num suporte de transformação antrópica da paisagem pelas práticas agrícolas. Por outro lado, e à medida que recuamos mais no tempo, é cada vez mais difícil afirmar com certeza quais foram os processos e instrumentos agrícolas utilizados pelo Homem no passado que terão contribuído para uma mudança na morfologia de topos, vertentes e fundos de vale componentes de um determinado espaço ocupado pelo Homem.

Caso dispuséssemos de uma vasta bibliografia referente às práticas, instrumentos e técnicas agrícolas nos períodos pré-classico e clássico, poderíamos afirmar, já com alguma segurança, que o tema da “paleo-agricultura” – chamemos-lhe assim –, seria um ponto chave para estudar a evolução geomorfológica de uma região e, neste caso, para estudar a evolução do estuário da Ribeira de Bensafrim.

“Las posibilidades que ofrece hoy día la técnica arqueológica debe de aplicarse con más frecuencia a estos asentamientos y estudiar los restos faunísticos, así como los polinológicos, seguido de estudios de suelos que indiquen las aptitudes de los mismos hacia cultivos” (Cerrilo, 1985: 163).

A realidade é que o conhecimento sobre os primórdios da agricultura é escasso. Esta lacuna de conhecimento explica-se, não pela exclusiva falta de fontes que a pudessem colmatar, mas sim pela parca informação material que a Arqueologia nos dá – ou não estivéssemos perante uma área científica que sustenta as conclusões nos achados materiais que, contextualmente, permitem estudar a História humana. Relativamente aos vestígios materiais deixados pela agricultura na antiguidade, exceptuando alguns achados esporádicos relacionados com as práticas de um cultivo de terra na antiguidade pré-clássica e clássica (foices, roçadeiras, arados, etc.), são muito poucos os vestígios que testemunhem a actividade agrícola em tempos mais recuados.

Sabemos, no entanto, que a agricultura já é praticada há vários milénios devido, sobretudo, aos indícios indirectos como, por exemplo, a existência de mós manuais para moagem de cereais, ou de achados de fauna mamalógica que evidenciam deformações osteológicas de bovinos pelo uso de arados: “Al respecto Quintana y Cruz (1996: 55) han relacionado ciertas deformaciones osteológicas en macrorrestos de équidos y bóvidos de las aldeas sotenses con su empleo en el tiro de arados pesados.” (Blanco-González, 2008: 120).

Não obstante as dificuldades de informação, e porque há alguns estudos sobre agricultura na antiguidade, não é despicienda uma introdução a este assunto.

Dos poucos estudos feitos sobre agricultura em época pré-clássica e clássica, sabe-se que ela advém do Neolítico. Quando o Homem moderno se sedentarizou (há cerca de 10 mil anos) e mudou a sua estratégia de assentamento – início das primeiras práticas agrícolas rudimentares de subsistência – mudaram também os próprios locais onde Ele se instalava. Com o passar dos milénios, não só evoluíam as técnicas agrícolas, a par do aumento do número de indivíduos que constituiriam uma determinada sociedade ou grupo comunitário, como também aumentavam os espaços de uso agrícola, assim como a duração de utilização desse mesmo espaço, à medida que as comunidades camponesas se fixavam de uma forma cada vez mais permanente.

Também as próprias evoluções dos instrumentos para as práticas agrícolas se relacionaram naturalmente com a permanência humana cada vez maior num determinado local, sítio esse deliberadamente escolhido com o conhecimento empírico da aptência do uso dos solos que fora desenvolvido ao longo de milénios.

Na Idade do Bronze, já se assistia à enraizada e cúmplice relação entre a pecuária e agricultura, havendo já instrumentos suficientemente eficazes e capazes de garantir uma prática agrícola regular. “(...) Los resultados del estudio de los territorios de explotación de estos sitios permiten ya matizar la

supuesta especialización pastoril –condicionada por la elección de hábitats de altura– mantenida hasta ahora” (Blanco-González, 2008: 120).

A evolução agrícola teve, segundo a maior parte dos autores, várias fases de transformação. Aquela que talvez tenha sido mais revolucionária, a par da própria descoberta do domínio deliberado do cultivo, foi a adopção da metalurgia nas práticas agrícolas: a transição do Bronze para a Idade do Ferro trouxe um advento na tecnologia do metal que permitiu a fixação definitiva ao território (ob. cit.).

À medida que o domínio siderúrgico se efectivava, especializações e aperfeiçoamentos das técnicas do cultivo caminhavam em direcção a uma capacidade selectiva do tipo de produtos que se podiam cultivar, já de acordo com interesses dos próprios “agricultores”. Assim, já em plena Idade do Ferro, não era de espantar que também as técnicas de irrigação de campos estivessem bem desenvolvidas e fornecessem a possibilidade de cultivar e manter campos de vinhas, olivais e de campos de árvores frutícolas (Domínguez-Petit, 2004).

Já no Período Clássico de Época Romana, as técnicas e práticas agrícolas estavam fortemente implantadas. “Vários tratados de agronomia elucidam-nos sobre a tecnologia agrária dos Romanos” (Alarcão, 2004: 29). Segundo este autor, “a agricultura romana baseava-se nos cereais, na vinha e na oliveira; mas nas hortas cultivavam-se quase todo o tipo de legumes hoje correntes, com excepção do tomate (que só foi introduzido na Europa no sec. XVI) (ob. cit.).

Para além disto, também se semeava trevo e tremço e ervas aromáticas que serviam para enriquecer a culinária romana. Estes factos levam-nos a supor que, nos locais em que os estabelecimentos populacionais eram de maior densidade, as áreas de exploração seriam bastante vastas e necessitariam de um grande domínio tecnológico para assegurar a manutenção e o máximo aproveitamento das culturas.

Outra das coisas que se sabe em relação à agricultura romana, é que a fertilização com estrume era, também ela, já bastante conhecida e posta em prática de modo recorrente. O conhecimento desta técnica estava de tal forma assumido, que chegavam mesmo a escolher as fezes consoante o tipo de animal e finalidade do cultivo para a qual iriam ser fertilizados os campos (Alarcão, 2004).

Na fase final do Período Romano Imperial, e nomeadamente numa altura em que o Império Romano já estava dividido, o crescimento do número de *villae* romanas, longe das grandes *urbe*, vocacionadas para agricultura pressupunha um grande domínio das técnicas agrárias e, sobretudo, a assunção de que essas práticas eram mais do que fundamentais para a subsistência e adiantamento de uma sociedade que, por razões político-sociais, estava condenada ao declínio.

Podemos, então, afirmar que terá sido sobretudo a partir da Idade do Ferro, com os avanços do domínio tecnológico da siderurgia, que a agricultura pôde observar um incremento sistemático da sua prática. Consequentemente, e por causa disso, terão também aumentado as áreas de exploração agrícola, com o objectivo principal e derradeiro de sustentar um tipo de comunidades cada vez mais estabelecidas e ligadas a um território e com tendência a aumentar o número populacional, à medida que essa vinculação ao sítio geográfico se tornava progressivamente mais efectiva.

2.3.2 A madeira

Todas as sucessivas sociedades que passaram pelo Algarve, e nomeadamente por Lagos, foram, ao longo de séculos, contribuindo para modificação da paisagem. E foi a agricultura, com todos os pressupostos de preparação de terreno que implica – desflorestação, regadio, etc. – um dos principais factores para que essa alteração se pudesse ter verificado. Mas a desflorestação não era só feita para fins agrícolas. Também o uso da madeira foi sendo, ao longo de séculos, desenvolvido e aplicado nas actividades fundamentais para a manutenção das sociedades que foram passando pela região de Lagos.

Já desde muito antes da Idade do Bronze, que o domínio do trabalho da madeira era uma realidade (construção de pequenas embarcações, casas, ferramentas, etc.). Mas terá sido a partir das sociedades do Bronze que a prática da desflorestação para a obtenção de madeira em larga escala, tomou um papel preponderante na alteração da paisagem. Podemos inferir este facto provável, não só porque agora os grupos sociais seriam já maiores e, consequentemente, mais consumidores, mas também porque a partir daí as próprias estratégias de povoamento – muito mais vocacionadas para a construção defensiva do que no Bronze – exigiam uma quantidade de matéria prima muito maior e com maior frequência.

Exemplo disso é a madeira usada nas construções romanas. Quer fosse usada na construção de casas, como suporte interno em grande vigas (Alarcão, 2004), quer fosse usada no fabrico de ferramentas e engenhos agrícolas, navais, domésticos ou bélicos, a madeira tornou-se num tipo de matéria prima essencial para as grandes sociedades que se estabelecessem em sítios de forma definitiva. Consequentemente, a desflorestação era inerente à própria estratégia de povoamento e uso do território.

O que podemos saber é que foi certamente a partir do momento em que as estratégias de povoamento passaram de temporárias para permanentes, que o impacto da desflorestação quer por práticas de recolha directa para aproveitamento da madeira, quer por práticas de queimada para preparação de terreno para aptidão agrícola, se fez sentir de forma veemente.

2.3.3 Os sítios arqueológicos da bacia hidrográfica da Ribeira de Bensafrim

O Quadro 1 sintetiza as ocorrências conhecidas de sítios arqueológicos na bacia hidrográfica da Ribeira de Bensafrim.

É possível que o recenseamento não esteja completo, uma vez que existem trabalhos arqueológicos em curso e cujos resultados não estão ainda publicados.

Com os dados já disponíveis, pode dizer-se que o essencial dos vestígios arqueológicos é de Idade Romana, embora estejam referenciados três da Idade do Bronze e da Idade do Ferro. Possivelmente outros existirão, como se constatou pelos trabalhos arqueológicos desenvolvidos no Monte Molião, onde sob o Romano foram encontrados vestígios da Idade do Ferro, como adiante se referirá.

Muitos dos sítios arqueológicos existentes na bacia hidrográfica de Bensafrim foram classificados como recolhas de superfície, indiciando antigos estabelecimentos ocupacionais mais ou menos prolongados. Para além disso, e porque foram certamente de duração mais curta do que aqueles que assinalamos neste capítulo e, conseqüentemente, de construção mais perene, esse sítios arqueológicos não apresentam expressão física suficientemente forte e vincada para serem referidos no contexto de sítios de ocupação humana de influência transformante na paisagem.

Por outras palavras, podemos dizer que há, nesta bacia, muitos sítios assinalados com balizas cronológicas muito alargadas. A exemplo disto podemos considerar o Montinho da Rocha, pequeno habitat do Paleolítico Superior e Mesolítico situado na retaguarda da escarpa de falha sul de Bensafrim. Embora as recolhas de superfície não tenham sido suficientemente esclarecedoras em relação à cronologia, foram úteis para determinar o tipo de ocupação que, seguramente, terá sido de curta duração comparativamente com outros sítios arqueológicos como aqueles que referimos no Quadro 1.

Na Horta do Trigo, outro sítio arqueológico com uma baliza cronológica bastante alargada, foram encontrados materiais arqueológicos referentes a diferentes períodos. Materiais pré-históricos, fauna malacológica, e materiais que tanto podem ser considerados romanos como modernos, foram encontrados no âmbito de acções de remoção de terra recentes.

Estes exemplos que demonstram a pouca fiabilidade cronológica de alguns sítios arqueológicos, aliados ao facto de termos decidido circunscrever um horizonte de análise à baliza cronológica compreendida entre a Idade do Ferro

e o Período Romano, reforçam uma ideia inicial – abordar a acção humana a partir do momento em que os estabelecimentos populacionais começaram a ser expressivos tanto do ponto de vista estratégico, como do (quando as estruturas evidenciam povoamentos prolongados).

Quadro 1 – Os sítios arqueológicos da bacia hidrográfica de Bensafrim

Sítios arqueológicos		
Designação	Cronologia	Descrição
Portelas	Idade do Bronze	-
Hortinha	Idade do Ferro	Necrópole com lápide epigrafada com caracteres ibéricos.
Monte Alto 4	Idade do Ferro (?) e Idade Média (?)	Recinto muralhado com pequena acrópole na parte mais alta. A muralha exterior, em cota inferior, de forma aparentemente elíptica e, no interior da plataforma que ela define, existe uma outra mais pequena subcircular. Sobre esta estrutura existe um monte em ruínas. As muralhas são de pedra seca. Não foram encontrados materiais arqueológicos.
Quinta da Queimada (necrópole)	Idade do Ferro - 2º	Necrópole de extensão não completamente determinada, contém inumações e cremações.
Sargaçal	Romano	Estácio da Veiga refere a existência de um cemitério de inumação. Foram encontradas algumas moedas.
Marateca	Romano	Necrópole de inumação, tendo sido escavadas 6 sepulturas, rectangulares, escavadas no calcário, cobertas por lajes e cimentadas por uma camada de argamassa. A ausência quase completa de espólio deixa parecer tratar-se de sepulturas de escravos. Posteriormente foram descobertos restos de construções romanas (cns: 6979).
São Pedro de Pulgão / Colina de São Pedro	Romano	Numa pequena quinta que circunda a ermida, foi descoberto um lanço de muro, " <i>tegulae</i> ", estuque canelado com pinturas a fresco e " <i>tesselas</i> " provenientes de um mosaico, assim como fragmentos de cerâmica romana. O sítio encontra-se parcialmente destruído pelas obras de construção da urbanização da Colina do Sol.
Jardim	Romano	Estruturas e sepulturas. Dado a proximidade da necrópole do Jardim e da Quinta do Paúl, segundo Jorge de Alarcão, poderá ser uma única estação arqueológica que se estendia pelas duas localidades.
Portela	Romano	Pequeno povoado. Pinho Leal refere a existência de alicerces e de um grande pavimento em <i>opus signinum</i> .
Falfeira	Romano	Necrópole de inumação.
Meia Praia	Romano, Baixo Império	Foram identificadas estruturas pertencentes a um estabelecimento termal. Trata-se de um hipocausto que poderá ter estado associado a uma construção de propriedade privada.
Barragem Romana da Fonte Coberta	Romano	O muro da barragem tem uma espessura que varia entre 2,6 m e 2,7 m, incluindo a parte destruída. Trata-se de um muro de planta rectilínea, de secção rectangular, constituído por blocos argamassados em <i>opus caementicium</i> .

Lagos - Rua Silva Lopes, nº 4 a 8	Romano	Complexo industrial romano, com 15 <i>cetariae</i> que se repartiam em três grandes unidades distribuídas em torno de um corredor central de acesso pavimentado em <i>opus signinum</i> , que se desenvolvia no sentido SW-NE.
Lagos – Rua do Monte Molião	Romano	Conjunto de cinco <i>cetariae</i> construídas em <i>opus signinum</i> e <i>opus caementicium</i> , que se desenvolvia no sentido SW-NE

O sítio arqueológico do Monte Molião foi descoberto ainda no século XIX, mas foi já com Estácio da Veiga e mais tarde com Santos Rocha que foram confirmados *in situ* vestígios de Época Romana (Estrela, 1999).

Capítulo III – A desembocadura da Ribeira de Bensafrim

A Ribeira de Bensafrim tem uma desembocadura típica de um estuário, o que significa situar-se numa costa alta e rochosa, onde dominou a erosão fluvial e cuja amplitude do encaixe se desconhece, mas estará relacionada com o UMG, em que o nível do mar se terá situado entre 120 e 140m.

A subida do nível do mar de há 18 000 anos para cá, apesar de descontínua, promoveu a inundação progressiva dos fundos do vale (hoje submersos), que assim se foram colmatando com sedimentos marinhos e também fluviais. Esta situação parece ter parado há cerca de 3000 anos, altura em que a costa na região estudada seria muito mais recortada, uma vez que os estuários estavam inundados, a Meia Praia não existiria, tocando o mar a actual arriba fóssil ou a arriba morta de Alvor, onde ainda é possível encontrar a morfologia típica de arriba com sapas e grutas (ver Figura 10).

De então para cá, a estabilização do nível do mar tem promovido o assoreamento, quer com aluviões que os cursos de água depositam na foz, de forma a re-atingir o perfil de equilíbrio, quer com as areias que o mar distribui ao longo da costa e faz penetrar nos estuários, quando a corrente fluvial é fraca.

1. O estuário

Considera-se o estuário da Ribeira de Bensafrim como constituído pelos 2km distais do vale.

Os estuários definem-se espacialmente desde a foz até ao limite das águas salobras que normalmente representa o troço final de um rio sujeito ao fluxo das marés.

A maior parte dos estuários são influenciados por marés. Esta energia não só serve como mecanismo de mistura de água doce de origem fluvial e salgada de origem marinha, como também resulta numa mudança no padrão de transporte de sedimentos normalmente representado pelas correntes fluviais e pelas

correntes de maré. No entanto, e por causa disso mesmo, é difícil determinar com precisão o padrão da sedimentação de marés e o seu desenvolvimento morfológico, por causa de diferenças na origem, distribuição e natureza dos sedimentos (finos e grosseiros) que podem ser encontrados nos estuários (Wells, 1995).

O estuário da Ribeira de Bensafrim situa-se no domínio da mesomaré, onde a amplitude de maré raramente suplanta 3m.

A distância da propagação da onda de maré para montante está dependente da profundidade do próprio curso de água e do seu declive longitudinal. Assim, quanto maior for a profundidade de um rio no seu estuário, mais rápida a corrente marinha irá subir e menor será o tempo de acção. No caso da Ribeira de Bensafrim desconhece-se até onde se propaga a onda de maré. Porém, a vegetação halófita estende-se até cerca de 5km para montante da foz. A situação hoje observável (nomeadamente a presença desta vegetação) é uma herança das condições naturais que prevaleciam até há cerca de 50 anos neste estuário. De então para cá, as obras de regularização da saída do rio, da criação de um aterro, para a construção da marginal de Lagos, e mais recentemente as obras da marina e completa artificialização do canal do rio no último quilómetro e meio, com construção de rupturas de declive, terão dificultado a penetração da corrente de maré.

Todas estas razões conduziram a que se considerasse o estuário até ao estrangulamento de rocha dura que se referiu no ponto 2 do Capítulo II.

Assim, pode afirmar-se que o estuário é (ou era) um estuário de tipo funil (Fig. 14), muito dissimétrico na foz e no apex. Em ambos os casos a razão é estrutural. Assim, na foz, as rochas miocénicas são relativamente mais resistentes do que as areias pliocénicas, constituindo um promontório relativamente alto. No apex, os calcários cretácicos promovem o estrangulamento do vale, gerando um troço quase perpendicular ao que está a jusante.

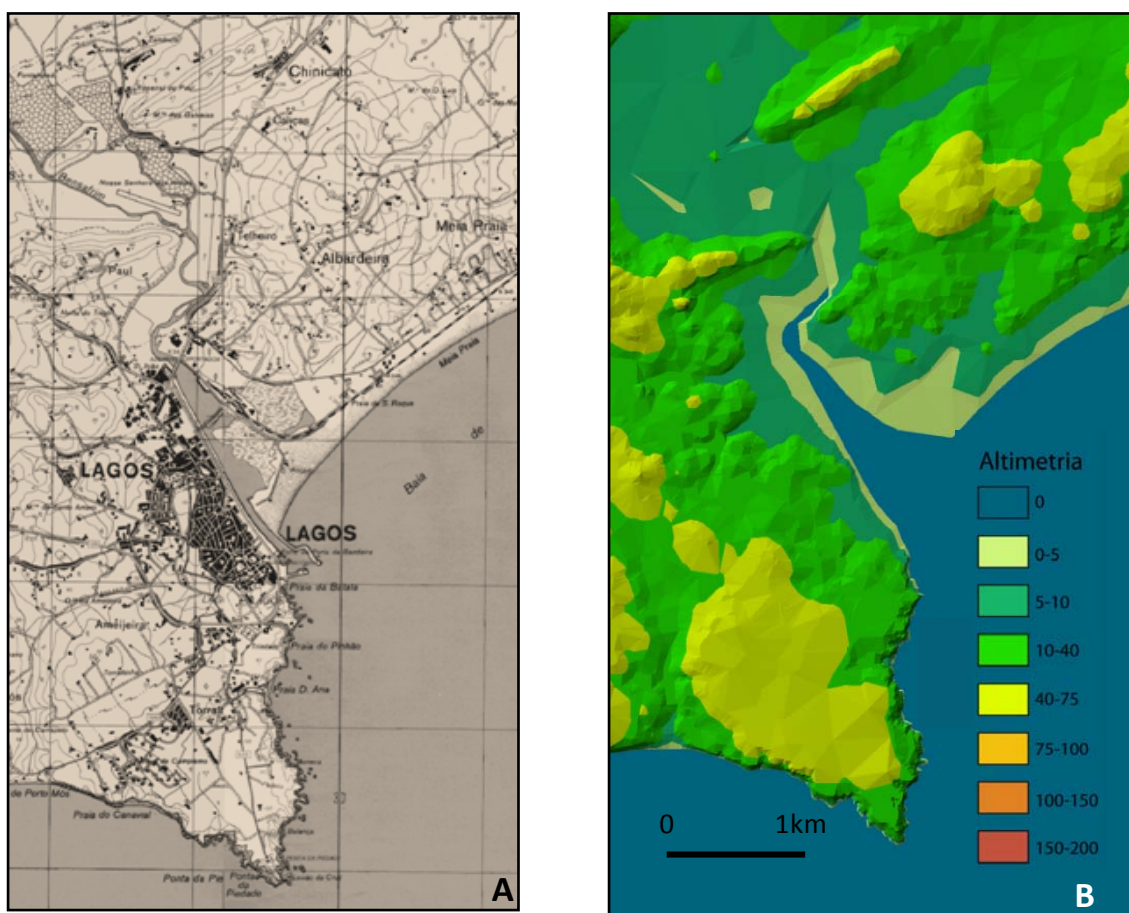


Figura 14 – O estuário da Ribeira de Bensafrim: A - Extracto do mapa topográfico, folhas nºs 602 e 603, da década de 1970; B – Hipsometria.

2. A sondagem

A sondagem, como foi referido anteriormente, foi realizada na margem direita da Ribeira de Bensafrim, próximo do apex do estuário, onde o rio faz um meandro, na faixa entremarés, junto ao canal. Aí foi atingida uma profundidade máxima de 1,95m.

Nesse local, a boca da sondagem, a cerca de 220m a montante da ponte que liga Lagos à estrada da Meia Praia, ficou situada a 1,289m (acima do nível médio do mar, Datum de Cascais).



Figura 15 - Localização da sondagem no estuário da R^a de Bensafrim. O círculo vermelho assinala o local da sondagem. O traço negro localiza o perfil topográfico que se apresenta adiante e “p” corresponde ao passadiço assinalado no referido perfil.

A sondagem foi realizada em maré vazia viva, no sapal alto, adjacente ao canal ocupado em maré cheia (Fig. 16).

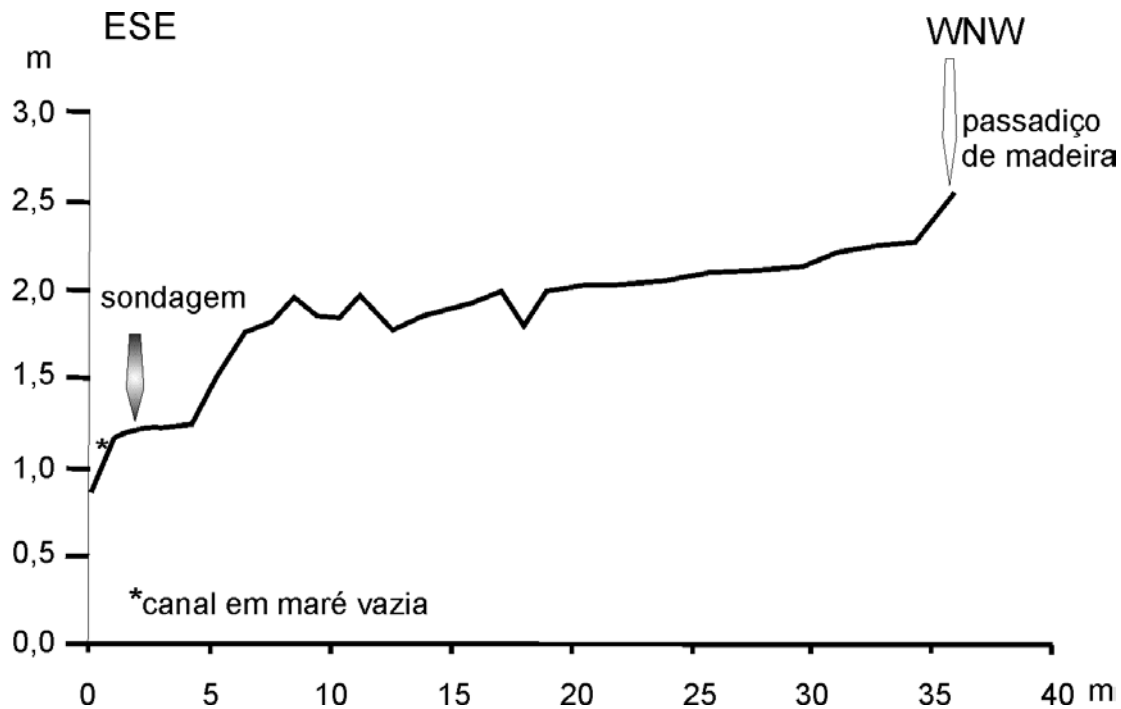


Figura 16 - Localização da sondagem na margem direita, no troço não artificializado.

O trabalho de perfuração dos sedimentos (Foto 2) demonstrou, logo após os primeiros 30cm, uma pronunciada variação no teor em material fino e abundância de siltes e areias, cuja perfuração foi muito difícil e impediu realizar o trabalho até maior profundidade.

2.1. A observação macroscópica dos sedimentos

A sondagem é composta por três secções, correspondentes a 3 meias-canais de 60cm cada, para além dos sedimentos superficiais, de acordo com a Fig.17.

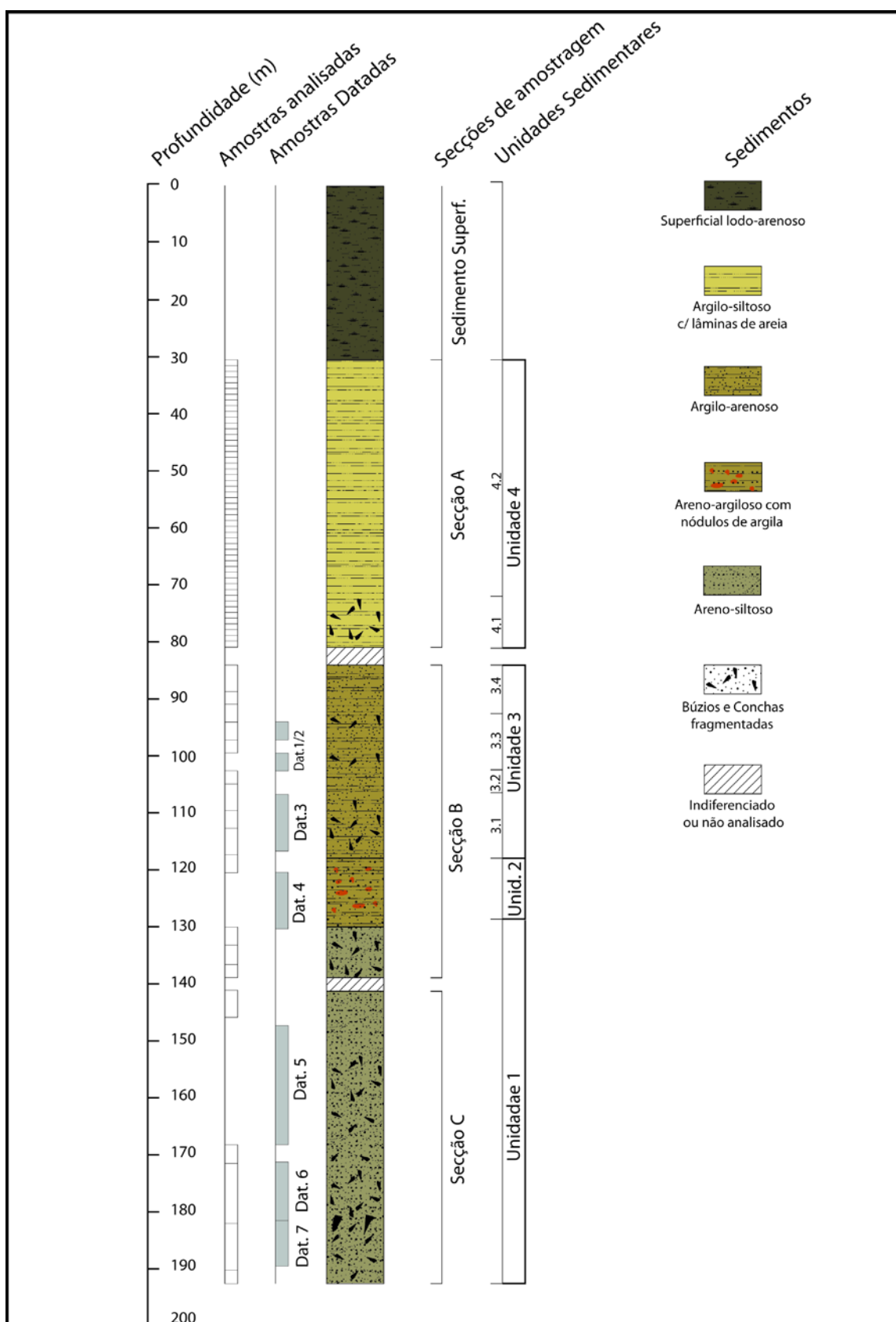


Figura 17 – Síntese das observações macroscópicas da sondagem e informações complementares referidas ao longo do texto.



Foto 4 – Divisão longitudinal da secção A, em laboratório.

A secção A, com 53cm de espessura, corresponde à parte da sondagem compreendida entre 30cm e 83cm de profundidade; a secção B, abaixo da anterior, engloba os sedimentos situados entre 85cm e 140cm; a secção C, sob a anterior, com sedimentos entre 142cm e 195cm.

Depreende-se do exposto que, entre as secções A e B e entre a B e C, não foram considerados 2cm de sedimento. Tal facto deveu-se ao desmoronamento parcial da parede da perfuração, originando uma acumulação superficial de sedimentos caídos e misturados em cada uma das partes superiores das secções (meias-canais).

A abertura da sondagem, em laboratório (Foto 5), permitiu desde logo identificar conjuntos de sedimentos com diferentes teores em silte, argila e areia, pacotes de sedimentos com diferentes colorações, níveis com nódulos de argila e outros com abundantes conchas.

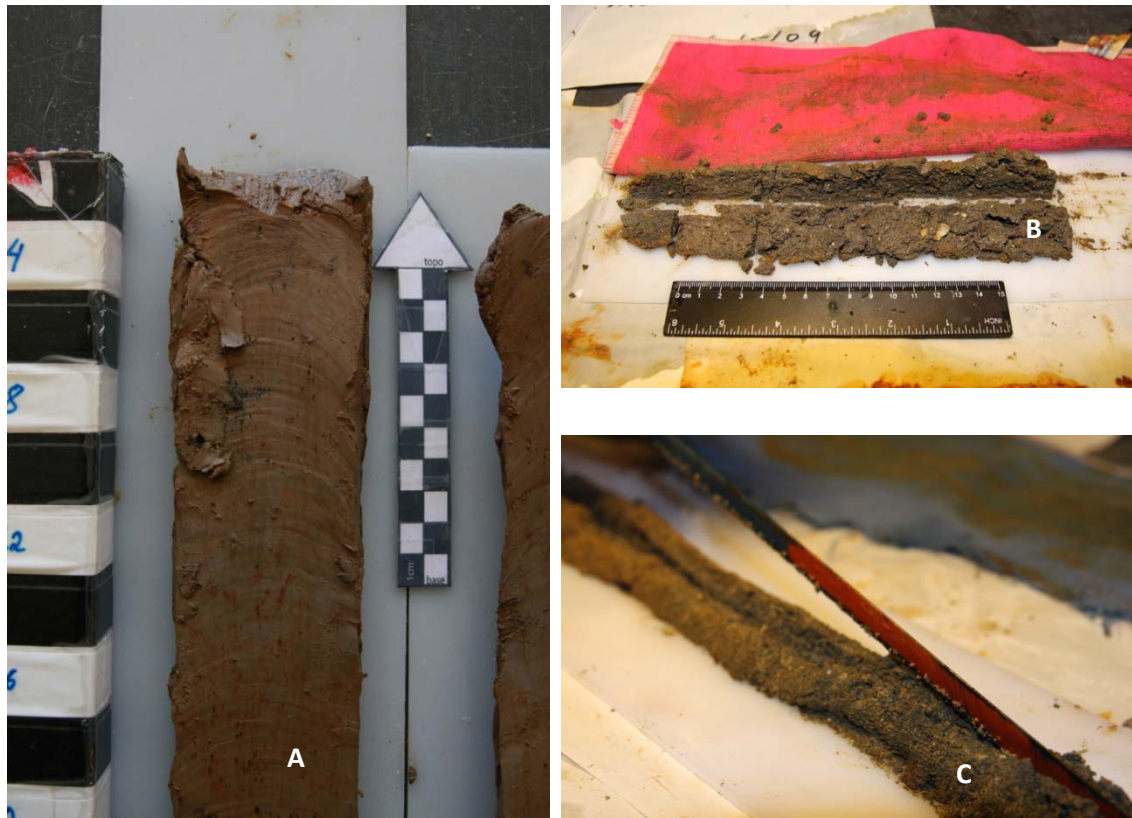


Foto 5 – Aspecto das secções A, B e C

Pode sintetizar-se, assim, a análise macroscópica (Fig. 17), do topo para a base:

- (i) Sedimento superficial, lodo-arenoso com 30cm de espessura;
- (ii) Sedimento argilo-siltoso, com lâminas de areia fina, com 53cm de espessura. Esta unidade designada por **Unidade 4 (U4)**, tem nos 10cm inferiores a presença de búzios e conchas fragmentadas. Por esse motivo, identificaram-se duas sub-unidades. A sub-unidade 4.1, inferior, que corresponde ao conjunto com abundantes búzios e conchas fragmentadas e a sub-unidade 4.2 onde estes não estão presentes;
- (iii) Sedimento argilo-arenoso, presente entre 85cm e 118cm, que constitui a **Unidade 3 (U3)**. Esta tem alternância de níveis em que os búzios e fragmentos

de conchas ora estão presentes ora ausentes. Por essa razão foram distinguidas quatro sub-unidades (de 3.1 a 3.4);

(iv) Sedimento areno-argiloso com nódulos de argila, homogéneo, com 12cm de espessura (entre 118 e 130cm) e que constitui a **Unidade 2 (U2)**;

(v) Sedimento areno-siltoso, com abundância de búzios e conchas fragmentadas, que forma a **Unidade 1 (U1)**. Esta tem 65cm de espessura e é uma unidade monótona, apenas se registando uma ausência de conchas entre 142 e 150cm.

O exame macroscópico da sondagem evidencia desde logo diferentes condições de sedimentação, quer no que respeita ao ambiente energético, mais calmo nas Unidades 2 e 3, quer no que respeita ao ambiente biológico, cujos biorestos estão ausentes na sub-unidade 4.2.

2.2 A análise sedimentológica

Na sondagem foram desprezados os primeiros 30cm, por evidenciarem sedimentos misturados e com restos de materiais provavelmente resultantes das obras realizadas nas proximidades e que por escorrência superficial atingiram o canal da ribeira.

Dos restantes 165cm de sedimentos, procedeu-se à análise sedimentológica elementar de 68 amostras.

Na secção A, pelo maior diâmetro da meia-cana, foi possível obter 50 amostras com um centímetro de espessura cada. Das outras duas secções, pela pequena quantidade de sedimento disponível por centímetro, foi necessário agrupar conjuntos de sedimentos com espessuras diversas. Assim, das secções B e C obtiveram-se as amostras referenciadas no Quadro 2.

Em todas as amostras o procedimento consistiu:

- (i) na separação das fracções arenosa e silto-argilosa, i.e., inferior a 62µ;

- (ii) a fracção arenosa foi separada em classes dimensionais com intervalos de 0,5ø, através de crivagem, e os pesos de cada crivo registados;
- (iii) a fracção silto-argilosa foi igualmente submetida a separação por calibres, em meio aquoso, no Sedigraph.

Quadro 2

Correspondência entre o número das amostras e a profundidade, nas secções B e C

Profundidade (cm)	Secção B
84-88	B1-5
89-90	B6-7
91-93	B8-10
94-96	B11-13
97-98	B14-15
102-103	B19-20
104-108	B21-25
109-111	B26-28
112-116	B29-33
117-119	B34-36
130-132	B47-49
133-137	B50-53
138-139	B54-55

Profundidade (cm)	Secção C
142-147	C1-5
147-169	_____
170-172	C27-29
173-182	C30-40
183-191	C41-48
192-193	C49-50

2.2.1 Composição fundamental das amostras

A análise macroscópica evidenciou, como se disse, uma sequência positiva. Porém, os conjuntos que se podem individualizar de acordo com a composição fundamental das amostras diferem das unidades evidenciadas pela análise morfoscópica. Assim, reconhecem-se, da base para o topo (fig.18):

- (i) CF1 – unidade inferior, mais grosseiro, em que os finos não chegam nunca a atingir 20% e podem ser apenas de 7%;

(ii) CF2 – unidade intermédia, em que a fracção mais fina varia entre 23% e 47%, sendo mais abundante no topo;

(iii) CF3 – unidade superior, francamente mais fina do que as subjacentes, em que a fracção argilosa é sempre $\geq 65\%$ e a arenosa frequentemente inferior a 15%.

Se compararmos as unidades identificadas macroscopicamente com as permitidas pela composição fundamental, verificamos algumas discrepâncias.

Da base para o topo, verifica-se que:

- (i) CF1 engloba toda a U1;
- (ii) CF2 engloba a U2 e a U3, com excepção da sub-unidade 3.4;
- (iii) CF3 compreende a sub-unidade 3.4 e toda a U4.

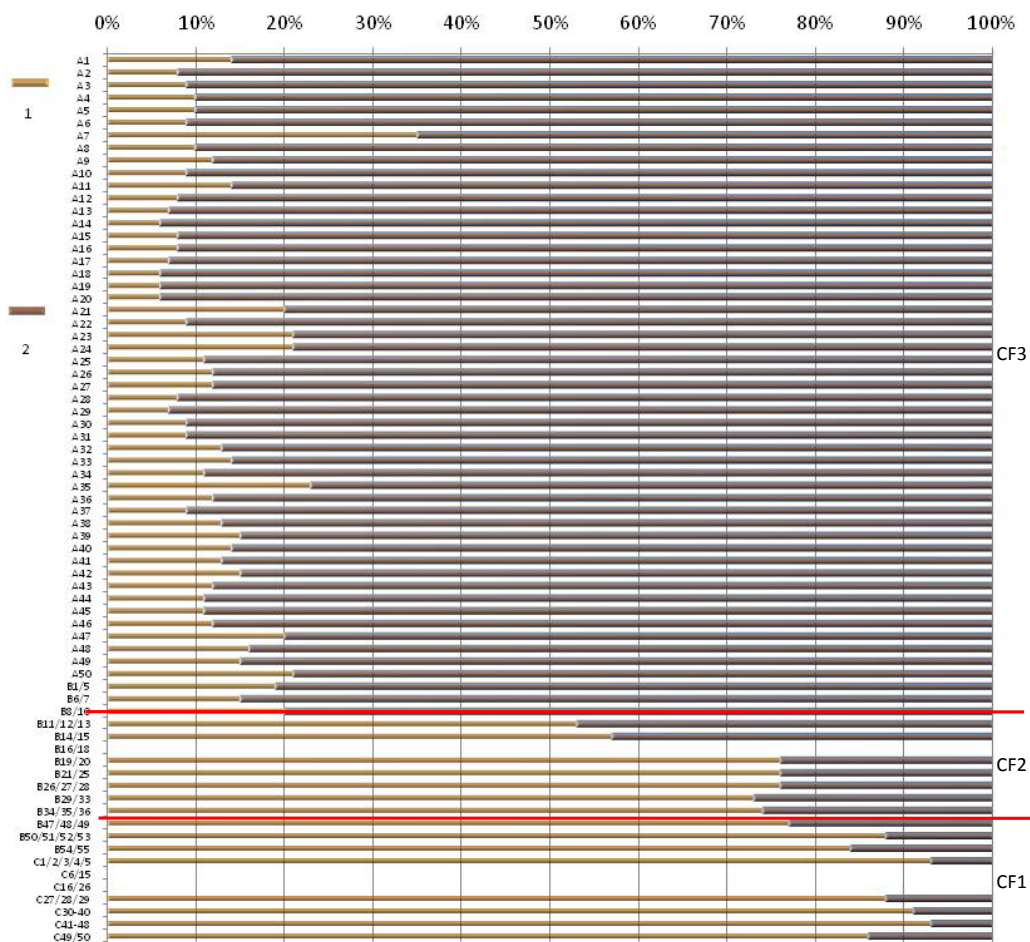


Figura 18 – Composição fundamental das amostras tratadas. No eixo vertical está a numeração das amostras. 1 – Fracção areno-siltosa; 2 – Fracção argilosa. As linhas horizontais vermelhas separam os vários conjuntos individualizados pela composição fundamental, da base para o topo: CF1, CF2 e CF3.

Esta última, CF3, entre 30cm e 94cm de profundidade, é um conjunto monótono, resultado da decantação em ambiente calmo. CF1 e CF2, pelo contrário, revelam um ambiente mais energético, provavelmente de estuário aberto.

2.2.2. A fracção arenosa

O Quadro 3 e a Figura 19 sintetizam as características fundamentais das areias da secção B e C.⁷

Quadro 3

Síntese das características das areias da secção B e C. Indica-se também a unidade ou sub-unidade definida macroscopicamente a que pertencem.

Profundidade (cm)	Secção B	Designação do sedimento	Grupo textural	Tipo de amostra
84-88 U 3.4	B1-5	Silte muito grosseiro areia muito fina	Muddy sand	Bimodal, pouco calibrada
89-90 U 3.4	B6-7	Silte muito grosseiro areia muito fina	Muddy sand	Bimodal, pouco calibrada
91-93 U3.3	B8-10	Areia média moderadamente calibrada	Sand	Bimodal, moderadamente calibrada
94-96 U3.3	B11-13	Very fine gravelly medium sand	Slightly gravel sand	Bimodal, moderadamente calibrada
97-98 U3.3	B14-15	Areia média moderadamente calibrada	Sand	Bimodal, moderadamente calibrada
102-103 U3.2	B19-20	Areia média moderadamente calibrada	Sand	Unimodal, moderadamente calibrada
104-108 U3.2	B21-25	Areia média moderadamente calibrada	Sand	Unimodal, moderadamente calibrada
109-111 U3.1	B26-28	Areia média moderadamente calibrada	Sand	Bimodal, moderadamente calibrada
112-116 U3.1	B29-33	Areia média pouco calibrada	Sand	Bimodal, pouco calibrada
117-119 U3.1	B34-36	Areia média moderadamente calibrada	Sand	Bimodal, moderadamente calibrada
130-132 U1	B47-49	Areia média levemente cascalhenta fina	Slightly gravel sand	Bimodal, moderadamente calibrada
133-137 U1	B50-53	Areia média levemente cascalhenta fina	Slightly gravel sand	Unimodal, moderadamente calibrada
138-139 U1	B54-55	Areia média moderadamente calibrada	Sand	Unimodal, moderadamente calibrada
142-147 U1	C1-5	Areia média moderadamente calibrada	Sand	Unimodal, moderadamente calibrada
170-172 U1	C27-29	Areia média moderadamente bem calibrada	Sand	Unimodal, moderadamente bem calibrada

⁷ Até ao momento, não ficou concluído o tratamento das areias da U4.

173-182 U1	C30-40	Areia média moderadamente calibrada	Sand	Unimodal, moderadamente bem calibrada
183-191 U1	C41-48	Areia média moderadamente calibrada	Sand	Unimodal, moderadamente bem calibrada
192-193 U1	C49-50	Areia média levemente cascalhenta fina	Slightly gravel sand	Unimodal, moderadamente calibrada

À excepção das duas amostras correspondentes à parte superior da secção B, que são silte muito grosseiro areia muito fina (*muddy sand*; Folk e Word, 1957) correspondente à sub-unidade U3.4 definida macroscopicamente, todas as restantes são areia. Nessas existem por vezes pequenas intercalações mais grosseiras, como sucede na sub-unidade 3.3 e na U1.

As areias são geralmente bimodais e moderadamente calibrada. A sub-unidade U3.2 está igualmente marcada na característica das areias, por terem uma distribuição unimodal, que se repete em praticamente toda a Unidade 1, excepto no topo que é também ligeiramente mais grosseiro.

No que respeita a calibração, as amostras são predominantemente moderadamente calibradas. Exceptuam-se as do topo da secção B (U3.4). pouco calibradas, e uma amostra na secção C (U3.1). Na base da secção C (U1) há areias ligeiramente mais bem calibradas, i.e., moderadamente bem calibrada.

A areia grosseira é sempre residual, bem como o silte grosseiro. Para além das pequenas variações de pormenor na composição fundamental, merece destaque a mudança registada a 89-90cm. Ela reflecte o enriquecimento em finos, provavelmente antecipando o ambiente calmo que se verificou posteriormente e foi revelado pela composição fundamental das amostras da série A e topo da série B.

A análise dos parâmetros estatísticos elementares não forneceu muitas informações complementares (Fig. 20). Salvo no que respeita às duas amostras superiores da secção B (sub-unidade 3.4) que se destacam claramente no que respeita à média, à assimetria e à curtose, como seria de

esperar, todas as restantes têm a média compreendida entre 1,5 e 2,0 Φ , uma assimetria positiva e são muito leptocúrticas. No que respeita ao desvio padrão, para além das referidas amostras da superfície da secção B, muito pouco calibradas ou fracamente calibradas, as areias são todas moderadamente calibradas embora com pequenas variações no valor do σ .

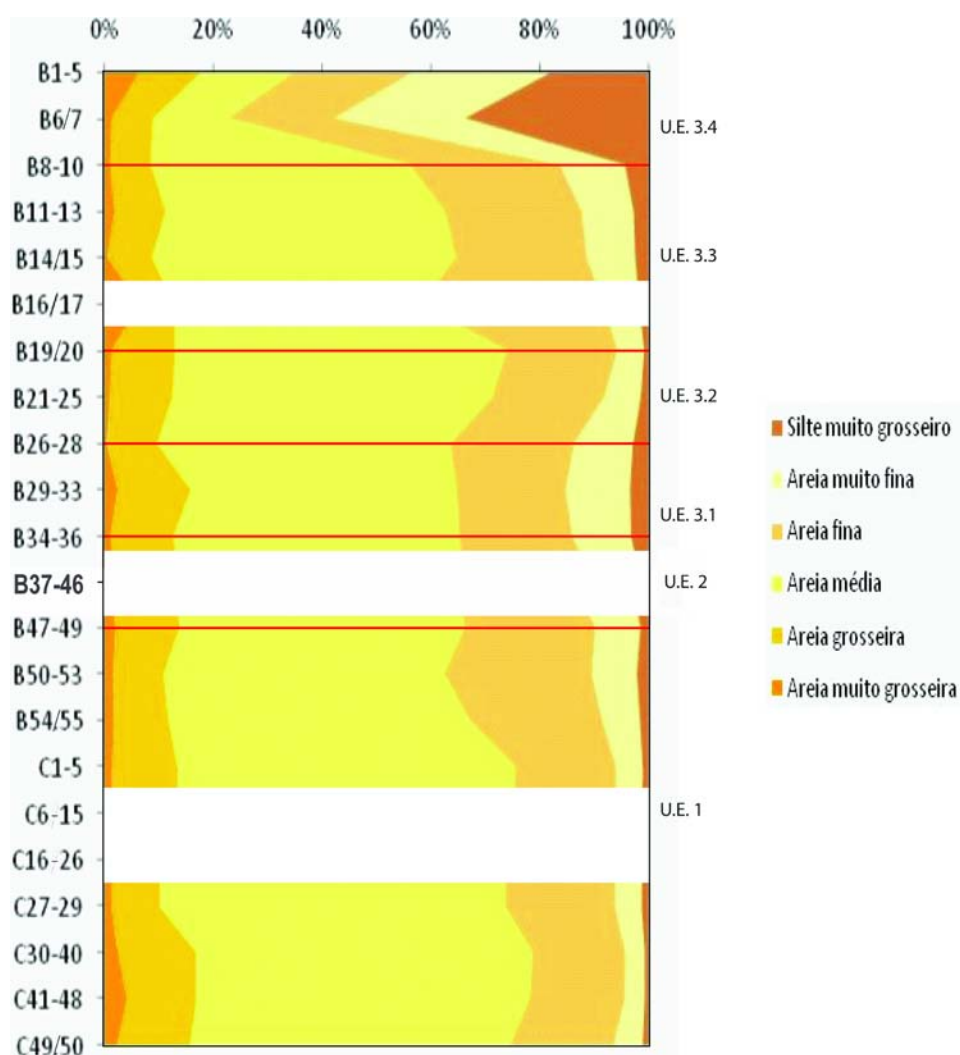


Figura 19 – Composição da fracção grosseira, areia e silte, das amostras das secções B e C.

O cruzamento interparâmetros (assimetria versus desvio padrão e curtose versus desvio padrão; Fig. 21) mostra bem a individualização da sub-unidade 3.4, menos calibrada, com assimetria negativa e mais leptocúrtica. As restantes formam uma nuvem de pontos.

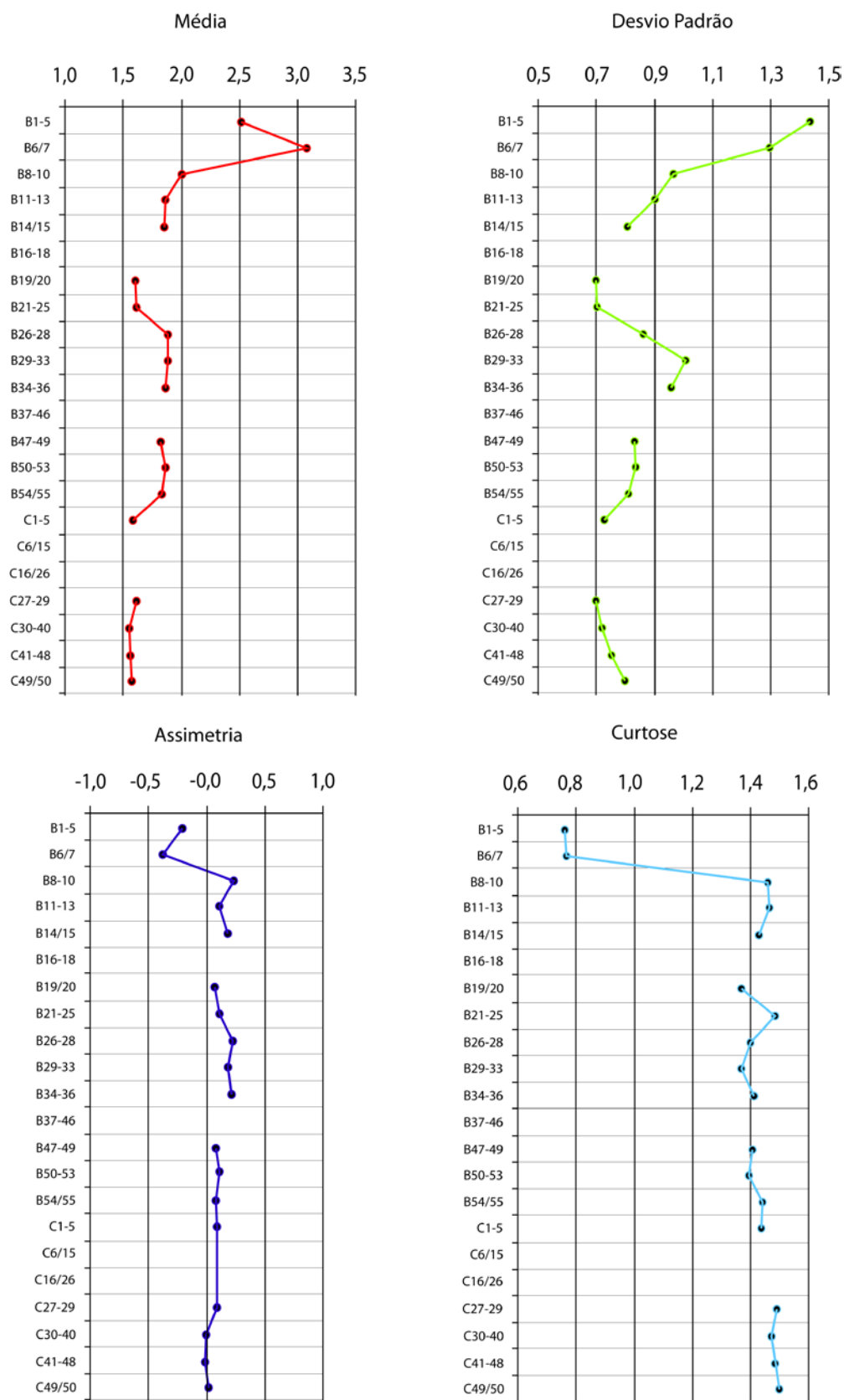


Figura 20 – Variação em profundidade da média, desvio padrão, assimetria e curtose das amostras da secção B e C.

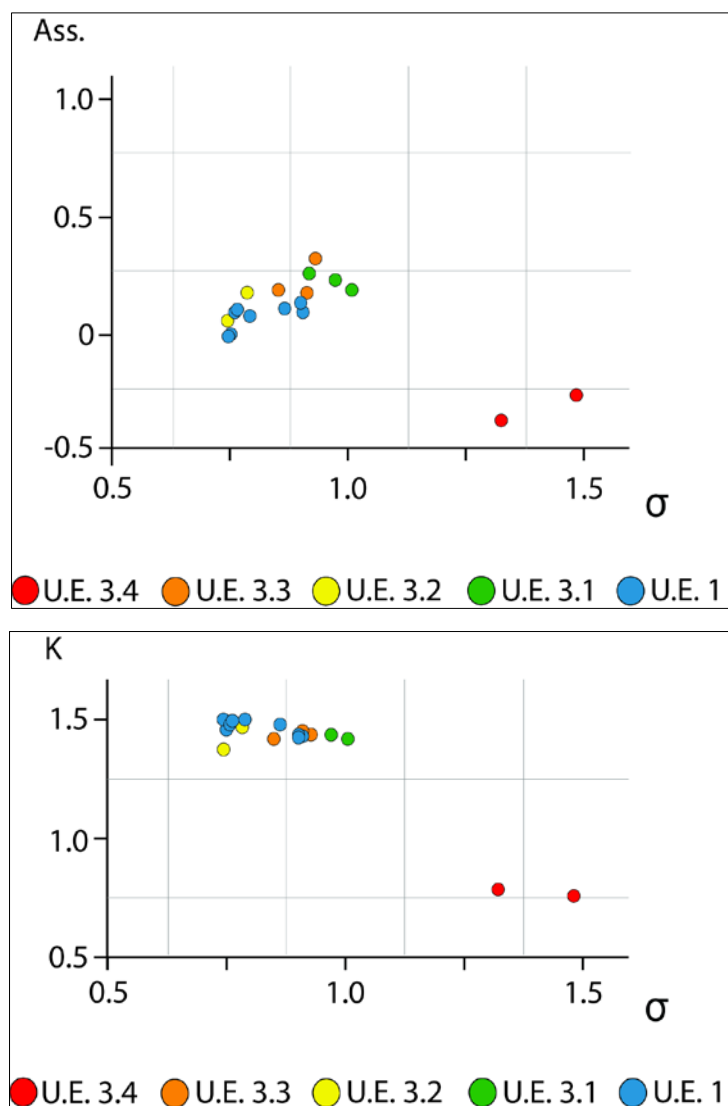


Figura 21 – O cruzamento interparâmetros assimetria e curtose versus desvio padrão.

2.2.3 A fracção argilosa

A fracção argilosa foi tratada nas três secções da sondagem, mas apenas no que se refere às suas características de grupo textural e tipo de amostra, de acordo com Folk e Word (1957). Essa informação está sintetizada no Quadro 4 e 5.

Não foram, até ao momento, analisados os minerais de argila, nem outros procedimentos complementares.

Quadro 4

Síntese das características das argilas da secção A. Indica-se também a unidade ou sub-unidade definida macroscopicamente a que pertencem

Profundidade (cm)/ unidade	Secção B	Designação do sedimento	Grupo textural	Tipo de amostra
0-1 / U1	A1	Silte fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
1-2 / U1	A2	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
2-3 / U1	A3	Silte fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
3-4 / U1	A4	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
4-5 / U1	A5	Argila	Mud	Trimodal, pouco calibrada
5-6 / U1	A6	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
6-7 / U1	A7	Silte fino	Mud	Trimodal, pouco calibrada
7-8 / U1	A8	Argila	Mud	Unimodal, pouco calibrada
8-9 / U1	A9	Silte muito fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
9-10 / U1	A10	Argila	Mud	Trimodal, pouco calibrada
10-11 / U1	A11	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
11-12 / U1	A12	Argila	Mud	Trimodal, pouco calibrada
12-13 / U1	A13	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
13-14 / U1	A14	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
14-15 / U1	A15	Argila	Mud	Trimodal, pouco calibrada
15-16 / U1	A16	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
16-17 / U1	A17	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
17-18 / U1	A18	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
18-19 / U1	A19	Argila	Mud	Trimodal, pouco calibrada
19-20 / U1	A20	Argila	Mud	Trimodal, pouco calibrada
20-21 / U1	A21	Argila	Mud	Trimodal, pouco calibrada
21-22 / U1	A22	Silte fino	Mud	Trimodal, pouco calibrada
22-23 / U1	A23	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
23-24 / U1	A24	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
24-25 / U1	A25	Silte fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
25-26 / U1	A26	Argila	Mud	Trimodal, pouco calibrada
26-27 / U1	A27	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
27-28 / U1	A28	Silte fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
28-29 / U1	A29	Silte fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
29-30 / U1	A30	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
30-31 / U1	A31	Silte fino	Mud	Trimodal, pouco calibrada
31-32 / U1	A32	Silte fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
32-33 / U1	A33	Silte fino	Mud	Trimodal, pouco calibrada
33-34 / U1	A34	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada
34-35 / U1	A35	Silte fino	Mud	Trimodal, pouco calibrada
35-36 / U1	A36	Silte fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
36-37 / U1	A37			
37-38 / U1	A38	Silte muito fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
38-39	A39			
39-40 / U1	A40	Silte fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
40-41 / U1	A41	Silte fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
41-42 / U1	A42	Silte fino	Mud	Trimodal, pouco calibrada
42-43 / U1	A43	Silte fino	Mud	Trimodal, pouco calibrada
43-44 / U1	A44	Silte fino	Mud	Polimodal, pouco calibrada
44-45 / U1	A45	Argila	Mud	Trimodal, pouco calibrada
45-46 / U1	A46	Silte fino	Mud	Trimodal, pouco calibrada
46-47 / U1	A47	Argila	Mud	Trimodal, pouco calibrada
47-48 / U1	A48	Silte fino	Mud	Bimodal, pouco calibrada
48-49 / U1	A49	Argila	Mud	Trimodal
49-50 / U1	A50	Argila	Mud	Bimodal, pouco calibrada

Quadro 5

Síntese das características das argilas das secções B e C. Indica-se também a unidade ou sub-unidade definida macroscopicamente a que pertencem

Profundidade (cm)/ unidade	Secção B	Designação do sedimento	Grupo textural	Tipo de amostra
84-88 / U 3.4	B 1-5	Silte fino	<i>Mud</i>	Bimodal, pouco calibrada
89-90 / U 3.4	B 6-7	Silte fino	<i>Mud</i>	Trimodal, pouco calibrada
91-93 / U 3.3	B 8-10	Silte fino	<i>Mud</i>	Trimodal, pouco calibrada
94-96 / U 3.3	B 11-13	Silte médio	<i>Mud</i>	Polimodal, pouco calibrada
97-98 / U 3.3	B 14-15	Silte fino	<i>Mud</i>	Trimodal, pouco calibrada
102-103 / U 3.2	B 19-20	Silte grosseiro	<i>Mud</i>	Bimodal, pouco calibrada
104-108 / U 3.2	B 21-25	Silte médio	<i>Mud</i>	Unimodal, pouco calibrada
109-111 / U 3.1	B 26-28	Silte fino	<i>Mud</i>	Polimodal, pouco calibrada
112-116 / U 3.1	B 29-33	Silte fino	<i>Mud</i>	Polimodal, pouco calibrada
117-119 / U 3.1	B 34-36	Silte médio	<i>Mud</i>	Trimodal, pouco calibrada
130-132 / U 1	B 47-49	Silte fino	<i>Mud</i>	Trimodal, pouco calibrada
133-137 / U 1	B 50-53	Silte fino	<i>Mud</i>	Bimodal, pouco calibrada
138-139 / U 1	B 54-55	Silte fino	<i>Mud</i>	Trimodal, pouco calibrada
142-147 / U 1	C 1-5	Silte fino	<i>Mud</i>	Polimodal, muito pouco calibrada
170-172 / U 1	C 27-29	Silte fino	<i>Mud</i>	Unimodal, pouco calibrada
173-182 / U 1	C 30-40	Silte fino	<i>Mud</i>	Trimodal, pouco calibrada
183-191 / U 1	C 41-48	Silte fino	<i>Mud</i>	Trimodal, muito pouco calibrada
192-193 / U 1	C 49-50	Silte fino	<i>Mud</i>	Trimodal, pouco calibrada

2.3. A presença de biorrestos

Apesar de não terem ainda sido analisados os biorrestos, não pode deixar de se fazer referência à sua presença.

Eles foram reconhecidos na base da Unidade 4, intercalados na unidade 3.3 e estão quase sempre presentes na U1, excepção feita entre 150cm e 140cm. Trata-se de pequenos búzios, milimétricos (1-3mm), e fragmentos de conchas.

Estes biorrestos não foram ainda identificados, mas fornecerão certamente dados complementares sobre o ambiente estuarino e a sua evolução.

Nota:

Não pode deixar de se salientar a ausência de amostras da unidade 2. Na realidade, dada a dimensão da meia-cana da sondagem e a quantidade de sedimento disponível, não foi possível seccionar a sondagem em duas partes, como sucedeu na restante sondagem. Toda a U2 foi utilizada para datação radiocronológica.

2.4. A datação dos sedimentos

Os sedimentos datados estão referenciados na Figura 17.

Como se pode verificar, os sedimentos datados fazem parte da U1 (três amostras), a U2 (uma amostra) e das subunidades 3.1 e 3.3 (três amostras). Dado o diâmetro das meias-canais das secções C e B, foi necessário recorrer a diversas espessuras de sedimento a enviar para datação (a informação está contida na Fig.17).

O material datado foi o material orgânico presente nas várias amostras, por AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*).

A síntese dos dados cronológicos está contida no Quadro 6.

Quadro 6
Síntese dos dados cronológicos

Referência Beta Analytic	Referência FMI 5000 - LAGOS.CONV.	Idade medida (± 40 BP)	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (‰)	Idade Convencional (± 40 BP)	Calibração a 2σ (Cal)
282768	B11-13	2780	-22,2	2780	BP 2960 a 2780 / BC 1010 a 830
282769	B16-18	2700	-21,3	2700	BP 2870 a 2750 / BC 920 a 800
282770	B22-33	2880	-18,8	2880	BP 3150 a 2880 / BC 1200 a 930
282771	B34-44	3000	-19,3	3000	BP 3330 a 3070 / BC 1380 a 1120
282772	C1-26	3330	-20,5	3330	BP 3680 a 3660 / BC 1730 a 1720, BP 3640 a 3460 / BC 1690 a 1510
282773	C30-40	3360	-20,5	3360	BP 3690 a 3480 / BC 1740 a 1530
282774	C41-48	3610	-19,0	3610	BP 4070 a 4040 / BC 2120 a 2090 BP 3990 a 3830 / BC 2040 a 1880

3. Sítio do Monte Molião - notas geoarqueológicas

O sítio arqueológico do Monte Molião é conhecido desde o século XIX e, como já foi referido, Estácio da Veiga e mais tarde Santos Rocha confirmaram os vestígios de Época Romana (Estrela, 1999).

Susana Estrela, no final do século XX, pôde continuar e aprofundar os apontamentos que haviam sido feitos anteriormente através de uma escavação de emergência que confirmou não só a existência de ocupação romana no local, mas também a existência de ocupação da Idade do Ferro e anterior (Estrela, 1999).

Já em contexto de projecto financiado pela Câmara Municipal de Lagos, foram iniciados trabalhos arqueológicos regulares em 2006, sob a direcção científica da Professora Ana Margarida Arruda, com o objectivo de analisar a cronologia e área de extensão do sítio arqueológico. Para isso, dividiu-se o sítio arqueológico em três zonas específicas (sectores A, B e C). Esta investigação mais detalhada trouxe já à superfície evidências suficientes para podermos compreender a evolução do Monte Molião, embora ainda decorram escavações no local e os dados não estejam ainda disponíveis, salvo os Relatórios das Campanhas de Escavação (Arruda *et al* 2008).

3.1 Ocupação do sítio arqueológico

A ocupação humana foi comprovada pela arquitectura das estruturas muradas e, sobretudo, pelo registo material que baliza o início da ocupação deste local numa cronologia entre os séculos IV a.C. e II d.C. (embora se tenham encontrado materiais que sugiram uma cronologia de sec. III d.C., o mais provável é que esses apenas traduzam “presenças ocupacionais no sítio, justificadas pela proximidade da necrópole, que se manteve em funções durante essas datas” (Arruda *et al*, 2008).

Pode dizer-se que o sítio terá tido duas fases de ocupação constante separadas por um hiato de estabelecimento humano. Embora se tenham encontrado alguns vestígios artefactuais que remontam a épocas pré-históricas

de ocupação sazonal e periódica – artefactos em sílex, por exemplo – os materiais que suportam a interpretação da ocupação humana permanente datam, na sua grande maioria, dos finais do século IV a.C. Nesta fase, criaram-se espaços habitacionais de raiz e estruturas muradas em pedra e em taipa com fundações assentes na rocha carbonatada miocénica previamente afeiçãoada que apontam para uma intenção deliberada de fixação local. Tinha sido criado um sítio de estabelecimento humano vocacionado para o comércio (existência de ânforas piscícolas e olearias ambas de produção gaditana – Cádiz - suportam esta interpretação) e para a prática da siderurgia testemunhada não só pelo espólio sidérico encontrado, mas também por estruturas de combustão. Estávamos em plena segunda Idade do Ferro (estes testemunhos ocorrem no extremo ocidental da colina do Monte Molião).

A ocupação pré-romana, que se pode integrar no período “que habitualmente se designa por «Turdetano»” (Arruda *et al*, 2008), terá durado até ao século segundo a.C. (*circa* 2150 BP).

A partir daí ter-se-á iniciado o Período Romano Republicano (que ocupa todo o topo da colina) que está representado no Monte Molião por muros de pedra e cimento argiloso, pelos vestígios materiais normalmente associados à chegada dos exércitos romanos à península Ibérica, como é o caso de um fragmento de bordo de um *kalathos* ibérico, e pela cerâmica campaniense de tipo A que é normalmente referente aos períodos do final do sec II a.C. e inícios do sec I a.C. (*circa* 2100 BP).

A sequência cronológica que se estende desde a formação do sítio até à transição para a Época Romana republicana terá sido, em sentido lato, contínua e, apesar de se ter observado duas culturas de tempos diferentes, o sítio arqueológico não terá sentido nenhum abandono prolongado entre o final da ocupação da II Idade do Ferro e o início da ocupação republicana – ou pelo menos essa transição não é notória em contexto estratigráfico, uma vez que não há quaisquer indícios que apontem para o intervalo prolongado de despovoamento (Arruda *et al*, 2008).

Embora o Período Imperial Romano esteja bem representado no Monte Molião pelas estruturas bem conservadas e pelo grande espólio cerâmico, não se esperava que apontasse o início da sua representatividade material para uma cronologia de finais do sec I d.C. A partir da análise do conjunto cerâmico que permite avançar para uma datação de ocupação imperial balizada entre “o final do século I e os primeiros decénios do século II d.C.” (Arruda *et al*, 2008), podemos observar que terá, de facto, havido um hiato de povoamento do sítio arqueológico entre o final de século I a.C. e o final do primeiro século da nossa era.

Por isso podemos considerar, estritamente de um ponto analítico e historiográfico, que até à primeira metade do século I a.C., o sítio não teve um período de abandono evidente, embora tenha podido testemunhar uma ocupação de dois povos diferentes. Podemos também inferir que a segunda fase de povoamento intenso do Monte Molião só terá ocorrido no final do primeiro século d.C.

Apesar de não pretendermos debater as razões que terão contribuído para que este despovoamento tenha ocorrido, podemos supor que talvez um determinado contexto político romano da passagem de poder republicano para imperial ou uma estratégia geo-política de reorganização populacional possa estar relacionada com o abandono temporário constatado no sítio arqueológico.

3.2 As evidências de destruição romanas republicanas

No Sector C do sítio arqueológico do Monte Molião (lado ocidental da colina) existe um muro de pedra com cimento argiloso que apresenta duas claras fases de construção. Esta estrutura bem emparelhada foi classificada como republicana e apresenta um bom estado de conservação. Este muro é caracterizado, no entanto, por uma particularidade física nada comum e dificilmente observada noutros muros de construção semelhante em sítios arqueológicos de cronologia coeva. Falamos, não da técnica de construção, essa sim comumente utilizada na época, mas sim do seu derrube e da deformação que apresenta.

Sabe-se, de conhecimento empírico, que derrubes de estruturas deste género foram frequentes ao longo da História. Quer por erro de construção, quer por acção gravítica de assentamento, estruturas deste tipo podem cair. E podem cair de forma lenta ou abrupta sem que para isso precisem de outro motor externo que não apenas o do envelhecimento.

Porém, aquando de uma visita com a responsável da escavação (Professora Ana Arruda), em Agosto de 2009, verificou-se existir um muro da Época Romana Republicana, que apresentava uma deformação que não parecia ser apenas de derrube ocasional por envelhecimento e abandono da estrutura (Fotos 6 e 7).



Foto 6 – Vista NE da face externa do muro romano deformado do sítio arqueológico do Monte Molião (1 – parte oriental do muro fracturado; 2 – parte ocidental do muro fracturado)

O muro evidencia fracturação e rotação dos bordos em torno da fractura, com derrube para sudeste.



Foto 7 – Vista NW da face externa do muro romano deformado do sítio arqueológico do Monte Molião (1 – parte oriental do muro fracturado; 2 – parte ocidental do muro fracturado)

Este caso específico de deformação murada apresenta uma rotação diferencial realçada por cisalhamento existente na estrutura. Esta fractura separa a face externa do muro em duas partes e destaca uma ligeira inclinação para NW da parte fracturada mais ocidente (parte dois da Foto 8). O motivo desta inclinação ser estranho é que, precisamente no final do extremo mais ocidental deste muro, começa a inclinação pronunciada da vertente W do interflúvio onde se situa o local arqueológico do Monte Molião. O que seria de esperar nesta situação é que aquela “parte 2” do muro deformado seguisse a tendência normal da inclinação da vertente. Mas não só se inclina de acordo com essa vertente como, inclusive, até denota um pendor tendencialmente contrário.

Outra situação que se conferiu atípica foi a constatação, na altura da escavação de um compartimento provavelmente habitacional do sector C, do qual a referida estrutura deformada fazia parte constituinte, que uma

quantidade de pedras considerável se sobrepunha a um nível tardo-republicano.

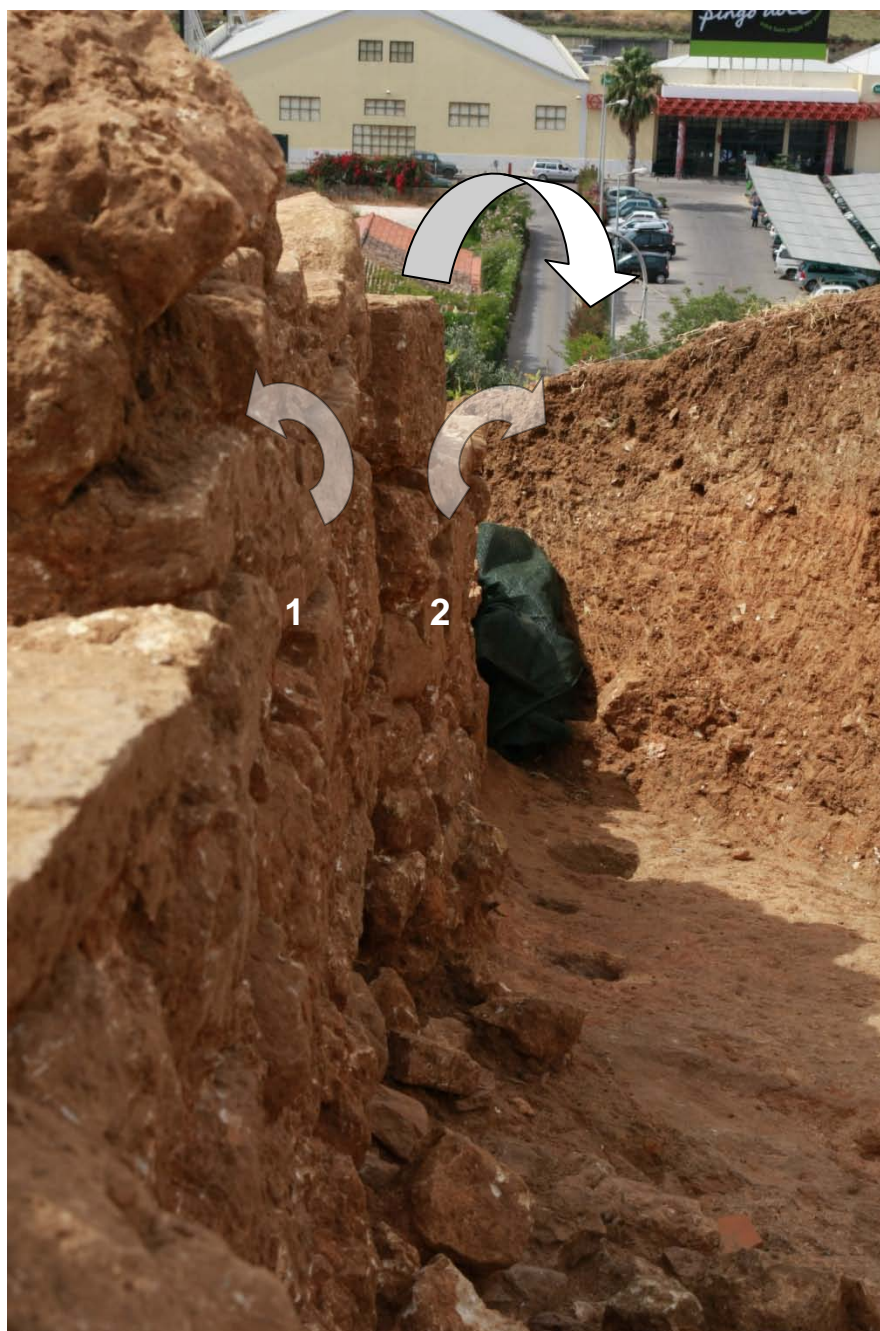


Foto 8 – Vista E do pormenor de rotação diferencial do muro romano deformado do sítio arqueológico do Monte Molião (1 – parte oriental do muro fracturado; 2 – parte ocidental do muro fracturado)

O derrube terá sido súbito. As pedras, que logo de seguida se confirmaram ser originárias do topo do muro em causa, assentavam directamente em cima do

nível arqueológico e, para além disso, algumas das peças desse nível arqueológico que lhes subjaziam mostravam sinais de fractura e contacto directos (Foto 9).



Foto 9 – Artefacto cerâmico deformado por contacto directo de pedra proveniente do muro deformado (sítio arqueológico do Monte Molião).

Um outro dado observado no campo foi o confinamento da dispersão de pedras à área habitacional que alertou os arqueólogos que, na altura, descobriram o derrube. No entanto, nem o contacto directo entre as pedras que constituíam o muro e as peças arqueológicas subjacentes, nem o confinamento do derrube à área habitacional foram motivo suficiente para afirmar que o derribamento da estrutura tivesse sido causado por um factor externo de força maior.

Para a assunção da hipótese sísmica como causa da deformação da estrutura murada, foi necessário reunir todas as provas que indiciavam aquela queda. 1) Desvio e ruptura atípicas de um muro arqueológico. 2) Evidências arqueológicas de queda repentina, reforçada pelo confinamento da dispersão do derrube ao um espaço invulgarmente reduzido – a situação normal é haver uma alargada dispersão de pedras, que indica que a queda foi gradual e faseada. 3) Inclinação de uma parte do muro no sentido contrário ao da vertente se inicia na sua base mais ocidental. Havia agora três motivos para questionar a verdadeira razão daquela destruição peculiar.

Capítulo IV – Os resultados alcançados e a investigação futura

Em investigação, mesmo que seja no âmbito de um projecto, há que efectuar ensaios, nem sempre concludentes, e tentar novos caminhos, abandonando linhas de pesquisa. Isto necessita de tempo. Quando, juntando a esta ideia, se sobrepõe a certeza de que existe muito pouca informação sobre a área a investigar, aquela afirmação é ainda mais pertinente. Se um trabalho é balizado com metas de um ano, certamente que nem todos os caminhos da investigação serão procurados, nem todas as informações obtidas serão suficientemente capazes de ganhar amadurecimento, acto particularmente importante numa abordagem inter-disciplinar.

Por esse motivo se chama a este capítulo “os resultados alcançados e a investigação futura”, e não “Conclusões”. Contudo, se primeira conclusão, geral e inabalável, houve nesta tese, ela foi a de que o processo de abordagem científica multidisciplinar permitiu avançar para novos caminhos. Uma segunda, e forte, conclusão foi a latente necessidade de aprofundar algumas das temáticas tratadas.

No entanto, outras conclusões houve que se mostraram relevantes.

(i) Um estuário aberto até cerca de 2 800 cal BP

O estuário da Ribeira de Bensafrim, hoje assoreado e complementarmente artificializado na sua metade distal, terá sido um estuário aberto às influências marinhas e onde estas eram dominantes até há cerca de 2800 anos BP.

Esta conclusão advém da análise da sondagem e das datações radiocronológicas. Com efeito, a amostra B11-13, com idade ^{14}C de 2960 - 2780 cal BP do pacote sedimentar arenoso com abundantes biorrestos, constituído pela subunidade 3.3 (CP2), juntamente com as restantes amostras da CP2 e da CP1, assim o indica.

Este estuário aberto está testemunhado na investigação agora efectuada pela sedimentação arenosa desde há, pelo menos, cerca de 4000 anos BP. Corresponde ao período de mar transgressivo e também reflecte a relativa lentidão com que a sedimentação fluvial é capaz de responder face à estabilização do nível do mar, com um atraso de dezenas a escassas centenas de anos no estabelecimento de um estuário dominado pela dinâmica fluvial.

O enchimento marinho do estuário pós UMG e, particularmente, no Holocénico médio e superior não foi, contudo, uniforme. O sedimento arenoso é interrompido por níveis com maior teor em argila e/ou nódulos de argila (toda a U2, da CF2; datação ^{14}C 3680 - 3660/3640 - 3640 cal BP) e finos leitos mais argilosos na unidade 3. O significado destas variações não é conhecido, podendo referir-se a hipótese destes corresponderem a episódios, cuja duração se desconhece, em que o estuário teria uma protecção distal, talvez uma barreira arenosa ao largo, uma restinga ou um banco arenoso, promovendo uma protecção aos eventos marinhos mais energéticos e permitindo a decantação no estuário. Esta barreira estaria estabelecida em aproximadamente 3 600 BP.

Aquela sedimentação predominantemente arenosa também não é, ela própria, uniforme. A presença de biorrestos não é constante. Os pequenos búzios e fragmentos de conchas nem sempre estão presentes na U1 e U3 (CP1 e CP2), nomeadamente no topo da secção C e nas sub-unidades 3.2 e 3.4 (ver Fig.17).

Desconhecem-se as razões desta ocorrência. Na U1 a presença quase contínua dos biorrestos parece indicar a influência marinha plena. Na U3, depois de um período de sedimentação muito calmo, dir-se-ia lagunar, de barreira, a alternância reconhecida na U3 parece testemunhar episódios marinhos de desigual energia, sendo os leitos com biorrestos aqueles que poderão testemunhar eventos marinhos relacionados com rompimento da barreira arenosa anteriormente formada (correlativa da U2). A este facto não deve ser alheio a diferenciação entre areia bimodal e unimodal no seio da U3.

As hipóteses conclusivas possibilitadas por este estudo parecem concordar com os escassos estudos existentes para o Sudoeste peninsular, especialmente no litoral meridional. Na realidade, os resultados das investigações divulgadas dizem normalmente respeito a todo o Holocénico e raramente é pormenorizado o Holocénico Superior (Boski *et al*, 2002 e 2008). O artigo de Schneider *et al* (2009) constitui uma exceção. Estes autores propuseram-se realizar a “*reconstruction of the former coastal estuaries of the Quarteira and Carcavai estuaries in southern Portugal based on sedimentological, geochemical and palynological analyses of Holocene sediment cores*” (p.1), para uma janela temporal que abrange o Holocénico Superior.

Este trabalho mostra, entre outras conclusões, que cada estuário é um caso e que existem pequenas diferenciações regionais impostas sobretudo pelas características físicas das bacias hidrográficas e pela morfologia da plataforma continental, pelo que as comparações devem revelar precaução.

A sedimentação no estuário da Ribeira da Quarteira evidencia, entre 4500 e 2800 cal BP, um assoreamento progressivo e a transição para um sapal com canais de maré. Na Ribeira de Carcavai, aqueles autores registaram, entre 3000 e 2300 cal BP, uma diminuição da profundidade das águas de deposição dos sedimentos arenosos finos, com intercalações argilosas e siltosas com fragmentos de conchas, que atribuíram à instabilidade de um sistema de barreira intercalado com eventos marinhos de elevada energia.

Alguns autores sugerem que estes episódios de elevada energia, englobando grandes fragmentos de conchas, se poderão talvez relacionar com outro tipo de fenómenos de alta energia, como sejam os *tsunamis*. Esta é a proposta de Ruiz *et al*. (2005, 2007) para o período pós 5700 cal BP. No presente caso de estudo não se possui esse tipo de informação para este período.

Apesar de se possuírem sete datações no pacote sedimentar que evidencia o estuário aberto, não foi possível determinar as taxas de sedimentação, atendendo às características das amostras que foram para datar, decorrentes

da pouca quantidade de sedimento. Pode, contudo, dizer-se que em aproximadamente 1000 anos se depositaram no estuário cerca de 90cm de sedimento ($\pm 0,9$ mm/ano).

No caso do presente estudo, para pormenorizar o ambiente estuarino, seria fundamental fazer novas datações, identificar os biorrestos de forma a pormenorizar o seu paleoambiente, realizar análises químicas que permitissem detectar variações na contribuição marinha e/ou fluvial, especialmente relevantes para a fase seguinte de evolução do estuário. Um outro tipo de abordagem específica que deve ser feita prende-se com a identificação dos foraminíferos e dos poléns. Estas investigações, contudo, serão feitas no âmbito do projecto FMI 5000.

Os vestígios de ocupação humana no território da bacia hidrográfica, são escassos e insuficientemente estudados, pelas razões a que se aludiu anteriormente. Talvez novos levantamentos de campo, tendo presente a paleopaisagem que então existia e as diferentes estratégias de povoamento da Idade do Bronze e do Ferro, possam fornecer mais dados. Porém, a influência humana seria praticamente nula nesta fase em que o estuário seria uma ria dominada pela dinâmica marinha.

(ii) Um estuário abrigado no Período Romano

A evolução posterior mostra uma mudança nítida na dinâmica estuarina. Ela está testemunhada nos sedimentos da sondagem pelas duas amostras da secção B (sub-unidade 3.4, base do CP3) e toda a secção A (U4). É um conjunto monótono, mais argiloso, do tipo *muddy sand*. Revela claramente um ambiente protegido, provavelmente por uma barreira arenosa (cordão dunar ou restingas), semelhantes às que existiam ainda na primeira metade do século XX.

Aí, os afluxos terrígenos seriam fundamentais. Os materiais finos provenientes da bacia hidrográfica acumular-se-iam no estuário abrigado e ter-se-á iniciado o assoreamento que hoje existe. Este pacote sedimentar não é contudo

uniforme. A composição fundamental das suas amostras evidencia episódios de mais elevada energia, com enriquecimento da fracção arenosa. Estes episódios corresponderão a rompimento da barreira ou a episódios de enxurrada, com acarreo de material mais grosseiro a que se segue a decantação? No estado actual do conhecimento não é possível argumentar em favor de nenhuma das hipóteses. As análises químicas, já aludidas, os estudos dos foraminíferos e dos pólenes serão certamente relevantes. Acresce ainda, que no estado actual da investigação não foi possível concluir a análise das amostras da secção A, pelo que outras conclusões são imprudentes.

Para o período compreendido entre 2800 Cal BP to 1000 Cal BP, Schneider *et al.* (2009) registaram no estuário da Ribeira de Quarteira o “infilling of the estuary with fine clastic sediments from the catchment”, tal como parecem revelar os dados de Bensafrim.

(iii) Um novo dado arqueológico paleoambiental?

Paralelamente a estes factos, existe um outro que nos fornece pistas sobre a evolução paleoambiental da bacia hidrográfica da Ribeira de Bensafrim. Esse facto, que para além de tudo influenciou a intenção inicial de conduta desta investigação, é a evidência de destruição patente num muro de idade romana tardo-republicana (125-75 a.C.) do sítio arqueológico do Monte Molião.

Este muro, estrutura bem emparelhada que evidencia duas fases romanas de construção apesar da sua parcial preservação, está deformado de acordo com padrões nada frequentes num processo de derrube. Isto é, o que seria de esperar em circunstâncias normais é que não houvesse:

- a. Fractura longitudinal bastante visível da face externa que rompe as duas fases de construção (foto 6).
- b. Desvio dos alinhamentos, longitudinal e vertical, do muro que se desenvolve a partir da fractura (foto 8).
- c. Inclinação para NE do eixo mais desviado no sentido contrário ao da vertente que inclina da SW.

Para além destas particularidades, o derrube da parte superior desta estrutura, que só está presente na parte interna e confinado a uma divisão, mostrou estar directamente assente no piso romano e em contacto directo com muitos materiais que se lhe subjaziam (foto 9).

O que podemos concluir desta deformação, é que ela obedece a um conjunto de características semelhantes a outros sítios já classificados como claramente arqueossismológicos (Galli *et al*, 2006; Galadini *et al*, 2006; Gomes *et al*, 2008). No entanto, não podemos afirmar que o sítio arqueológico foi assolado por um sismo em época romana tardo-republicana. Mesmo que tivesse sido provado sem quaisquer dúvidas que um sismo destruiu o sítio arqueológico, esse evento sísmico podia ter sido posterior à fase romana republicana.

As seguintes considerações arqueológicas podem ajudar a esclarecer estas dúvidas.

A transição do período romano republicano para o período romano imperial terá ocorrido há mais ou menos 2000 anos (meados do século I a.C.). No entanto, essa transição não se faz notar, normalmente, na maioria dos sítios arqueológicos. Existe uma ocupação tendencialmente contínua.

Não obstante a linha de continuidade geral, no sítio arqueológico do Monte Molião, os vestígios arqueológicos apresentam um hiato de ocupação entre o final da ocupação republicana o período imperial. Embora fosse expectável que se encontrassem artefactos arqueológicos datados do final do século I a.C., materiais romanos de época imperial só aparecem quase um século depois (Arruda, 2008). É, contudo, frequente que sítios arqueológicos evidenciem pequenos hiatos de ocupação, períodos esses que se podem interpretar de variadas maneiras, nomeadamente se quisermos considerar episódios de conflitos entre comunidades e povos.

No entanto, e porque se pensa que não foram conflitos os principais causadores desse abandono temporário do sítio do Monte Molião, há que

considerar outras hipóteses que possam contribuir também para o estudo desse sítio.

Sabe-se da existência dum grande sismo no ano de 63 a.C. que terá sido em tudo semelhante ao grande sismo de 1755 (Oliveira, 1986). Esse sismo, tendo sido idêntico em magnitude ao de 1755, e tendo tido provavelmente o mesmo epicentro, terá certamente causado destruições visíveis em inúmeros sítios romanos.

Embora, mesmo assim, estes factos não sejam suficientes para afirmar categoricamente que foi o sismo de 63 a.C. que destruiu a estrutura murada romana do Monte Molião, as coincidências de datas e as provas indirectas são motivo de sobra para que esta investigação tenha uma continuidade.

Perante estas premissas torna-se quase obrigatório concluir este capítulo da mesma forma com que se começou: o aprofundamento desta linha de investigação, tendo em conta o interesse científico da temática tratada, sem esquecer a importância que o conhecimento da dinâmica litoral e dos vestígios provocados por sismos têm no quadro do ordenamento do território, é uma necessidade imprescindível.

Bibliografia

Alarcão, J. (2004) – *Introdução ao estudo da tecnologia romana*. Cadernos de Arqueologia e Arte, nº 7, Instituto de Arqueologia da F.L.U.C., Coimbra.

Angelucci, D. E., Costa, C.; Muralha, J. (2004) – Ocupação Neolítica e pedogénese médio-holocénica na Encosta de Sant'Ana (Lisboa): Considerações geoarqueológicas. *Revista Portuguesa de Arqueologia*, vol.7, nº2, Instituto Português de Arqueologia, Lisboa.

Arruda, A. M.; Sousa, E.; Bargão, P. & Lourenço, P. (2008) – Monte Molião (Lagos): resultados de um projecto em curso. *Xelb* 8 (1), p. 137-168.

Azevêdo, T.; Ramos-Pereira, A.; Ramos, C.; Nunes, E.; Freitas, M.; Andrade, C.; Pereira, D. (2007) – *Sedimentary Processes, Environments and Basins: A Tribute to Peter Friend*. Blackwell publishers.

Boski, T.; Moura, D.; Veiga-Pires, C.; Camacho, S.; Duarte, D.; Scott, D. B.; Fernandes, S.G. (2002) – Postglacial sea-level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border – *Sedimentary Geology* 150: 103-122.

Bendjoudi, H.; Hubert, P. (2002) – Le coefficient de compacité de Gravelius: analyse critique d'un indice de forme des bassins versants. *Hydrological Sciences Journal*, 47: 6, 921 — 930.

Bird, E. C. (1984) – *Coasts. An Introduction to Coastal Geomorphology*. Blackwell Publ., Oxford.

Blanco-González, A. (2008) – Tendencias del Uso del Suelo en el Valle Amblés (Ávila, España) - Del Neolítico al Hierro Inicial. *Zephyrus*: 101-123. Salamanca.

Blott, S.; Pye, K. (2001) – Gradistat: A Grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, British Society for Geomorphology, John Wiley & Sons ed., p. 1237-1248.

Boski, T.; Camacho, S.; Moura, D.; Fletcherb, W.; Wilamowski, A.; Veiga-Pires, C.; Correia, V.; Loureiro, C.; Santana, P. (2008) – Chronology of the sedimentary processes during postglacial sea level rise in two estuaries of the Algarve coast, Southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 77, Issue 2: 230-244.

Cachão, M.; Boski, T.; Moura, D.; Dias, R.; Silva, C.M.; Santos, A.; Pimentel, N.; Cabral, J. (1998) – Proposta de articulação das unidades sedimentares neogénicas e quaternárias do Algarve (Portugal). *V Congresso Nacional de Geologia, Lisboa (Portugal)*, Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro: 169-172.

Carter, R. W. (1988) – *Coastal Environments*. Academic Press, London.

Cerrilho, E. (1992) – Arqueología y Agricultura romana en la Península Ibérica. *Informes. Norba: Revista de Historia*: 161-164.

Clavé, B.; Massé, L.; Carbonel, P.; Tastet, J.P. (2001) – Holocene coastal changes and infilling of the *La Perroche march* (French Atlantic coast). *Oceanologia Acta*, vol. 24, nº4: 377-389.

Coe, A. (2004) – *The sedimentary record of Sea-Level Change*. The Open University, Cambridge.

Dias, J. M. Alveirinho (1987) – *Dinâmica Sedimentar e Evolução Recente da Plataforma Continental Portuguesa Setentrional*, Univ. Lisboa, 384p., Lisboa.

Dias, J. A. (1988) - Aspectos Geológicos do Litoral Algarvio. *Geonovas*, 10:113-128, Lisboa.

Dias, J.M. (2004) – A história da evolução do litoral português nos últimos vinte milénios. *In: Tavares, A.A., Tavares, M.J.F. & Cardoso, J.L., Evolução Geohistórica do Litoral Português e Fenómenos Correlativos: Geologia, História, Arqueologia e Climatologia*, pp.157-170, Lisboa.

Dias, J. A., Machado A., Garcia, C., Matos, M., Gonzalez, R. e Siria Team (2000) - Cartografia Sedimentológica da Plataforma Continental Adjacente ao Estuário do Guadiana. / Mapping of the Sediment Cover of the Continental Shelf off the Guadiana Estuary. *3º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica*: 215-216, Faro.

Domínguez-Petit, R. (2004) – Fuentes Literarias para la Agricultura Cartaginesa - El Tratado de Magón. *Habis*: 179-192. Universidad de Sevilla.

Duarte, L.V.; Soares, A.F. (2002) – Litostratigrafia das séries margo-calcárias do Jurássico inferior da Bacia Lusitânica (Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*: 135-154.

Folk, R.L.; Word, W. (1957) – Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters, *J. Sed. Petrol.* 27: 3-28.

Galadini, F.; Hinzen, K.; Stiros, S. (2006) – Archaeoseismology: Methodological issues and procedure. *Journal of Seismology*: 295-414.

Galli, P.; Ruga, A.; Scionti, V.; Spadea, R. (2006) – Archaeoseismic evidence for a Late Roman earthquake in the Crotone area (Ionian Calabria, Southern Italy): Seismotectonic implications. *Journal of Seismology*: 443-458.

Galopim de Carvalho, A. (2003) – *Geologia Sedimentar* - Volume I - *Sedimentogénese*. Colecção Sopas de Pedra, Âncora editora.

Galopim de Carvalho, A. (2005) – *Geologia Sedimentar* - Volume II - *Sedimentologia*. Colecção Sopas de Pedra, Âncora editora.

Gomes J.A., Angelucci D.E. & Cabral J. (2008) – Arqueossismologia: Estado actual do Conhecimento em Portugal. *Comunicações Geológicas*, 95: 73-92.

Goldberg, P.; Macphail, R.I. (2006) – *Practical and Theoretical Geoarchaeology*, Blackwell Publishing.

Gonçalves, J. (2009) – Caracterização de Estruturas Tectónicas Activas da Região Sul de Portugal com Recurso Ferramentas SIG: O caso da falha de São Marcos-Quarteira – *Trabalho de Projecto apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências e Sistemas de Informação Geográfica, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa*, pp 98.

Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *Transaction of American Geological Union*, 13, 350-361.

Moita, I. (1986) - *Notícia Explicativa da Carta de Sedimentos Superficiais do Cabo de S. Vicente*. Instituto Hidrográfico, Lisboa, 19p.

Moura, D. (1998) – *Litostratigrafia do Neogénico terminal a Plistocénico na Bacia Centro-Algarve - Evolução paleoambiental*. Dissertação de Doutoramento, Univ. Algarve, 256 p.

Oliveira, C.S. (1986) – A Sismicidade Histórica e a Revisão do Catálogo Sísmico. *Laboratório Nacional de Engenharia Civil*.

Oliveira, J.T. (1984, coord.) - *Carta geológica de Portugal, escala 1:200000. Notícia Explicativa*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 77p.

Ortega Y Gasset, J. (2000) – A Rebelião das Massas. Relógio d'Água Ed., Lisboa.

Pimentel, N.; Amaro, H. (2000) – Contribuição para a análise tectono-sedimentar do Fosso de Aljezur (SW de Portugal). 1º Congresso sobre o Cenozóico de Portugal. *Ciências da Terra* (UNL), nº14: 233-242.

Ramos-Pereira, A. (1990) - *A plataforma litoral do Alentejo e Algarve ocidental. Estudo de Geomorfologia*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, especialidade Geomorfologia, apresentada à Universidade de Lisboa, 450p.

Ramos-Pereira, A. (1992) – *A geomorfologia da margem continental portuguesa e a interdependência das plataformas continental e litoral. Evolução do conhecimento e linhas de investigação*. Centro de Estudos Geográficos, L.A.G.F., 30, Lisboa, 85p.

Ramos-Pereira, A., Dias, J. A., e Laranjeira, M. (1994) - Variações holocénicas da linha de costa na baía de Lagos. In: “*Contribuições para a Geomorfologia e Dinâmica Litorais em Portugal*”, p.75-90, Centro de Estudos Geográficos, Linha de Acção de Geografia Física, Rel. nº 35, Lisboa.

Ramos-Pereira, A.; Ramos, C.; Neves, M. (2006) - Dinâmica dos sistemas litorais: uma componente esquecida no ordenamento do território. *Ass. Portuguesa de Geomorfólogos*, Lisboa, vol.III, p. 237-244.

Ramos, C.; Ramos-Pereira, A.; Azevêdo, T.M.; Nunes, E.; Freitas, C.M.; Andrade, C.; Mozzi, P.; Favoretto, S. (2007) – Paleoambiente no Médio Tejo desde o Último Máximo Glaciário. *Ass. Port. de Geomorfólogos*, vol.V, Lisboa, p.191-199.

Roberts, N. (2002) – *The Holocene - An Environmental History* . Blackwell publishers (second ed.).

Themudo Barata, M.R.; Braga, L.; Wagner, M.N.; Guerra, B.; Alves, J.F.; Neto, S. (1989) – *Sismicidade de Portugal. Estudo da documentação dos séculos XVII e XVIII*, vol. I - Heurística, crítica e interpretação; vol.II - Apêndice documental, G.P.S.N., Lisboa.

Van der Knaap, W.O. & Van Leeuwen, J.F.N. (1995) – Holocene vegetation succession and degradation as response to climatic change and human activity in the Serra da Estrela. *Review of Paleobotany and Palynology* 60: 25-129.

Vannev, J. R., & Mougénot, D. (1981) – *La plate-forme continentale du Portugal et des provinces adjacentes: analyse géomorphologique*. Mem. Serv. Geol. Portugal, nº 28, 145 p.

Índice de Quadros

Quadro1.....	52
Quadro2.....	63
Quadro3.....	65
Quadro 4.....	70
Quadro 5.....	71
Quadro 6.....	73

Índice de Figuras

Fig. 1.....	10
Fig. 2.....	11
Fig.3.....	19
Fig.4.....	23
Fig.5.....	25
Fig.6.....	33
Fig.7.....	33
Fig. 8 (a,b,c).....	34-37
Fig.9.....	38
Fig.10.....	40
Fig.11.....	42
Fig.12.....	43
Fig.13.....	45
Fig.14.....	56
Fig. 15.....	57
Fig. 16.....	58
Fig. 17.....	59
Fig. 18.....	64
Fig. 19.....	67
Fig. 20.....	68
Fig. 21.....	69

Índice de Fotografias

Foto 1.....	12
Foto.....	12
Foto 3.....	14
Foto 4.....	60
Foto 5.....	61
Foto 6.....	77
Foto 7.....	78
Foto 8.....	79
Foto 9.....	80

Anexos

Os textos seguintes, que foram escritos em fases anterior e paralela à elaboração desta tese de mestrado, não possuem relação directa com a temática abordada. No entanto, e porque podem, de alguma forma, complementar os pontos 1 e 2 do Capítulo II desta tese de mestrado, estes textos desprovidos de ordenação sequencial pretendem ajudar arqueólogos que façam investigação no Barlavento Algarvio.

Ao acrescentar informações adicionais sobre arqueossismologia e falhas activas no território continental, julgo que ajudarei, pelo menos, a canalizar procura sobre o tema de uma forma mais facilitada..

Despreze-se, pois, o seu valor contextual e de relação temática

Para efeitos de citação dos próximos textos, queira-se usar a seguinte designação:

Gomes, J. A. (2010) – Estuário de Bensafrim - Leitura geo-arqueossismológica. Textos em Anexo à dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa.

A - Dados introdutórios à Sismologia. Os sismos e as fontes sismogénicas

Um sismo consiste na geração de ondas elásticas numa fonte sísmica, que se propagam através dos materiais rochosos envolventes. Manifesta-se, pois, por vibrações das rochas resultantes da passagem de ondas sísmicas de diversos tipos, consoante o padrão de vibração imposto às partículas rochosas.

O mecanismo sismogénico principal, designado por modelo do ressalto elástico, foi originalmente proposto pelo geólogo americano G. K. Gilbert, em 1884, e posteriormente confirmado e detalhado pelo cientista americano H. F. Reid em 1911, na sequência de estudos que realizou na Zona de Falha de S. André antes e após a ocorrência do terramoto de S. Francisco (Califórnia, 1906). Segundo este modelo, um **sismo** consiste na irradiação, sob a forma de ondas sísmicas, de energia de deformação elástica acumulada em rochas que foram submetidas a tensões tectónicas que as deformaram. Esta energia é libertada pelo ressalto elástico associado ao deslocamento súbito numa zona de descontinuidade mecânica – **falha activa** – localizada no interior da massa rochosa, e que se encontrava bloqueada por forças de atrito. Ocorre deslizamento brusco das rochas de um lado da falha relativamente às do outro quando aquelas forças de atrito são vencidas, voltando a falha a bloquear-se após o deslocamento e a correspondente queda de tensão (Bolt, 1988; Scholz, 1990; Keller e Pinter, 2002; entre outros). Inicia-se assim um novo ciclo sísmico, caracterizado por um período mais ou menos longo em que as rochas, sujeitas às tensões actantes, novamente se deformam de modo progressivo, até ocorrer nova ruptura na falha e o correspondente ressalto elástico acompanhados da emissão de ondas sísmicas (novo sismo).

Embora nos sismos naturais a fonte de energia de deformação elástica corresponda a um volume de rocha afectado pelo deslizamento na superfície de ruptura da falha activa, especifica-se geralmente a origem de um sismo como um ponto a partir do qual emanam as primeiras ondas sísmicas, designado o hipocentro. Este corresponde, pois, ao local onde se inicia a ruptura na falha sismogénica. O local situado à superfície topográfica na vertical do hipocentro é designado por epicentro.

A severidade das vibrações sísmicas ocorridas num dado local é medida pela intensidade sísmica. A sua quantificação, geralmente expressa em graus de uma escala de intensidades, é feita por uma avaliação dos efeitos produzidos pelo sismo no local considerado. Existem diversas escalas de intensidade sísmica, sendo uma das mais conhecidas a escala de Mercalli modificada (escala MM, versão de 1956, com 12 graus de intensidade). A intensidade com que um sismo é sentido num dado local depende de diversos factores, nomeadamente, da dimensão do sismo, da sua distância ao local e da posição deste relativamente à progressão da ruptura na falha sismogénica, da natureza das rochas que as ondas sísmica atravessam no seu percurso desde a fonte sísmica, e das condições geológicas e topográficas do próprio local (condicionando o “efeito de sítio”).

As vibrações sísmicas do solo num dado local podem ser registadas detalhadamente, sob a forma de sismogramas, em instrumentos denominados sismómetros. A sismicidade que, desde os princípios do século XX, é registada em estações sismográficas designa-se por sismicidade instrumental. A actividade sísmica anterior, conhecida através da referência e descrição dos seus efeitos em documentos históricos, designa-se por sismicidade histórica.

A partir do registo das vibrações sísmicas em sismogramas é possível calcular a magnitude dos sismos, a qual é uma medida da energia libertada em cada evento e, portanto, uma medida da sua grandeza na origem, independente da distância, do trajecto das ondas e dos efeitos locais. A primeira escala de magnitudes sísmicas foi criada em 1935 pelo sismólogo norte-americano C. Richter, que definiu a magnitude local (M_L , também conhecida por magnitude de Richter). Devido a limitações desta magnitude como expressão rigorosa da grandeza dos sismos, ou seja, da energia libertada em cada evento sísmico, utilizam-se frequentemente outras escalas de magnitude, desenvolvidas posteriormente (Bolt, 1988). As escalas de magnitude não são limitadas, embora a resistência das rochas e a dimensão finita das falhas imponham um limite superior, não ocorrendo registos de sismos de magnitude superior a 9,5.

As vibrações das rochas resultantes da passagem de ondas sísmicas junto à superfície topográfica podem causar graves danos às estruturas construídas

pelo Homem. Além do efeito directo das ondas sísmicas, ocorrem outros fenómenos associados capazes de produzir estragos significativos, nomeadamente, a ruptura superficial cossísmica da falha sismogénica, levantamento ou subsidência súbita do terreno em consequência da deformação cossísmica derivada da ruptura na falha, cedência do solo (por liquefacção, fracturação e assentamentos diferenciais), escorregamentos de vertente e, em áreas litorais, a ocorrência eventual de *tsunamis*. A actividade sísmica representa, assim, um importante perigo geológico que é necessário caracterizar. Esta necessidade é acentuada pelo carácter cíclico inerente ao fenómeno da sismogénese, expresso no modelo do ressalto elástico, e que determina que os sismos se repitam no tempo, embora geralmente de forma não periódica. Apesar da sua não periodicidade, associa-se frequentemente um intervalo de recorrência aos sismos de diferentes magnitudes que afectam uma dada área, devendo encarar-se esses períodos de retorno como valores médios.

Como a generalidade dos sismos de origem tectónica são gerados por deslocamento súbito em falhas, a identificação e caracterização das fontes sismogénicas numa região consiste essencialmente no reconhecimento das falhas activas geradoras da sismicidade regional e na caracterização da sua actividade. Neste contexto, consideram-se activas as falhas com evidências (geológicas, geofísicas e históricas) de deslocamentos suficientemente recentes para que exista probabilidade de se darem novos deslocamentos num futuro próximo. O estudo das falhas activas é do âmbito da Neotectónica, enquanto a Sismotectónica constitui um ramo interdisciplinar entre a Sismologia e a Neotectónica, cujo objectivo é estabelecer correlações entre parâmetros geológicos e sismológicos.

B - Falhas activas do Algarve

Quando é referido o potencial sismogénico do sul de Portugal continental está latente a noção de proximidade entre a costa algarvia, uma zona de fractura Açores-Gibraltar (fronteira das placas Euroasiática e Africana que segue uma direcção geral E-W) e uma zona activa de subducção que se estende pela margem continental Oeste da Península Ibérica (Dias & Cabral, 2005).

Para além deste contexto, motor da tectónica regional activa, devemos pesquisar também as fontes sismogénicas intraplacas que, embora não se desenvolvam para o interior do território algarvio, causaram já sismos de relativa intensidade (nos séculos XVIII e XIX foram registados sismos em Portimão, Tavira e Loulé) (Dias & Cabral, 2005).

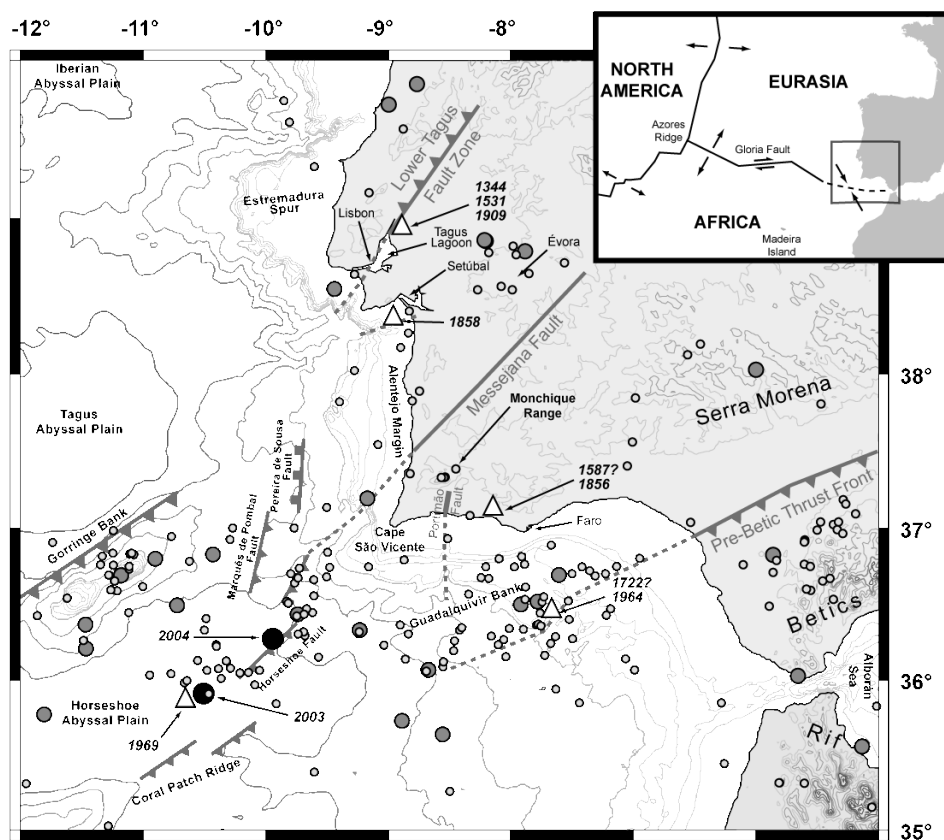
No entanto não podemos dizer que o potencial sismogénico da zona sul de Portugal seja elevado. Devemos apenas afirmar que se trata de uma sismicidade moderada, caracterizada por eventos frequentes de magnitude reduzida ($M < 5.0$) e mais raros eventos de magnitude elevada (Borges et al, 2001). Por outras palavras, a ordem de frequência sísmica é inversamente proporcional à sua magnitude.

Em linhas gerais os pontos sismogénicos mais importantes do pélago da zona sul portuguesa são o Banco de Guadalquivir, a Escarpa da Ferradura, a Planície Abissal da Ferradura, e o Banco de Gorringe. Esta zona de fronteira de placas, com uma evolução geodinâmica regional dominada por uma convergência lenta (cerca de 2mm por ano) e com uma orientação tendencialmente orientada de SE a NW, é necessariamente caracterizada por comportamentos tectónicos distintos (Senos & Carrilho: 2003). Se por um lado tem um regime compressivo na zona de Guadalquivir, por outro lado e à medida que se estende para Oeste vai ganhando um regime de desligamento lateral direito puro na zona do segmento central da falha Açores-Gibraltar.

Associada ao banco de Gorringe, a Sul, por um movimento provavelmente cisalhante, a falha activa do Marquês de Pombal foi descoberta em 1998 por Zitellini. E terá recebido este nome porque na altura da sua descoberta trouxe para cima da mesa uma nova hipótese de origem sísmica para o terramoto de

1755. Após estudos posteriores e criação de modelos computadorizados de propagação de ondas de tsunamis, descobriu-se que aquela falha, com apenas 90km de extensão, não teria força suficiente para produzir, sozinha, um sismo de magnitude tão elevada.

O que se dá como certo é que tenha sido nesta zona de contacto inter-placas que se verificaram os principais sismos históricos causadores de tsunamis (63 a.C., 382 e 1755). O que não se sabe com certeza é a origem epicêntrica do sismo de 1755.



Principais zonas sismogénicas da zona sul de Portugal (Grandin et al, 2007)

Aquele que talvez tenha sido o maior e mais devastador sismo da nossa História foi o do dia de todos os Santos em 1755. E embora se debata ainda a origem do epicentro deste evento catastrófico, sabe-se que terá sido gerado ou no banco de Goringe – dobra antiforma submersa de compressão activa, ou na zona de subducção a Oeste da Península Ibérica. Sismos como este, de tipo interplacas e gerados no mar, são sempre distantes mas podem atingir magnitudes capazes de gerar *tsunamis*.

No Algarve, são muitas as falhas classificadas como activas. Na zona mais Ocidental Algarvia estende-se o sistema de falhas **S. Teotónio-Aljezur-Sinceira-Ingrina**. Este sistema complexo apresenta movimentos de variados de falhas inversas e desligamentos. Tem uma orientação tendencial N-S.

Mais a Sul, rente ao Cabo de Sagres e perto da ponta da Baleeira, está a falha do **Martinhal**. Esta falha, com poucos km extensão, tem uma orientação E-W e é caracterizada por ser de desligamento.

Com orientação SW-NE a falha de **Barão de S. João** é, provavelmente, de movimentação vertical. A falha, que começa exactamente em Barão de S. João, estende-se durante alguns km para SW até deixar de ser visível, pelo que adopta a classificação de provável no seu troço mais próximo da linda de costa.

A falha **Espiche-Odiáxere** assume-se como provável, mas terá um movimento de desligamento. Com orientação WSW-ENE, é possível que esta falha tenha uma extensão de mais de 20 km.

A falha de **Lagos**, de orientação N-S, não deverá ser muito extensa (até 8km). Estendendo-se desde a praia de Porto de Mós até a Portelas, é uma falha activa inversa e aflora como estrutura em *graben*. Possivelmente associada a esta falha, está a dobra que se situa a NE desta. Esta deformação afectou os sedimentos plio-quaternários das Areias e Cascalheiras de Faro-Quarteira e está localizada na estrada Meia Praia - Albardeira.

A falha da **Ribeira de Odiáxere** foi classificada como sendo provável. Desconhece-se o seu tipo de movimentação, mas terá uma extensão curta e será orientada de SE a NW. Intercepta quase perpendicularmente a falha de Espiche-Odiáxere.

Igualmente provável é a falha do **Alvor**. Orienta-se de Sul para Norte e não deverá ter uma extensão superior a 10 km.

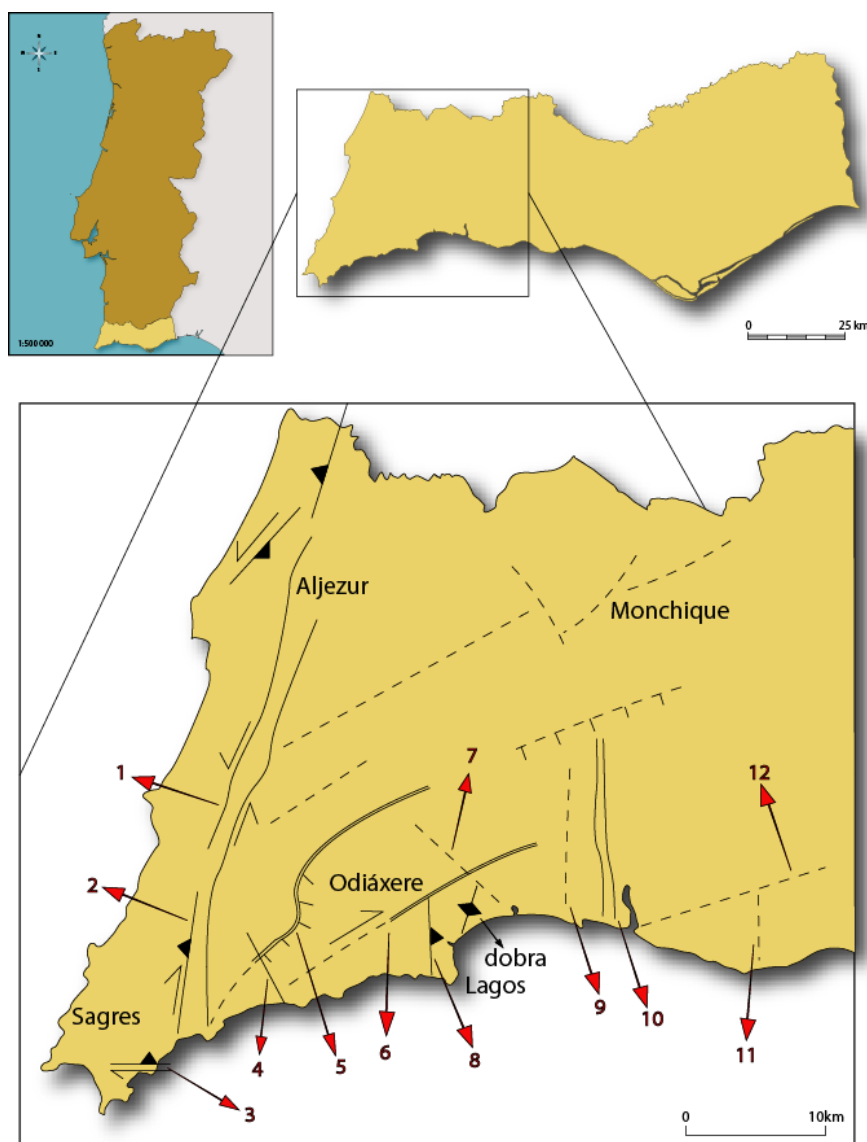
Paralelamente à falha do Alvor, e de idêntica extensão e orientação, estão dois alinhamentos paralelos – falha de **Portimão**. Esta falha parte de Portimão e prolonga-se para Norte durante mais de 10 km.

As falhas prováveis do **Ferragudo**, **Sr.^a do Carmo** e **Relvas**, mais a Este de Portimão, estarão todas relacionadas e apresentam orientações diferentes. Tanto a falha da Sr.^a do Carmo como a de Relvas (com orientação WSW-ENE) parecem partir da falha do Ferragudo para Sul.

A Oeste de Albufeira, estão três falhas activas inversas pouco extensas. A falha de **Rib.^a de Espiche**, a de **Vale Rabelho** e a falha da **Baleeira**. Tanto a de Vale Rabelho como a da Baleeira estender-se-ão WSW para ENE. Já a da Rib.^a de Espiche tem uma orientação quase recta de sentido N-S.

À medida que vamos caminhando para Este, podemos encontrar a falha de **Albufeira**. Com uma orientação N-S, esta falha com quase 20 km de comprimento é paralela à da **Oura** – esta provável e mais pequena em extensão. Quer uma como outra são interceptadas pela falha da **Mosqueira** que se orienta de WSW para ENE.

A falha de **S- Marcos – Quarteira**, é talvez a mais extensa de região do Algarve. Com mais de 40 km de comprimento, foi referenciada em 1907 por Choffat como tendo uma direcção geral NW-SE desde São Marcos da Serra até Quarteira. Prolongando-se para a área submersa na plataforma continental, “separa a Bacia Algarvia em dois blocos com comportamentos tectónicos diferentes” (Gonçalves, 2009: 56).



Principais falhas activas no SW de Portugal Continental

C - A deformação dos materiais

Por deformação de um corpo entende-se a ocorrência de deslocamentos de pontos tomados como referência no interior desse corpo relativamente a um referencial. Este conceito de deformação em sentido lato pode ser dividido em dois tipos principais: um em que não há modificação da forma do corpo, ou seja, em que os pontos se deslocam apenas relativamente a um referencial externo mantendo as suas posições relativas, englobando a rotação rígida e a translação, e um outro em que os pontos se deslocam relativamente a um referencial interno e modificam a sua posição relativa, havendo alteração de forma, ou seja, distorção. Esta pode ocorrer a volume constante ou variável. A distorção engloba, por sua vez, a deformação contínua, em que ocorre um gradiente contínuo dos deslocamentos dos pontos no espaço, e que se traduz frequentemente pela génese de dobramentos em superfícies e/ou linhas de referência que existam no interior do material deformado, e a deformação descontínua, em que ocorrem variações bruscas dos deslocamentos dos pontos no interior do material, de um lado para outro de discontinuidades mecânicas consistindo em fracturas de tracção ou de cisalhamento (respectivamente diaclases e falhas na terminologia geológica).

A deformação dos materiais, quaisquer que eles sejam, geológicos, arqueológicos, ou outros, deve-se à acção de forças que sobre eles actuem, ou melhor à acção de tensões, que correspondem à “densidade de força por superfície” (força/área). Com efeito, é bem conhecido que uma dada força actuando sobre superfícies com áreas distintas produz efeitos diferenciados, tanto mais intensos quanto menor for a área. Isto porque a mesma força se distribui por uma área menor, o que corresponde a uma maior “densidade de força” na superfície, conceito que é expresso, precisamente pela tensão que essa força exerce na superfície em causa. Conclui-se, pois, que a “eficiência” de uma força para produzir a deformação de um objecto é melhor expressa pela tensão que essa força exerce em superfícies que se considerem nesse objecto e que, portanto, a deformação se relaciona directamente com as tensões e não, simplesmente, com as forças.

O comportamento dos materiais face à acção de tensões depende de numerosos parâmetros, como a composição do material, a temperatura a que se encontra, a pressão confinante, a velocidade da deformação e a presença de fluidos que interactivam física e quimicamente sobre o material e os mecanismos da deformação.

D - Arqueossismologia - Algumas considerações gerais

É sabido que, para que se possam testemunhar com clareza as evidências arqueossismológicas, é necessário encontrar sítios arqueológicos que estejam localizados numa zona afectada por sismicidade. De alguma forma, esta é a umas das poucas certezas que se tem quando se aborda um estudo arqueossismológico, pois os resultados das modificações e deformações do registo arqueológico determinadas por sismos estão dependentes de um grande número de factores e parâmetros.

É, por isso, fundamental ter-se em conta que para haver sítios arqueológicos com *sismoturbação* visível e comprovável, será necessário que tenham sofrido os efeitos de vibrações sísmicas suficientemente intensas, o que implica a presença, ainda que relativamente afastada, de uma falha activa sismogénica capaz de, pela sua dimensão, gerar sismos de magnitude moderada a elevada (ver carta Neotectónica de Portugal Continental, Cabral e Ribeiro, 1988; Cabral 1995).

Não há, todavia, uma classificação estereotipada de todos os efeitos sísmicos nem nos edifícios e/ou monumentos antigos, nem na estratigrafia arqueológica (Guidoboni, 1996, p. 10). Para além disso, só para alguns sítios arqueológicos foi atribuída a classificação de sítio indubitavelmente arqueossismológico, uma vez que os efeitos sísmicos são difíceis de classificar.

No âmbito da actual arqueologia portuguesa, e uma vez que o estudo da arqueossismologia é ainda muito pouco desenvolvido, a consideração hipotética da descoberta sobreavisada de uma realidade arqueossismológica é ainda pouco provável, não por responsabilidade do/a arqueólogo/a, mas devido a um desconhecimento efectivo. A descoberta de “sítios arqueossismológicos”

nas escavações que ainda não concluíram a sua investigação e nas que, daqui para a frente, iniciarão a sua actividade, é uma das esperanças da investigação arqueossismológica em Portugal, bem como uma aposta obrigatória a curto prazo. Continuará, porém, a ser sempre difícil classificar paleossismos em contexto arqueológico ... *"without involving seismology, seismic engineering and geotechnics"* (Guidoboni, 1996, p. 11). A interdisciplinaridade é uma premissa essencial para a abordagem de um estudo como este.

Estado da Arte - Apontamentos sobre Arqueossismologia

São já alguns os conceitos avançados para definir a área da Arqueossismologia. Um dos que mais resume e explica a pertinência da duplicidade de interesse científico desta ciência (chamemos-lhe já assim) é aquele avançado por Stiros e Jones no qual se descreve a Arqueossismologia (doravante AS) como uma análise eventos sísmicos individuais a partir do registo arqueológico, que ocorreram num determinado momento durante um curto espaço de tempo e cujas acções tenham afectado um local construído e habitado pelo homem (Stiros & Jones, 1996).

Quando falamos em duplicidade científica da AS referimo-nos não só ao interesse vigente em desenvolver a área da sismologia, tema que carece de dados históricos mais recuados do que aqueles que são fornecidos por fontes escritas mas que ao mesmo tempo necessita de um mecanismo que reduza os horizontes cronológicos de eventos sísmicos pouco conhecidos – coisa que a Paleossismologia não consegue –, como também à necessidade cada vez maior de desenvolver novos mecanismos de interpretação arqueológica que possam explicar tanto as reestruturações habitacionais em sítios outrora povoados pelo Homem que por vezes se observam como possíveis abandonos e/ou instalações humanas de locais reocupados.

Muito embora possa ter surgido inicialmente como um importante contributo para a Sismologia no que concerne o maior conhecimento da paleossismicidade, a AS tem vindo a rejeitar o anterior papel de mecanismo exclusivamente auxiliar, em detrimento de um novo carácter, cada vez mais

específico e pormenorizado, de ciência descritiva e, portanto, individualizada. Apesar de contar com poucos anos de existência a sua mais-valia relacionada com o duplo interesse científico aliada à necessária multi-disciplinaridade das suas práticas, não só lhe fornece um carácter precoce e cada vez mais importante no mundo da ciência como também um papel cada vez mais destacado devido à sua singularidade de arte. É nesta conformidade que se justifica o objectivo deste estudo.

Outra das razões que motivou este trabalho foi a inexistência de estudos semelhantes em Portugal. Apesar do estágio embrionário desta ciência, a comunidade científica conta já com alguns trabalhos arqueossismológicos publicados em países onde a sismicidade é recorrente e, por isso, frequentemente estudada.

Sabemos que a zona de sul de Portugal continental é mais susceptível de risco sísmico e que por isso terá sofrido, ao longo da história, diversos eventos de destruição sísmica. “A posição geo-estrutural de Portugal continental confere-lhe uma elevada susceptibilidade à ocorrência de tremores de terra de elevada magnitude (terramotos), a que se podem associar maremotos (*tsunamis*)”. (Ramos-Pereira et al, 2008). Dada a falta de estudos do género, depressa sentimos a necessidade de abordar este tema, tendo como objecto de estudo a zona de Lagos – mais concretamente a foz da Ribeira de Bensafrim.

Quadro geral internacional

Num plano de referência internacional são já muitas as publicações que dão conta de testemunhos sísmicos em contexto arqueológico. O mesmo não se pode dizer em relação às análises específicas desses mesmos eventos destrutivos em contexto arqueológico.

A Arqueossismologia começou por ser uma área pouco valorizada e explorada por geólogos. Embora Lancini em 1918, Evans em 1928 e Karcz & Kafri em 1978 tenham publicado notas relacionadas com a implicação directa de sismos em sítios arqueológicos e estruturas antigas, talvez tenha sido o trabalho de Herrmann, Cheg & Nuttli em 1978 que primeiro mostrou o alcance da disciplina.

No entanto este trabalho admite a limitação de estudo por falta de dados arqueológicos que comprovassem as falhas geológicas observadas (vide Herrmann et al, 1978).

O desenvolvimento desta matéria, para uns ramo da Sismologia e para outros ramo da Geoarqueologia, deve-se sobretudo aos esforços de geólogos italianos, gregos e turcos que, de uma forma progressiva, têm vindo a valorizar esta nova ciência. Ficou claro que, em 1996 com a publicação do primeiro estudo sistemático de arqueossismologia – recolha alargada de casos europeus – por R. E. Jones e Stathis Stiros, a abordagem multi-disciplinar fundamental para este tipo área científica começava a ser praticada.

A Arqueossismologia, antes da criação do *Working Group 5 – Archaeoseismology* por parte da *European Seismological Commission* deste grupo de investigação, esteve condicionada pela falta de cooperação inter-disciplinar. Por um lado arqueólogos faziam pequenos relatórios de eventuais sismos que destruíram sítios arqueológicos. Por outro lado apareciam descrições de análise sísmica em contexto arqueológico, mas sem as devidas abordagens de unidade estratigráfica e registo . A criação deste grupo de trabalho conduziu à normalização unívoca das técnicas de procedimentos para casos de estudo deste género.

The archeology of Geological catastrophe, publicado em 2000 por Hancock & Stewarts, foi o último volume de trabalhos dedicados a esta matéria.

Dados que estavam os passos em direcção a uma regulamentação das práticas, com o primeiro *workshop* sobre Arqueossismologia, que teve lugar em Messina (Itália) em 2004, estava reunidas as condições para que esta área se passasse a chamar ciência.

Já neste século, a Arqueossismologia pode contar com os trabalhos dos italianos Fabrizio Galadini e Paolo Galli para atingir um desenvolvimento enorme devido aos muitos trabalhos publicados em revistas internacionais e facilmente consultáveis *online*. Continuando a metodologia da abordagem inter-disciplinar também Emanuela Guidoboni e Carla Bottari têm feito publicações regulares sobre a destruição sísmica em contextos históricos e arqueológicos.

Mais recentemente Klaus-G. Hinzen, e Spyros B. Pavlides, têm publicado artigos que domonstram bem a interligação da paleossismologia e da neotectónica com a arqueologia.

Quadro nacional

A Arqueossismologia em Portugal está bem mais débil. Esta razão de ser prende-se não só com a menor recorrência sísmica que o nosso país possui, mas também com pouca bibliografia feita até agora.

Com a intenção de desenvolver paralelamente as áreas da Geoarqueologia e da Sismologia, a fundação da faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa – LATTEX (Laboratório de Tectonofísica e Tectónica Experimental) – lançou o desafio ao antigo Instituto Português de Arqueologia para que se criasse uma bolsa de investigação para um programa chamado "Arqueossismologia de Portugal Continental" no âmbito de um projecto de investigação designado "Base de Dados SIG sobre a Sismotectónica em Portugal Continental", aprovado pela FCT em 2004.

"Uma das primeiras finalidades da tarefa proposta no projecto foi a construção de uma 'base de dados' sobre evidências arqueossismológicas em Portugal, a partir de uma abordagem interdisciplinar que incluísse geólogos, geoarqueólogos e arqueólogos" (Gomes et al, 2008:75).

Desta investigação, que durou um ano e meio, resultou a criação de uma lista de sítios arqueológicos com sinais prováveis de destruição sísmica, e a consequente publicação de um artigo nas *Comunicações Geológicas* do INETI.

Pretende-se, com esta tese, que a Arqueossismologia seja desenvolvida e aprofundada, e que, pelo menos, promova a difusão do conhecimento geoarqueológico pelas comunidades geomorfológicas e arqueológicas nacionais.

As evidências arqueossismológicas – deformações induzidas por sismos

A maior parte das evidências arqueológicas relativas à sismicidade não é, por si, unívoca: muitas das marcas deixadas em estruturas e estratificações arqueológicas são resultados de processos causados, de forma directa ou indirecta, por um sismo, mas nem sempre a presença destas evidências destrutivas é sinónimo de evento sísmico, uma vez que se tratam de um conjunto de caracteres e características que podem ter outro tipo de origem.

Os testemunhos de sismos passados em vestígios arqueológicos correspondem a evidências de deformações produzidas por esses eventos nos sítios arqueológicos. Como se referiu acima, essas deformações podem dever-se a acções diversas:

- a acção directa da ruptura superficial cossísmica da falha sismogénica que, nesse caso, terá que cruzar o sítio em causa, deslocando o terreno de forma permanente e destabilizando as estruturas situadas sobre, ou na proximidade imediata, do traço superficial da falha;
- o efeito directo das ondas sísmicas que percorrem o solo, cuja vibração gera forças e, consequentemente, tensões que actuam sobre o edificado produzindo a sua deformação e, eventualmente, o seu colapso parcial ou total;
- o efeito secundário desencadeado pela passagem das ondas sísmicas através de determinados tipos de solos e formações geológicas superficiais (materiais incoerentes, preferencialmente arenosos e saturados de água), produzindo a sua cedência por liquefacção, fracturação e/ou assentamentos diferenciais;
- o levantamento ou subsidência súbita do terreno em zonas envolventes à falha sismogénica, em consequência da deformação cossísmica derivada da ruptura na falha; em áreas costeiras, este efeito pode conduzir a submersão ou elevação súbita de locais portuários;
- a deslizamentos de terra desencadeados pelas vibrações sísmicas;
- em áreas litorais, ao efeito de *tsunamis* desencadeados por uma ruptura submarina da falha sismogénica.

Fotos Dispersas do Processo de investigação



Realização da sondagem com trado manual



Realização da sondagem com trado manual



Boca da sondagem submersa por subida de maré



Zona envolvente da sondagem e vista para o Monte Molião



Preparação do core para posterior divisão longitudinal



Divisão longitudinal longitudinal do core



Fase posterior da divisão e marcação das divisões centimétricas



Separação das areias e sedimentos finos com ajuda de filtro



Vista frontal da face externa do muro destruído



Aspecto do pavimento romano com materiais destruídos por derrube do muro