



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

CRONOLOGIA DAS FASES MAIS ANTIGAS DO ENCAIXE FLUVIAL DO TEJO EM PORTUGAL

Dissertação de Mestrado

Jorge Miguel Matos Cristovão

Mestrado em Técnicas de Arqueologia

(Área de Especialização em Geo - Arqueologia)

Tomar, Novembro de 2013



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Jorge Miguel Matos Cristovão

**CRONOLOGIA DAS FASES MAIS ANTIGAS
DO ENCAIXE FLUVIAL DO TEJO EM
PORTUGAL**

Dissertação de Mestrado

Orientado por:

Professor Doutor Pierluigi Rosina - Instituto Politécnico de Tomar

Júri:

Professor Doutor Silvério Figueiredo - Instituto Politécnico de Tomar

Professor Doutor António Martins - Universidade de Évora

Professor Doutor Pierluigi Rosina - Instituto Politécnico de Tomar

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Tomar
para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção
do grau de Mestre em Técnicas de Arqueologia.

Dedico este trabalho à minha família.

Resumo

Em Portugal, os terraços fluviais do rio Tejo têm na última década sido alvo de diversos estudos morfostratigráficos, com vista à construção de um quadro geocronológico. O interesse sobre os terraços fluviais não é exclusivamente relacionados com a geomorfologia, mas também para o estudo das ocupações humanas mais antigas do território. De facto os sítios mais antigos encontram-se neste tipo de depósitos. As limitações técnicas dos métodos de datação e a falta de restos fósseis impediram até são momento de ter uma cronologia fiável para as primeiras fases do encaixe fluvial. Apresenta-se nesta dissertação um quadro cronológicos para a incisão fluvial Quaternária do baixo Tejo, na zona de Vila Nova da Barquinha baseada nas recentes datações por Electron Spin Resonance (ESR) - Ressonância Electrónica de Spin. Foram obtidos resultados para quatros (T1-T3-T4 e T5) dos seis terraços que constituem a escadaria fluvial do Baixo Tejo. Utilizando a regressão linear para extrapolar a cronologia dos depósitos sem datação absoluta foi possível propor datas prováveis para os terraços T6 e T2 e também para o início da incisão fluvial, sobre a superfície culminante sedimentar. Desde modo foi possível estabelecer uma cronologia mais precisa para o começo da inversão desta bacia fluvial e a evolução do encaixe do rio Tejo no Quaternário. Os resultados obtidos para o início da incisão no Baixo Tejo (1,6Ma) aparentam ser sincrónico com outras bacias da Península Ibérica e da França, sugerindo que o processo de encaixe do Baixo Tejo está relacionado com os eventos climáticos a escala mundial.

Palavras-Chave: Baixo Rio Tejo, Terraços Fluviais Quaternários, Incisão Fluvial, Datação ESR, Ocupação Humana.

Abstract

In Portugal, in the last decade, the river terraces of the Tagus River have been the subject of several morpho-stratigraphical studies in order to build a geochronological framework. The interest on the river terraces are not exclusively related to geomorphology, but also to study the earliest human occupations of a territory. In fact the oldest sites are in this type of deposits. So far the technical limitations of dating methods and the lack of fossil remains prevented obtaining a reliable chronology for the early stages of the river evolution. In this paper is presented a chronological framework for the Quaternary fluvial incision in the lower Tagus basin, in the area of Vila Nova da Barquinha based on recent datings by Electron Spin Resonance (ESR) - Electron Spin Resonance. Results were obtained for four (T1 -T3 -T4 and T5) of the six terraces of the Lower Tagus river staircase. Using linear regression to extrapolate the chronology of deposits without absolute dating was possible to propose probable dates for the T6 and T2 terraces and also to the beginning of fluvial incision on the culminant surface of the sedimentary basin; In this way it was possible to establish a more precise chronology for the start of the basin inversion and the evolution Of the Tagus River in the Quaternary. The results for the onset of incision in the Lower Tagus (1.6 Ma) appear to be synchronous with other basins of the Iberian Peninsula and France, suggesting that the process of the Lower Tagus fitting is related to climates events worldwide.

Keywords: Lower Tagus River, Quaternary Fluvial Terraces; Fluvial Incision, ESR dating, Human occupation.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à minha família nas pessoas dos meus pais e da minha irmã, cujo apoio incondicional foi sempre um pilar no meu percurso académico.

Em segundo lugar ao meu orientador, o Professor Doutor Pierluigi Rosina, por toda a ajuda e esclarecimentos prestados na elaboração desta dissertação, sem os quais este trabalho não seria possível.

Ao Professor Doutor Sérgio Nunes pelos esclarecimentos relativos à regressão linear.

Ao Professor Doutor Silvério Figueiredo pelos esclarecimentos e ajuda na elaboração das análises sedimentológicas.

Um especial agradecimento ao Hugo Gomes, pela amizade, incentivo, apoio e por toda a disponibilidade demonstrada em ajudar com comentários, críticas, bibliografia, e acompanhamento nas saídas de campo, sem os quais a realização deste trabalho seria muito mais difícil.

À Doutora Ana Rosa Cruz, à Mestre Ana Graça e à D. Paula, do Centro de Pré-História do Instituto Politécnico de Tomar, pela disponibilização das instalações, material e todas as ajudas.

Ao Museu de Arte Pré-Histórica e do Sagrado no Vale do Tejo, ao Instituto Terra e Memória, ambos em Mação, nas pessoas da Sara Cura, Pedro Cura, pela oneração de material de campo, bibliografia, e os mais variados ensinamentos com os quais me inspiraram a fazer um trabalho melhor. Também um agradecimento à Anabela, Margarida, Isabel, D. Isabel que ao longo destes dois anos de mestrado sempre demonstraram disponibilidade para me auxiliar nas mais diversas ocasiões.

Ao Centro de Interpretação de Arqueologia do Alto Ribatejo, pela oneração de material de campo, nas pessoas da Cidália Delgado, e também na do professor José Gomes†, cuja personalidade característica e gosto pela arqueologia, em conjunto com os ensinamentos muito contribuíram para aumentar o meu gosto pela arqueologia.

A todos os professores da licenciatura e mestrado com os quais contactei nestes últimos anos, cujo entusiasmo e dedicação são uma inspiração.

A todos os colegas e amigos dos mestrados MTA/MAPHAR/IMQP, da mobilidade e do Laurea duplo titolo que passaram por Mação, com os quais partilhei muitas e boas experiências académicas e pessoais.

Um especial agradecimento ao Thalison Santos e ao Kahir Abdul, que apesar de estarem atarefados com as fases finais dos seus trabalhos ainda conseguiam encontrar tempo para me motivar e animar.

Um muito especial agradecimento também ao Jedson Cerezer e à Sara Garcês pelo companheirismo, amizade pelas muitas discussões destes últimos dois anos.

Um muito especial agradecimento também para todos amigos com quem partilhei 3 excelentes anos em Tomar, em especial para o Aurélien Mota, Cátia Fernandes, Mickael Pereira, Paulo Chorinca, Pedro Isidoro, Rita Pimenta e Vasco Marques; e todos os outros amigos da “família” Resi.

Um reconhecimento e agradecimento especial também à Sónia Segurado por toda a motivação e apoio que me deu na fase inicial deste trabalho e também à Elodie Terrier por todo o apoio e motivação que me ajudaram a ir mais além.

A todos um muito obrigado.

Índice

Resumo.....	VII
Abstract	IX
Agradecimentos	XI
Índice	XIII
Índice de Figuras.....	XV
Índice de Tabelas	XIX
Índice de Gráficos.....	XXI
Lista de Abreviaturas e Siglas	XXII
Capítulo I	1
1.1 – Introdução	1
Capítulo 2 - Enquadramentos Teóricos	5
2.1 – Terraços Fluviais	5
2.2 – Incisão Fluvial	11
2.3- Métodos de Datação em Contexto Fluvial.....	14
2.3.1 - Datações Relativas	15
2.3.2- Datações Absolutas	16
2.4 - Sítios Arqueológicos em Terraços Fluviais: algumas considerações	21
Capítulo III - Enquadramentos Físicos	33
3.1 – Definição da Área de Estudo.....	33
3.2 - Contexto Geológico, Geomorfológico, Litológico e Hidrológico	35
3.2.1- Contexto Geológico	35
3.2.2 - Contexto Geomorfológico.....	43
3.2.3 - Contexto Litológico.....	47
3.2.4 - Contexto Hidrográfico	49
3.3 - Estudos Prévios.....	53
3.3.1 - Portugal	53
3.3.2 - Espanha	56
3.4 – Quadro das Datações ESR	59
Capítulo IV - Metodologias	61
4.1- Trabalho de Campo.....	61
4.2- Trabalho de Laboratório	62

4.3- Trabalho de Gabinete.....	64
4.3.1- Discussão das Datações.....	64
4.3.2 – Extrapolação das Datas para as Fases mais Antigas do Encaixe Fluvial	64
4.3.3 - Taxas de Incisão	65
4.3.4 – Elaboração de Cartografia Temática (SIG) e Perfis Topográficos.....	66
4.3.5- Análise dos Dados Granulométricos	67
Capítulo V - Resultados e Discussão	69
5.1 – Sítios Datados – Localização e Descrição Sumária dos Respetivos Cortes.....	69
5.1.1- Madeiras	71
5.1.2- Tancos	73
5.1.3- Carregueira	76
5.1.4- Barquinha Capela Roque Amador (Bcr) 1 e 2	78
5.1.5 - Ribeira da Ponte da Pedra 1 - 2 (Base T4) & 3 (Topo T5)	84
5.1.6- Algumas Considerações sobre os Resultados Granulométricos	89
5.2 – Discussão das Datações ESR	91
5.3 – Extrapolação e Discussão das Datas para a Primeira Fase do Encaixe Fluvial .	96
5.4- Validade das Datas Extrapoladas.....	102
5.4 – Taxas de Incisão	103
5.6- Os Terraços mais Antigos do Tejo e a Ausência de Indústrias Líticas nos seus Depósitos.....	105
Capítulo VI	111
6.1- Considerações Finais e Perspectivas Futuras.....	111
6.2 – Referências Bibliográficas	117

Índice de Figuras

Figura 1 - Exemplo da influência de uma falha sobre uma escadaria de terraços na zona de Tien Shan, Quirguistão.	7
Figura 2 - Gráfico de correlação entre tamanho dos sedimentos e a velocidade da água.	7
Figura 3 - Exemplo de uma secção de um vale ilustrando uma possível sequência de terraços fluviais.....	9
Figura 4 - Modelo teórico explicativo da formação de terraços fluviais sob o motor das variações climáticas.	10
Figura 5 - Fatores que condicionam a evolução fluvial.....	11
Figura 6 - Ilustração esquemática de um knickpoint, num dos afluentes do rio Waipaoa, Nova Zelândia.....	13
Figura 7 - Exemplo de um modelo de evolução do encaixe fluvial com assento na alteração do nível de base e com exemplo de migração do knickpoint.....	13
Figura 8 - Estádios Isotópicos Marinhos (MIS) do Quaternário	16
Figura 9 - Esquema exemplificativo da aplicação da metodologia ESR, neste caso em corais e conchas	19
Figura 10 - Resultados demonstrativos da experimentação levada a cabo por GROSMAN <i>et al</i> , (2011), com o intuito de verificar as possíveis alterações a que os artefactos líticos podem ser sujeitos durante o transporte fluvial.	27
Figura 11 - - Foto geral do contexto arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra.	31
Figura 12 - Estratigrafia simplificada do lado Sul do contexto arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra.....	32
Figura 13 - Exemplo de material lítico do contexto arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra	32
Figura 14 - Localização e concelhos do Alto Ribatejo, Portugal Central no território nacional, com indicação da área de estudo e as localizações onde as datações ESR foram realizadas	33

Figura 15 - Divisão da Península Ibérica nas suas unidades morfo-estruturais.....	35
Figura 16 - Mapa das três principais unidades geológicas morfo estruturantes de Portugal.....	36
Figura 17 - Mapa geológico simplificado da Bacia do Baixo Tejo Português	39
Figura 18 - Exemplos de depósitos tipo <i>rañas</i>	41
Figura 19 - Mapa dos terraços na área de estudo.....	44
Figura 20 - Perfil topográfico (x12) exemplificativo das diferenças altimétricas da escadaria de terraços do Tejo, na área de estudo, entre a margem Norte e a margem Sul / Este.....	47
Figura 21 - Mapa da composição litológica da área de estudo.....	48
Figura 22 - Mapa hidrográfico e hipsométrico com os principais cursos de água da área de estudo sobre MDT.....	49
Figura 23 - Bacia Hidrográfica do Tejo.....	50
Figura 24 - Perfil longitudinal simplificado do Rio Tejo	51
Figura 25 - Representação das principais bacias hidrográficas da Península Ibérica.....	58
Figura 26 - Recolha das amostras para datação e medição da dose externa com recurso a espectrómetro gamma portátil.	60
Figura 27 - Agitador de peneiros e estufa usados no trabalho de laboratório.....	64
Figura 28 - Exemplo para representação dum dado perfil topográfico	67
Figura 29 - – MDT da área de estudo com a localização dos depósitos datados.....	70
Figura 30 - Localização do corte Madeiras.....	71
Figura 31 - Corte Madeiras	71
Figura 32 - Localização do corte de Tancos.....	73
Figura 33 - Perfil topográfico (x12) com exemplo da escadaria de Terraços da zona de Tancos e Madeiras	74

Figura 34 - Corte Tancos	74
Figura 35 - Localização da Pedreira/ Areeiro da Carregueira.	76
Figura 36 - Perfil topográfico (x12) com exemplo da escadaria de Terraços na zona da Carregueira.....	77
Figura 37 - Corte Carregueira (topo) na altura da recolha das amostras.	77
Figura 38 - Panorama geral da pedreira em 2009	77
Figura 39 - Panorama geral da pedreira em 2012.....	78
Figura 40 - Localização do corte Bcr.....	78
Figura 41 - Perfil topográfico (x12) com exemplo da escadaria de Terraços na zona Bcr.	79
Figura 42 - Panorâmica do corte Bcr	79
Figura 43 - Corte Bcr1	80
Figura 44 - Corte parcial Bcr2	82
Figura 45 - Localização do sítio arqueológico Ribeira da Ponte da Pedra	84
Figura 46 - Perfil topográfico (x12) com exemplo da escadaria de Terraços na zona RPP.	84
Figura 47 - Corte Rpp base T4	85
Figura 48 - Terraço T5 na Rpp	88
Figura 49 - Camada basal do terraço T4 no sítio arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra	94
Figura 50 - Esquema exemplificativo da escadaria de terraços do Tejo na área de estudo com datas ESR (ka).....	95
Figura 51 - Esquema da escadaria de terraços da bacia do Tejo espanhol com referência aos respectivos sítios arqueológicos.	108

Figura 52 - Escadaria de terraços da área do estudo e possível correlação cronológica com os terraços do Tejo espanhol.....	113
Figura 53 - Quadro cronológico com proposta de cronologia para as fases mais antigas do Tejo em Portugal, com referência aos maiores rios da P. Ibérica.....	116

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Sumarização dos métodos de datação de possível aplicação a terraços fluviais quaternários com base no alcance cronológico dos mesmos	20
Tabela 2 - Indicação de alguns contextos arqueológicos e paleontológicos em terraços fluviais Quaternários, com cronologia próxima ou superior a 300ka, a nível Ibérico, Europeu, Médio-oriental, Índia e África	30
Tabela 3 - Esquema estratigráfico dos sectores intermédio e proximal da Bacia do Baixo, para o final do Neogénico e Quaternário	40
Tabela 4 - Sumário dos terraços do rio Tejo nos troços III e IV	46
Tabela 5 - Dados radiométricos das amostras recolhidas	59
Tabela 6 - Resultados das datações ESR obtidas para os diferentes terraços analisados.	60
Tabela 7 - Descrição das camadas do corte de Madeiras onde a amostra foi retirada....	72
Tabela 8 - Caracterização sedimentar da amostra Madeiras.....	72
Tabela 9 - Descrição das camadas do corte Tancos onde a amostra foi retirada.....	75
Tabela 10 - Caracterização sedimentar da amostra Tancos	75
Tabela 11 - Descrição das camadas da zona do corte Bcr 1 onde a amostra foi retirada	80
Tabela 12 - Caracterização sedimentar da amostra Bcr 1.....	81
Tabela 13 - Descrição das camadas do corte parcial Bcr2 da zona onde a amostra foi retirada.	82
Tabela 14 - Caracterização sedimentar da amostra Bcr 2.....	83
Tabela 15 - Descrição das camadas do corte Rpp1 onde as amostras foram retiradas...	85
Tabela 16 - Caracterização sedimentar da amostra Rpp 1.....	86
Tabela 17 - Caracterização sedimentar da amostra Rpp 2.....	87

Tabela 18 - Descrição das camadas do corte adjacente à superfície onde a amostra Rpp 3 foi retirada	89
Tabela 19 - Quadro das datações para a área de estudo.....	91
Tabela 20 - Quadro com cotas usadas, datas ESR e datas prováveis obtidas por extrapolação	96
Tabela 21 - Comparação entre os exercícios de extrapolação com datação do T1 e sem Datação do T1	102
Tabela 22 - Taxas de incisão calculadas para os terraços da área de estudo.	103
Tabela 23 - Sítios arqueológicos com ocupação mais antiga da bacia do Baixo Tejo.	106
Tabela 24 - Quadro com correspondência cronológica relativa aos Terraços do Baixo Tejo na área de estudo com os MIS	111

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Gráfico da distribuição de granulometrias da amostra de Madeiras	73
Gráfico 2 - Gráfico da distribuição de granulometrias de Tancos	76
Gráfico 3 - Gráfico da distribuição de granulometrias da amostra Bcr 1	81
Gráfico 4 - Gráfico da distribuição de granulometrias da amostra Bcr 2	83
Gráfico 5 - Gráfico da distribuição de granulometrias da amostra Rpp 1	86
Gráfico 6 - Gráfico da distribuição de granulometrias da amostra Rpp 2	87
Gráfico 7 - Gráfico com as datações ESR e respectiva linha de tendência.	96

Lista de Abreviaturas e Siglas

- A.n.m - Acima do nível médio da água do mar
- Bcr- Barquinha Capela Roque Amador
- Bl - Percentagem máxima de *bleaching*
- CAOP- Carta Administrativa Oficial de Portugal
- De - Dose arqueológica equivalente
- DES- Datação com base na Exposição da Superfície
- DGT - Direção-Geral do Território
- ESR - *Electron Spin Resonance*
- IGCP - *International Geoscience Programme*
- IRSL - *Infrared Stimulated Luminescence*
- MDT - Modelo Digital de Terreno
- MIS - *Marine Isotope Stages*
- MNHN - *Muséum national d'Histoire naturelle*
- MPS – *Medium Pebble Size*
- NCT - Nuclídeos Cosmogénicos Terrestres
- OSL - *Optically Stimulated Luminescence*
- P.al.a- Planície aluvial actual
- RPM - Revolução do Plistoceno Médio
- RPP - Ribeira da ponte da Pedra
- SCS – Superfície Culinante de origem Sedimentar
- TL - Termoluminescência
- W% - Quantidade de água presente no sedimento;

Capítulo I

1.1 – Introdução

Com a sua nascente na Serra de Albarracin, o rio Tejo com 1200 km de extensão e uma bacia hidrográfica com 81, 547km² de área (BENITO, 2003b), apresenta-se como o maior rio da Península Ibérica. Com a sua nascente na zona centro Este de Espanha e foz em Lisboa, atravessa grande parte da Península Ibérica. Devido à posição transversal que tem no território ibérico tem sido estudado não só de um ponto de vista geomorfológico mas também arqueológico, já que algumas das ocupações humanas mais antigas que se conhecem a Oeste da Península podem ser encontradas na área da bacia hidrográfica do Tejo em estreita relação com o curso principal do rio (SANTISTEBAN & SCHULTE, 2007; MARTINS *et al.*, 2010b).

Os rios são elementos ativos de um território no sentido que moldam a paisagem onde se inserem, à medida que se encaixam no território, numa evolução condicionada por fatores de ordem climática e tectónica. No decorrer da evolução fluvial, são criados depósitos sedimentares, conhecidos como terraços fluviais (MARTINS & CUNHA, 2009) que surgem como reflexo da evolução do rio e que vão dominar e compor o leito tornando-se importantes marcadores geomorfológicos, como é o caso dos aluviões e coluviões terraços fluviais, sendo estes últimos o objecto em estudo.

Os terraços fluviais, devido à sua natureza de depósito, encerram em si clastos de entre os quais é possível encontrar materiais antrópicos (indústria lítica) cujo estudo permite compreender melhor a ocupação humana no território.

Geomorfologicamente, os terraços fluviais são particularmente aplicáveis no estudo das alterações climáticas do Quaternário, já que se formam como reflexo das mesmas, encerrando em si, informações relativas às alterações do nível de base e tectónica regional.

Deste modo ao estudar o quadro geral de uma escadaria de terraços fluviais, é possível obter informações que permitam compreender e esclarecer questões relativas não só à evolução do encaixe do rio mas também relativas à evolução da ocupação humana no território. Com a conjugação e interpretação destas informações é possível criar um quadro cronológico.

Na parte espanhola do Tejo, foram identificados até à data um conjunto de 23 terraços, sendo que destes apenas 13 pertencem diretamente ao rio Tejo, com os restantes a pertencerem aos principais afluentes do Tejo (BRIDGLAND *et al.*, 2006; SANTISTEBAN & SCHULTE, 2007). Na zona do baixo Tejo, que se localiza em Portugal, foram identificados diversos segmentos da escadaria de terraços que apresenta seis degraus bem desenvolvidos e que, do antigo para o mais recente, se denominaram de T1 a T6 (MARTINS *et al.*, 2009a).

Nos últimos anos, para além dos estudos realizados na zona mais baixa do rio Tejo (VAN DER SCHRIEK *et al.*, 2007; VIS *et al.*, 2008) também para a zona centro e Este do rio Tejo em Portugal têm sido realizados uma série de estudos geomorfológicos que permitiram definir e caracterizar com bastante precisão a escadaria de terraços bem como a elaboração de um quadro cronológico para a parte final da evolução do encaixe da rede hidrográfica do rio Tejo em Portugal (CUNHA *et al.*, 2005; CUNHA *et al.*, 2008; MARTINS *et al.*, 2009a,b; MARTINS *et al.*, 2010a,b; CUNHA *et al.*, 2012). Contudo para os primeiros degraus da evolução fluvial não tem sido possível obter uma ainda bem definida janela cronológica.

As primeiras fases do encaixe fluvial do Rio Tejo em Portugal ocorrem sobre os depósitos da superfície culminante de origem sedimentar (SCS) que resulta do enchimento Cenozoico da bacia Tejo-Sado (PIMENTEL & AZEVEDO, 1990; MARTINS, 1999; PAIS *et al.*, 2010, 2012). Após o início da incisão fluvial sobre a SCS, a primeira fase do encaixe fluvial é marcada pelo terraço T1 que se correlaciona lateralmente com uma superfície de erosão denominada N1 (MARTINS 1999, 2001;

MARTINS *et al.*, 2009a, 2010b), que representa provavelmente um momento de equilíbrio que não deixou depósitos. A seguir a esta fase e à medida que o encaixe fluvial evolui, formam-se os restantes degraus na forma dos terraços T2, T3, T4, T5 e T6. Estes terraços são o resultado de uma geodinâmica fluvial que tem sido relacionada com as oscilações climáticas, em detrimento do antigamente usado modelo alpino, tentando-se associar as diversas fases do encaixe da rede hidrográfica, representadas pelos terraços, com as flutuações glacio-eustáticas através dos Estádios Isotópicos Marinhos (Marine Isotope Stages - MIS) como sugerido por BRIDGLAND *et al.* (2004).

Em Portugal as características sedimentares dos terraços do Tejo não são as ideais para a preservação de materiais orgânicos e/ou faunísticos, o que inviabiliza a datação de materiais orgânicos faunísticos (MARTINS, 2010a). Devido a esta situação, para o estudo cronológico das sequências sedimentares quaternárias do rio Tejo, têm sido empregues métodos de datação assentes em Luminescência e nas Séries de Urânio (CUNHA *et al.*, 2008, 2012; DIAS *et al.*, 2009; MARTINS *et al.*, 2009a, MARTINS *et al.*, 2010a, b; RAPOSO, 1995).

Contudo e devido às limitações destes métodos, não tem sido possível datar os terraços mais antigos (T1, T2, T3) e anteriores fases do início do encaixe fluvial (MARTINS & CUNHA, 2009). Situação que aparenta ser comum nos maiores rios da Península Ibérica e também em algumas bacias em Espanha (SANTISTEBAN & SCHULTE, 2007)

Numa tentativa de obter datas para as referidas fases tornou-se necessário aplicar um método de datação que possibilita-se um maior alcance cronológico e consequentemente permite-se obter uma atribuição cronológica absoluta para as fases mais antigas da evolução da escadaria de terraços do Tejo português, mais especificamente para o início da incisão sobre a SCS e os terraços T1, T2 e T3.

Em 2009, no decorrer duma colaboração com o Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, França, procedeu-se à realização de uma série de datações por Ressonância Electrónica de Spin (*Electron Spin Resonance* - ESR), divididas pelos terraços T1, T3, T4 e T5 da região do médio Tejo português. A escolha da aplicação da datação por ESR advém da sua bem-sucedida aplicação em sistemas fluviais das bacias dos rios Somme e Loire em França (VOINCHET *et al.*, 2004; BAHAIN *et al.*, 2007; VOINCHET *et al.*, 2010).

Esta dissertação surge como resposta à necessidade urgente do enquadramento das mesmas no quadro cronológico do baixo Tejo, uma vez que com as datas obtidas, principalmente com a primeira datação absoluta para o terraço T1, é agora possível tentar compreender melhor a evolução da escadaria bem como tentar obter cronologias prováveis para os primeiros episódios do encaixe fluvial do Tejo ainda não datados (início da inversão da bacia e terraço T2), ponto que se apresenta como o objetivo primordial deste trabalho. Deste modo tenta-se balizar cronologicamente o início da incisão fluvial na região bem como realizar o respetivo confronto dos resultados obtidos com as cronologias prováveis já apresentadas para a problemática do início da incisão fluvial a nível ibérico e francês. Secundariamente realiza-se a discussão e enquadramento das recentes datações ESR confrontando-as com as datações já existentes. Paralelamente com os dados obtidos tenta-se verificar o ritmo da evolução através do cálculo das taxas de incisão comparando-se os valores obtidos com as taxas prévias apresentadas para os degraus mais recentes. A título complementar também se apresenta um estudo sedimentar de carácter preliminar das camadas datadas. Discutindo-se também a questão da possível não presença de materiais antrópicos nos terraços fluviais mais antigos, incidindo mais concretamente sobre os sítios arqueológicos que apresentam os indícios de ocupação humana mais antigos, encontrados até ao momento no rio Tejo em Portugal. No final tenta-se elaborar um quadro cronológico o mais completo possível não só para as primeiras fases do encaixe fluvial mas também para toda a escadaria de terraços para a zona central do Tejo português.

Capítulo 2 - Enquadramentos Teóricos

2.1 – Terraços Fluviais

Os terraços fluviais constituem um importante registo geomorfológico das alterações climáticas ocorridas durante o Quaternário (BRIDGLAND, 2000). De uma forma genérica pode-se definir os terraços fluviais como sendo uma “*superfície topográfica de origem fluvial que domina o leito de um curso de água e é constituído por sedimentos aluviais. A formação dum terraço fluvial resulta da acção de fenómenos de deposição, a erosão e incisão. Sendo que este fenómenos são influenciados pelas oscilações eustáticas, oscilações climáticas e pela tectónica regional*” (ROSINA, 2011).

Os terraços fluviais podem ser estudados com recurso a várias técnicas, como por ex. SIG usando dados GPS, SRTM e MDT; através das ocupações humanas, com o respetivo registo arqueológico a fornecer importantes informações; e também através dos métodos de datação (Rádio Carbono, OSL, TL, ESR, Nuclídeos Cosmogénicos, e K-Ar) (STOKES *et al.*, 2012).

A superfície topográfica referida como terraço fluvial consiste na realidade na planície de inundação referente a um rio que corria a uma altura mais elevada do que atualmente, onde a alteração no nível de base e consequente incisão fluvial ocorreu devido à acção dos fenómenos supra-identificados (MERRITTS, 2007, MERRITTS *et al.*, 1994).

No conjunto de uma escadaria de terraços e de acordo com MARTINS & CUNHA (2009) e ROSINA (2004), é possível identificar dois tipos de terraços fluviais. Os terraços de patamar rochoso (STRATH) e os terraços de acumulação, sendo estes últimos os mais comuns. Os terraços de patamar rochoso resultam de erosão significativa dos depósitos prévios pondo a descoberto o soco rochoso de uma dada zona. Pelo contrário, o terraço de acumulação resulta de uma falta de energia fluvial suficientemente forte para promover o transporte da carga de fundo e consequentemente o curso de água entra em desequilíbrio hídrico promovendo a aggradação dos sedimentos e a formação dos depósitos.

Dependendo do substrato geológico e se existiu ou não um alargamento do vale base, a escadaria estará mais ou menos presente, podendo mesmo em certas zonas estar totalmente ausente (MARTINS *et al.*, 2009a; MARTINS & CUNHA, 2009). Com efeito a superfície dum terraço fluvial representa um episódio de equilíbrio num dado momento, onde o curso de água apresenta um equilíbrio hídrico e um perfil regularizado que permite o alargamento do vale. Para que se crie o equilíbrio hídrico referido torna-se necessário uma estabilidade de três fatores condicionantes da formação dos terraços fluviais (MARTINS & CUNHA, 2009), nomeadamente: a altitude da planície aluvial; o volume de água; e a quantidade de sedimento presente na corrente (MERRITTS, 2007).

Deste modo quando a condição de um destes fatores é alterada, altera-se o estado de equilíbrio, obrigando o rio a ajustar-se podendo formar uma nova planície aluvial a menor ou maior altitude que a anterior. A alteração do equilíbrio fluvial, conjugado por estes fatores, originará perturbações que poderão levar a episódios de erosão e/ou deposição que se estenderão por toda a extensão do curso de água e por conseguinte originar a formação de um novo terraço. (MERRITTS, 2007).

Deste modo MERRITTS (2007) indica que a perturbação dos fatores que regem o equilíbrio hídrico, no caso da altitude da planície aluvial, podem ocorrer por ação da tectónica regional como é o caso de fenómenos subtis de uplift (MADDY, 1997), inclinação, falhas (Fig. 1) e possíveis dobras.

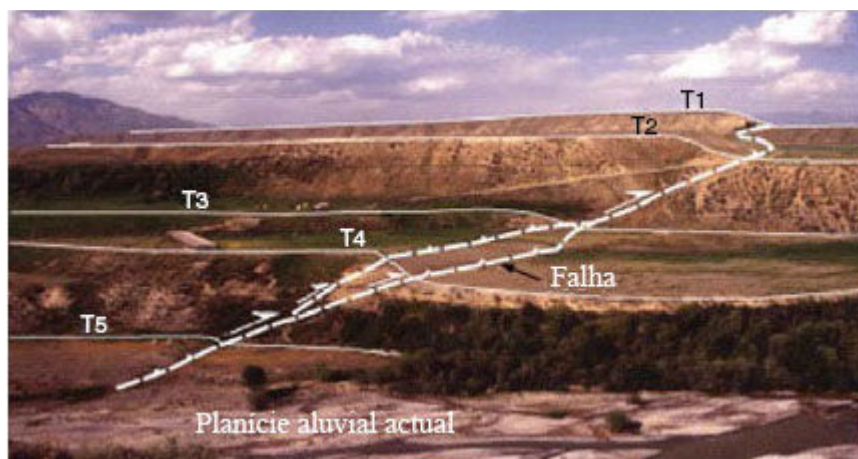


Figura 1 - Exemplo da influência de uma falha sobre uma escadaria de terraços na zona de Tien Shan, Quirguistão. Adaptado de MERRITTS (2007).

No caso dos outros dois fatores, a sua estabilidade pode ser alterada em conjunto pelas variações climáticas. No caso do volume de água, o volume desta pode diminuir ou aumentar em consonância com as oscilações eustáticas e consequentemente provocar incisão ou deposição de sedimentos na planície aluvial (Fig. 2).

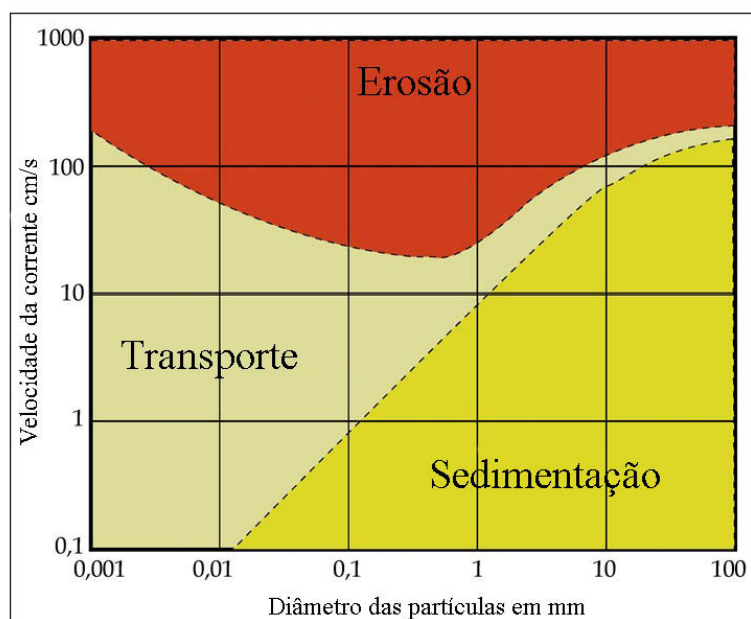


Figura 2 - Gráfico de correlação entre tamanho dos sedimentos e a velocidade da água. Adaptado de VOINCHET *et al.* (s.d).

Relativamente à quantidade de sedimento disponível esta será proporcional ao tipo de vegetação e consequente nível de coberto vegetal que poderá permitir uma maior ou menor erosão do solo que proporcionalmente afetará a quantidade de sedimentos

presentes num curso de água e a consequente deposição sedimentar (MERRITTS, 2007). Com isto evidencia-se que os dois motores responsáveis pela formação dos terraços fluviais, são a tectónica regional e as variações climáticas (Fig.4) de grande amplitude como aquelas ocorridas durante o Quaternário (BRIDGLAND, 2004).

A ação conjunta destes dois motores vão influenciar, e caso provoquem um desequilíbrio hídrico, forçando os sistemas fluviais a rearranjar-se de modo a entrarem em equilíbrio em cotas diferentes do plano de equilíbrio prévio (MARTINS & CUNHA, 2009).

Torna-se necessária a ação combinada destes dois motores para a formação dos terraços fluviais, onde numa zona apenas um destes motores se manifestar por si só, não irá formar-se um terraço fluvial, será sempre necessária a ação conjunta dos dois. Em zonas de subsidência, não ocorrerá a formação da clássica escadaria de terraços fluviais, e os terraços formar-se-ão de forma embutida. E em zonas de uplift, formariam se as escadarias de terraços (BRIDGLAND, 2000; BRIDGLAND *et al.*, 2004; BRIDGLAND & WESTAWAY, 2008).

Uma revisão extensa das várias teorias relativas à formação de terraços fluviais é apresentada por HOSFIELD & CHAMBERS (2004).

Deste modo verifica-se que em zonas propícias, as sucessivas alterações climáticas características do Quaternário em combinação com os movimentos da tectónica regional irão criar uma escadaria de terraços perpendicular ao vale do curso de água e que no caso de estar completa e “bem conservada” evidenciará os vários períodos de incisão, alargamento do vale e agradação sedimentar (Fig. 3) (MARTINS & CUNHA, 2009).

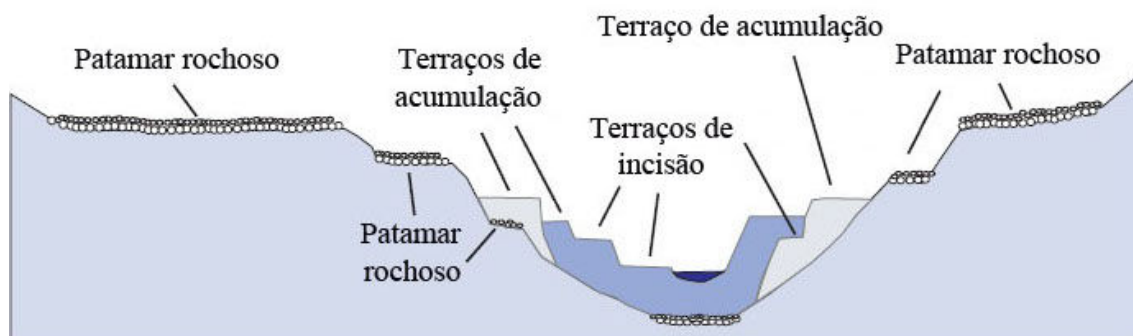


Figura 3 - Exemplo de uma secção de um vale ilustrando uma possível sequência de terraços fluviais.

Adaptado de MERRITTS (2007).

Em zonas onde a escadaria esteja presente e mais ou menos completa torna-se possível o estudo das suas características de modo a tentar compreender a evolução da mesma no contexto do vale onde se insere e ainda analisar um registo físico das variações climáticas Quaternárias das quais os terraços fluviais são o melhor reflexo, uma vez que a sua formação é consequência direta das mesmas.

De acordo WESTAWAY *et al.* (2009) as bem definidas e datadas escadarias de terraços foram formadas no último milhão de anos, em sintonia com os ciclos climáticos de excentricidade com 100ka de duração, que se tornaram regra há cerca de 800Ka após a Revolução do Plistocénico Médio (RPM). Também de referir que foi a partir da RPM que os rios começaram a mudar, formando vales cada vez mais estreitos, deixando para trás os seus paleovales mais largos, fenómeno que se regista não só nos sistemas fluviais europeus mas também em outros a nível mundial (WESTAWAY *et al.*, 2009).

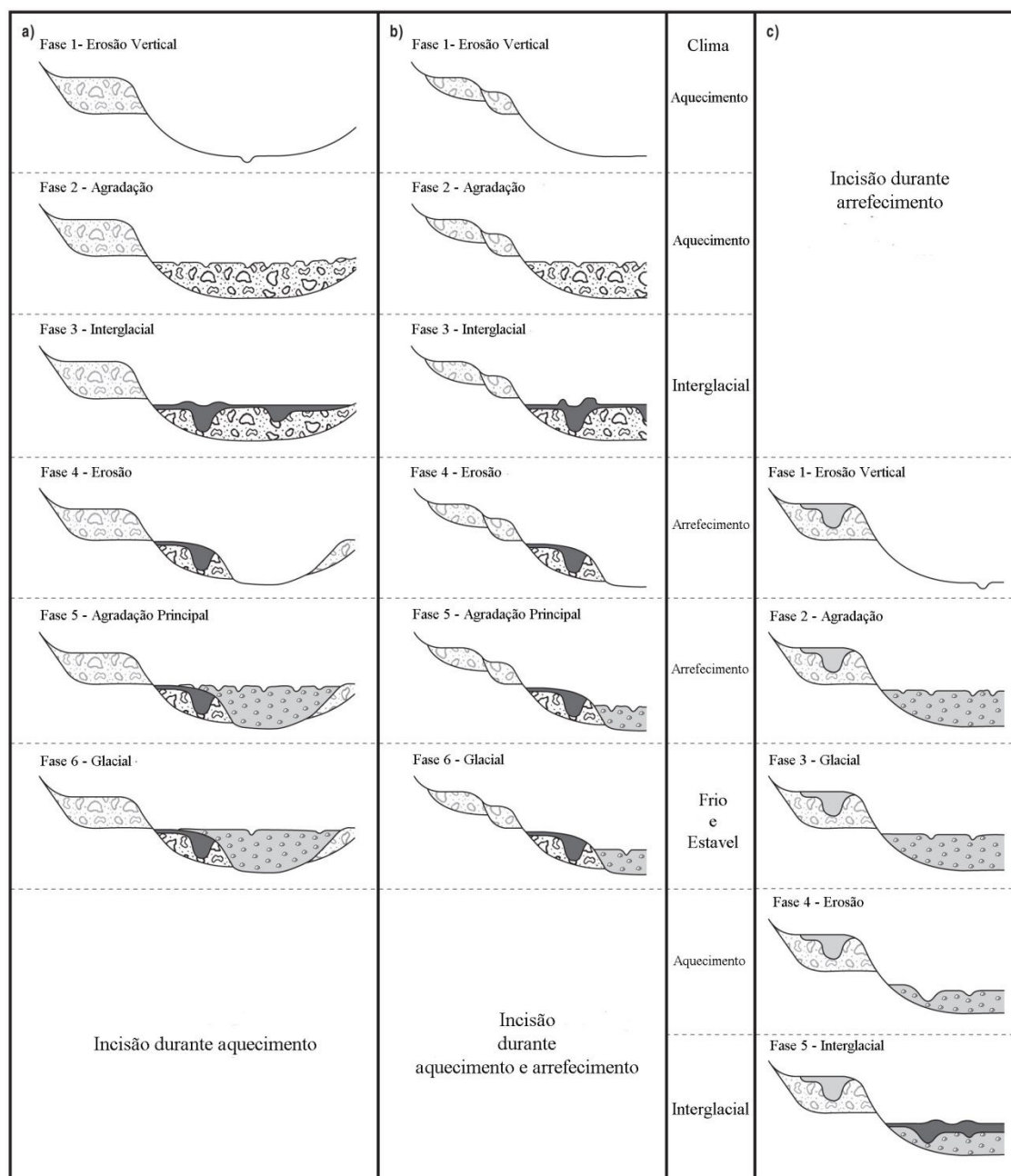


Figura 4 - Modelo teórico explicativo da formação de terraços fluviais sob o motor das variações climáticas. a- incisão durante aquecimento; b- incisão durante aquecimento e arrefecimento; c- Incisão durante arrefecimento (como verificado no Rio Somme). Adaptado de Bridgland & Westaway (2008).

2.2 – Incisão Fluvial

A incisão representa um dos principais episódios que marca a evolução de um dado sistema fluvial. No caso do presente trabalho a incisão fluvial que se tenta caracterizar é transição dos vales largos do Gelasiano, para vales estreitos e truncados, típicos do Pleistocénico e Holocénico (SANTISTEBAN & SCHULTE, 2007 *apud* TYRÁČEK, 2001). Embora não exista um consenso unânime relativamente aos agentes responsáveis pela evolução de um sistema fluvial (Fig. 5) (o que inclui a incisão supracitada), os mais apontados são: a atividade tectónica regional em conjunto com as oscilações climáticas (BRIDGLAND, 2008; LAURE, 2009; GIBBARD & LEVIN, 2009, MURTON & BELSHAW, 2011), as oscilações do nível de base (RIBEIRO & LAUTENSACH, 1991) e a quantidade de sedimentos (GIBBARD & LEVIN, 2009).

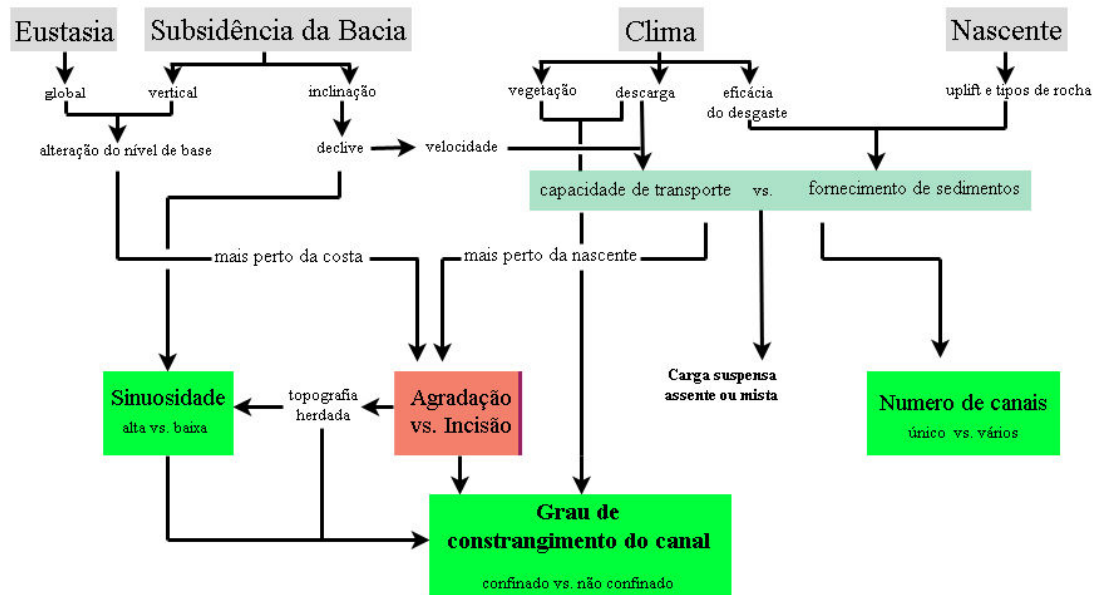


Figura 5 - Fatores que condicionam a evolução fluvial. Adaptado de VAN STRIEN (s.d).

O fenómeno de incisão e consequente erosão pode ter início junto à foz ou junto à nascente, dependendo das causas que levam ao mesmo. De acordo com VAN STRIEN (s.d), a incisão terá origem junto a costa caso os motores da mesma sejam alterações do nível eustático ou subsidência vertical do nível da bacia (CORSBY & WHIPPLE, 2006). Contrariamente, a incisão terá origem junto à nascente, caso a mesma esteja relacionada com as alterações climáticas ou na tectónica (VAN STRIEN, s.d).

Se por exemplo, ocorrer a inclinação da bacia, que irá provocar um aumento no declive do perfil do rio, a velocidade do caudal vai aumentar e consequentemente

também a capacidade do rio para transportar sedimentos (VAN STRIEN, s.d). Este tipo de incisão vai levar à erosão das zonas mais a montante do rio, aumentando a carga de sedimento nas zonas a jusante (VAN STRIEN, s.d). A deposição de sedimento na zona baixa do rio vai progressivamente migrando para norte até o rio atingir novamente o equilíbrio. Por sua vez, uma alteração no nível médio da água do mar vai provocar uma ocorrência contrária à anterior. Neste caso a erosão começa na foz e vai migrando para jusante VAN STRIEN (s.d). O restabelecimento do equilíbrio prévio vai depender em grande medida do recuo do nível médio da água do mar.

LAURE (2009) indica que uma variação eustática que provoque o recuo da linha de costa, pode alongar o rio, provocando fenómenos de incisão ou agregação. Sendo que a incisão pode ocorrer quando a alteração do nível base não é acompanhada pelo alongamento do rio na plataforma continental. A propagação da incisão é controlada pela área de drenagem. Quanto maior for a área, maior será a distância da incisão.

Como referido em ambos os casos a incisão não ocorre em simultâneo em toda a extensão do rio. Qualquer que seja o caso existe sempre um ponto chamado knickpoint (Fig.6). CROSBY & WHIPPLE (2006, p.18) descreve este ponto como sendo: “... *a discrete, steep reach which creates a local convexity in the generally concave-up equilibrium channel profile.* “

Este ponto surge como resposta às alterações do perfil do rio (CORSBY & WHIPPLE, 2006; WANG, 2010) e separa o fim da incisão / erosão e o início da sedimentação. A velocidade com que este ponto migra, seja para jusante ou montante, vai depender da suscetibilidade do substrato à erosão e também e da quantidade de alteração vertical que o perfil irá sofrer (VAN STRIEN, s.d).

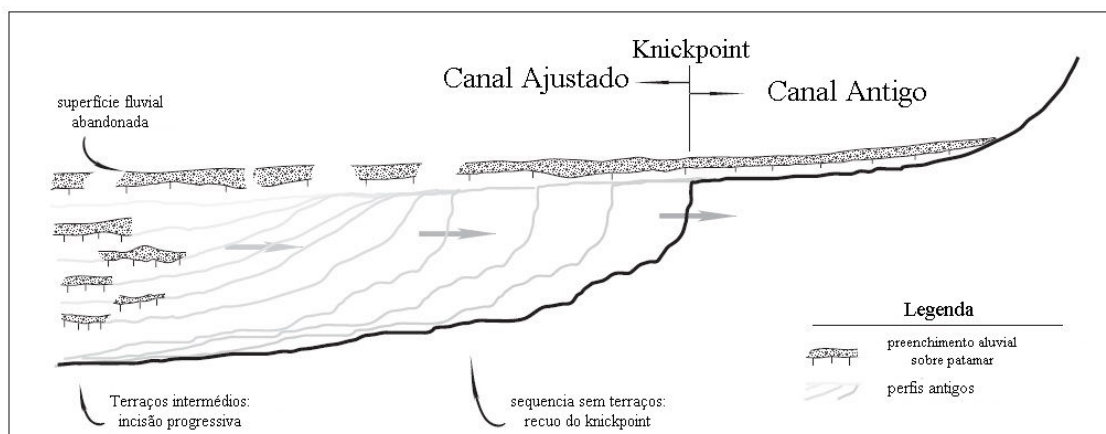


Figura 6 - Ilustração esquemática de um knickpoint, num dos afluentes do rio Waipaoa, Nova Zelândia. A figura amostra a formação de terraços durante incisão vertical progressiva. Nas áreas onde o nível base desce de forma rápida devido ao avanço do knickpoint, não se formam terraços (Adaptado de CORSBY & WHIPPLE, 2006).

O ponto neutro migra sempre em direção oposta a onde se verificou a perturbação do equilíbrio do rio e a intensidade e efeitos da perturbação diminuem com o aumento da distância da migração do ponto neutro (VAN STRIEN, s.d). A migração do ponto vai ser comum não só ao rio principal mas também aos afluentes que compõem a bacia hidrográfica) (Fig.7) (CORSBY & WHIPPLE, 2006)

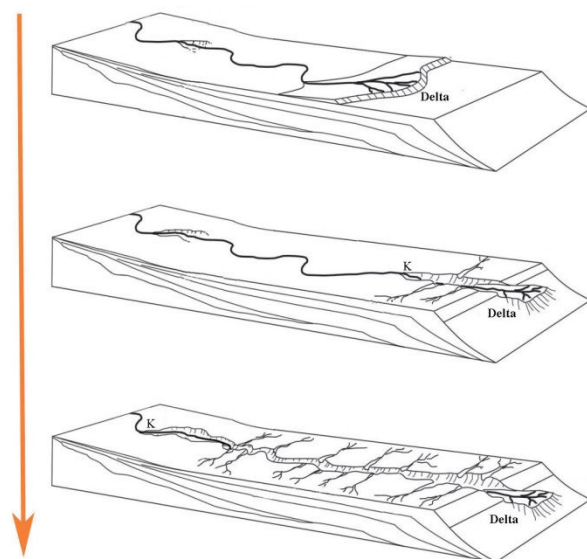


Figura 7 - Exemplo de um modelo de evolução do encaixe fluvial com assento na alteração do nível de base e com exemplo de migração do knickpoint. Adaptado de POSAMENTIER (2001) apud VAN STRIEN (s.d).

Pode ainda ser referido que a ocorrência de um episódio de incisão pode ser tida como uma resposta a um distúrbio caracterizado: existência por um excesso de energia do caudal, uma tensão de cisalhamento, ou alteração da capacidade de transporte relativamente à quantidade de sedimentos fornecidos à corrente (SIMON & DARBY, 1999 *apud* GIBBARD & LEVIN, 2009).

Em algumas regiões específicas, o agente da incisão poderá ser a quantidade limitada de fornecimento de humidade para a segregação de gelo e demais processos de gelo, durante tempos de condições de *permafrost* áridos e frios (MURTON & BELSHAW, 2011), por oposição a um modelo assente nas alterações climáticas.

2.3- Métodos de Datação em Contexto Fluvial

As datações têm um papel preponderante nas ciências do Homem e da Terra. Com efeito é através destas que é possível obter quadros cronológicos precisos da sucessão e enquadramento dos eventos “humanos” e geológicos na escala temporal da história natural da Terra. Os métodos de datação que os investigadores têm à sua disposição podem ser agrupados em métodos de datação relativa e métodos de datação absoluta. Esta diferenciação prende-se com a precisão cronológica resultante da aplicação dos vários métodos. De um modo geral através dos métodos de datação relativa é possível obter uma correlação relativa e/ou cronológica sem que esta esteja inserida numa escala temporal exata definida por um princípio e fim específico (SUGUIO, 2001). Por oposição os métodos de datação ditos absolutos permitem obter, não uma data específica, mas sim uma janela temporal definida por uma margem de erro e inserida numa escala cronológica (BICHO, 2006). Cada método de datação possui um alcance e precisão próprios. Com efeito para este trabalho importa perceber quais os métodos mais indicados para a obtenção de datações relativas e absolutas para depósitos fluviais, mais concretamente para os terraços fluviais mais antigos da região indicada. Deste modo, para além das datações relativas, indica-se também os métodos de datação absolutos radiométricos mais utilizados para a datação dos terraços mais antigos.

2.3.1 - Datações Relativas

Os métodos de datação relativa, permitem estabelecer uma correlação cronológica sem que esta esteja perfeitamente balizada. Com efeito no contexto dos terraços fluviais, e não sendo possível a realização de datações absolutas é possível obter uma “ideia” relativa à cronologia de um dado terraço.

Uma das maneiras de aplicar tal solução é na correlação de artefactos líticos, cuja análise tipológica permitirá identificar a indústria a que pertence e consequentemente a cronologia provável para o depósito. O mesmo pressuposto pode ser aplicado na presença de materiais faunísticos. Através da análise de material faunístico presente num terraço, que permite identificar a espécie presente e consequentemente a obtenção de um quadro bio-cronológico (GUERIN, 2002; BICHO, 2006). Onde a presença de determinada espécie pode ser correspondente a certos intervalos de tempo correlacionáveis com as oscilações climáticas (CABRAL, 2011). Tal aplicação desta metodologia foi aplicada por ROSINA (2004), SCHREVE & BRIDGLAND (2002) e BRIDGLAND *et al.* (2006) aquando do uso de vestígios faunísticos para correlação cronológica de depósitos fluviais.

Outra possibilidade de datação relativa de terraços fluviais consiste na atribuição cronológica por critério altimétrico (SUGUIO, 2001, CABRAL, 2011). No caso da escadaria de terraços do Tejo português, constituída por 6 degraus, os terraços denominam-se, do mais velho para o mais novo (mais alto para o mais baixo) T1 a T6, podendo-se fazer a correspondência com os Estádios Isotópicos Marinhos (*Marine Isotope Stages - MIS*) (Fig.8), como referido por BRIDGLAND *et al.* (2004).

Na ausência ou presença quer de vestígios líticos ou faunísticos esta possibilidade de datação pode ser empregue analisando a altitude a que um dado terraço se encontra em função de outro, numa relação de quanto maior a altitude a que este se encontra mais velho será em relação aos que se encontram a uma altitude menor. Esta metodologia pode também ser usada como critério preliminar para a identificação de um degrau de escadaria de terraços fluviais dentro de uma mesma região. Contudo é necessário ter em conta a ocorrência de atividade tectónica regional que em alguns casos pode alterar a disposição altimétrica dos terraços no terreno (CUNHA *et al.*, 2008).

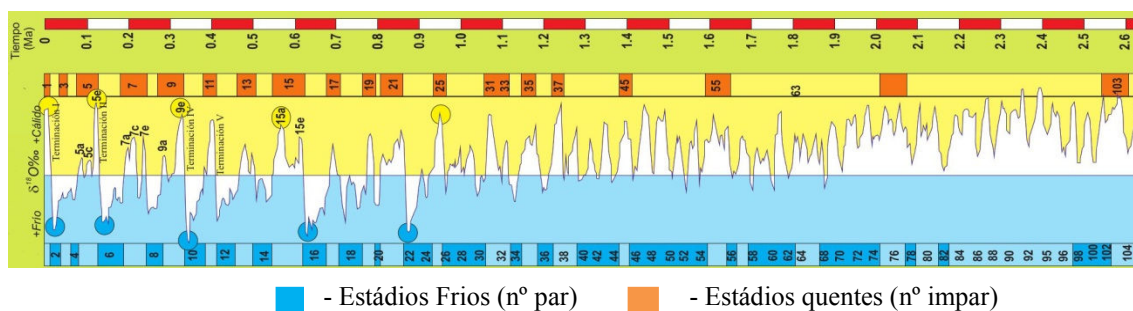


Figura 8 - Estádios Isotópicos Marinhos (MIS) do Quaternário. Adaptado de Silva *et al.* (2009)

2.3.2- Datações Absolutas

Devido a limitações técnicas de alguns destes métodos, os terraços mais antigos são de difícil datação, ao contrário dos mais recentes, que por serem mais novos a sua datação é mais fácil devido a estarem dentro do alcance cronológico de variados métodos (Tab.1) como é o caso Luminescência que se pode dividir em Luminescência Opticamente Estimulada (*Optically Stimulated Luminescence* - OSL) e Termoluminescência (TL) (LIAN, 2007a, 2007b; CABRAL, 2011), e ainda em Luminescência Estimulada por Luz Infravermelha (*Infrared Stimulated Luminescence* - IRSL) (KARS & WALLINGA, 2009; ZANDER & HILGERS, 2013). Devido à facilidade de aplicação, estes métodos de datação tem sido amplamente usados nos mais diversos contextos (ROBERTS, 1997), bem como no estudo de contextos de terraços fluviais recentes (WINTLE, 2010) em Portugal (Almeida *et al.*, 2008; CUNHA, 2008; MARTINS *et al.*, 2009b; MARTINS *et al.*, 2010a,b; CUNHA *et al.*, 2012), bem como um pouco por toda a Europa (CORDIER *et al.*, 2010).

Outros métodos de aplicação em terraços recentes são o Potássio-Árgon (K-Ar) caso se verifique a presença de materiais vulcânicos (Bicho, 2006; TWYMAN, 2007; JULL, 2007; CABRAL, 2011). Outro método possível de ser aplicado em depósitos quaternários recentes é a datação por Séries de Urânio (CALSTEREN & THOMAS, 2005; BICHO, 2006; JULL, 2007; THOMPSON, 2007).

Contudo as limitações relativas ao alcance cronológico dos métodos mencionados, não permitem obtenção de uma cronologia para os terraços mais antigos nem para os primeiros episódios da incisão fluvial como se verifica no caso do baixo

Tejo. Assim é necessário realçar dois métodos que se destacam pelo alcance cronológico e que podem tentativamente ser utilizados para datar os depósitos mais antigos de uma dada escadaria fluvial, como é o caso da datação por Nuclídeos Cosmogénicos Terrestres e da datação por ESR.

2.3.2.1- Datação por Nuclídeos Cosmogénicos Terrestres

Este método de datação amplamente explicado por (GOSSE & PHILLIPS, 2001; GOSSE, 2007) assenta na influência das radiações cósmicas sobre a superfície da Terra. Estas radiações devido ao facto de serem constituídas por neutrões altamente energizados vão influenciar e interagir com os gases atmosféricos, produzindo no processo, uma série de partículas, que caem em cascata até atingirem a superfície da Terra (LAL, 2007).

Ao atingirem a superfície da terra, a cascata de raios cósmicos (raios cósmicos secundários) vai incidir sobre a superfície (rochas, sedimentos, minerais) interagindo com os seus diferentes átomos produzindo, como consequência, novos elementos isotópicos. A estes elementos isotópicos dá-se o nome de Nuclídeos Cosmogénicos Terrestres (NCT). Esta designação apenas diz respeito aos novos materiais que são produzidos nos minerais *in situ*, ignorando aqueles que surgem pelos gases atmosféricos e posteriormente se alojam nas rochas (GOSSE & PHILLIPS, 2001). Embora a interação dos raios cósmicos possa produzir uma variedade de nuclídeos, por norma, a designação NCT apenas inclui os mais utilizados em Geologia: os nuclídeos estáveis ^3He (Hélio) e ^{21}Ne (Néon) e os nuclídeos radioativos (decaimento com período de meia-vida) ^{10}Be (Berilo), ^{14}C (Carbono), ^{26}Al (Alumínio) e ^{36}Cl (Cloro) (GRANGER, 2007). Com os NCT pode ser feita uma datação com base na exposição da superfície (DES) (IVY-OCHS & KOBER, 2007). Este método tem por base a medição, em relação ao ambiente em redor, da formação de novos elementos (NCT) através da chamada espalação nuclear induzida pela exposição à radiação cósmica secundária (SCHAEFER & LIFTON, 2007; IVY-OCHS & KOBER, 2007).

Em condições ideais, sabendo a taxa de produção dos NCT ao longo do tempo, sabendo se a exposição na superfície foi contínua, e se a superfície exposta for original é possível medir a concentração dos NCT e daí, obter uma datação indicativa de há quanto tempo uma dada superfície esteve exposta aos raios Cosmogénicos

(SCHAEFER & LIFTON, 2007). Contudo e devido aos processos naturais, estas condições nunca são ótimas, muitas vezes não é possível saber ao certo as quantidades de produção anual de NCT sendo que a exposição das superfícies em questão pode ser alterada em função de fenómenos naturais como a erosão, neve, e glaciares (SCHAEFER & LIFTON, 2007).

No caso da aplicação da datação por DES em contextos fluviais (REPKA *et al.*, 1997; IVY-OCHS & KOBER, 2007), os NCT mais usados são o ^{10}Be e o ^{26}Al , que se formam nos minerais de quartzo. Devido ao facto de que o rácio de formação destes NCT tem uma relação direta com a profundidade a que um dado mineral de quartzo se encontra, quanto maior for a profundidade menor será o rácio de formação por influência da radiação cósmica secundária (DEHNERT *et al.*, 2011). Este facto combinado com a leitura do período de meia-vida destes dois NCT (que é diferente) é possível atribuir uma data para a última vez que um dado mineral esteve exposto à radiação cósmica secundária. Normalmente para obter idades com cerca de 1Ma ou mais, é necessário recolher uma amostra que se encontre a um mínimo de 10m de profundidade (GRANGER, 2007). Com estes dois NCT é possível datar depósitos com um mínimo de 100Ka até 5Ma (GRANGER, 2007; DEHNERT *et al.*, 2011).

2.3.2.2 - Datação por ESR

A datação por Ressonância Electrónica de Spin (*Electron Spin Resonance* - ESR), tem sido um elemento importante de comparação entre datações e em alguns casos como elemento de desempate de modo a clarificar e/ou cimentar cronologias de alguns sítios arqueológicos, paleontológicos e geológicos (GRÜN, 2007; SKINNER, 2011).

Este método de datação tem por base os mesmos princípios da datação por luminescência (Fig.9), no sentido que também usa os eletrões presos nas imperfeições dos cristais para obter uma idade provável. Na datação por ESR, em vez de ser medida a luminescência através da libertação dos eletrões presos, é medido o campo paramagnético formado pelos electrões através de um Espectrómetro de Ressonância de Spin (GRUN, 2007), uma vez que os eletrões presos nas armadilhas dos minerais ao estarem desemparelhados podem manifestar o efeito do respetivo Spin (CABRAL, 2011).

A leitura desses campos paramagnéticos traduz-se num sinal ESR cuja intensidade é proporcional ao número de eletrões presos nas imperfeições. Quanto maior for o sinal maior será a idade da amostra (SCHELLMANN *et al.*, 2008).

O crescente uso e aplicação de ESR ao quartzo tem permitido desenvolver sérios avanços nos estudos cronológicos relacionados com o estudo dos terraços fluviais, onde a sua aplicação já vem sido feita com sucesso (VOINCHET *et al.*, 2004; BAHAIN *et al.*, 2007; TISSOUX *et al.*, 2008; VOINCHET *et al.*, 2010; MORENO *et al.*, 2012; ROSINA *et al.*, submissão).

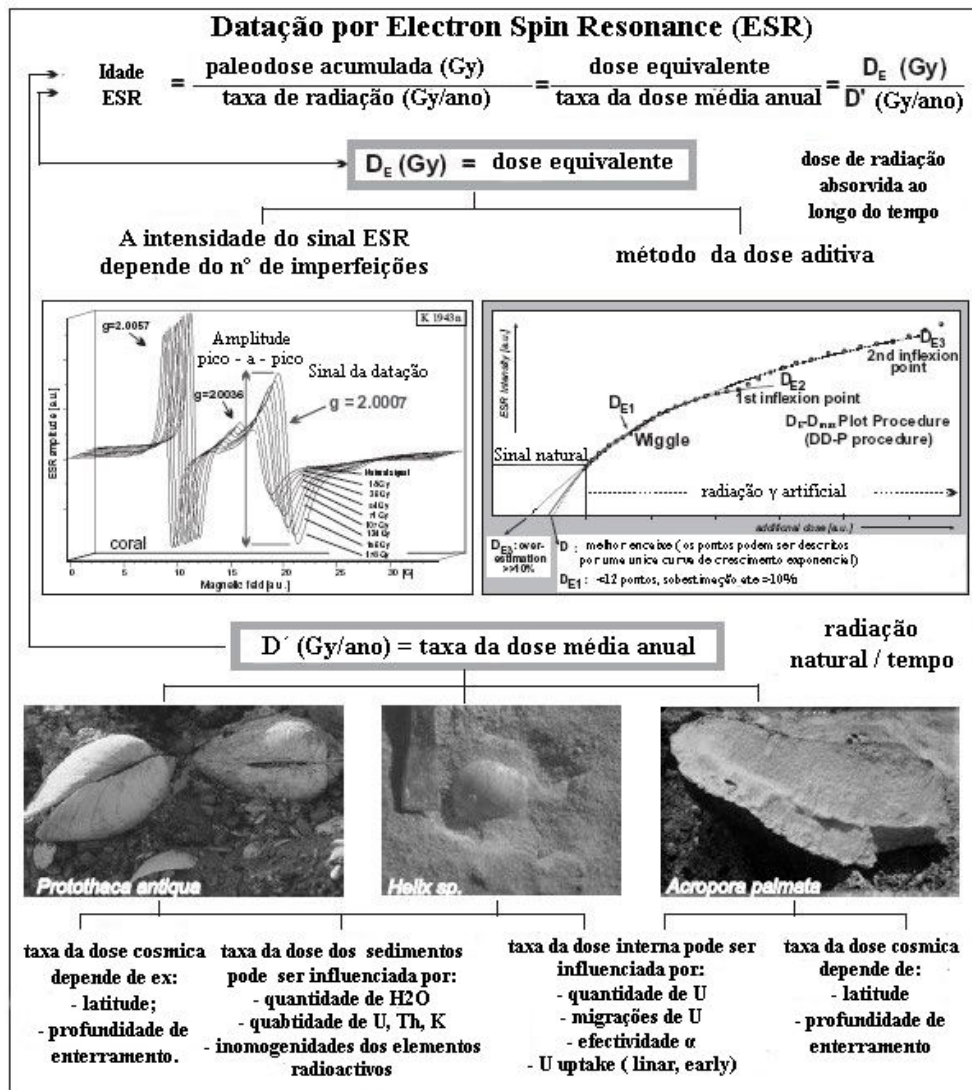


Figura 9 – Esquema exemplificativo da aplicação da metodologia ESR, neste caso em corais e conchas. Adaptado de SCHELLMANN *et al.* (2008).

Idade relativa do terraço	Método		Processo	Materiais	Alcance cronológico	Erro
Terraços + recentes	Séries de Urânio		Leitura dos isótopos filhos que resultam do decaimento de ^{238}U e ^{234}U .	Rochas vulcânicas; sedimentos marinhos; osso; dentes; moluscos; depósitos cársicos, corais; materiais carbonatados	0.1 -300Ka 0,1ka – 800Ka	1-5%
	Luminescência	TL	Luminescência que resulta da indução térmica para libertar os electrões presos	Sílex queimado, Sedimentos Rochas calcinadas e calcite Quartzo Feldspato	1 - 500Ka 4 – 400Ka 1 -800Ka	5-20%
		OSL	Luminescência que resulta da indução ótica para libertar os electrões presos	Quartzo	0,5-200Ka	10-20%
		IRSL	Luminescência que resulta da indução infravermelhos	Quartzo	0.5 -250Ka	5-15%
	Potássio – Árgon (material vulcânico)		Decaimento do ^{40}K	Feldspatos Rochas e minerais com K Em especial material vulcânico.	10ka – 1 Ma	1-2%
Terraços + Antigos	ESR		Intensidade do sinal ESR proporcional ao número de electrões presos e respectivos campos paramagnéticos.	Concha Dentes (esmalte) Quartzo; Osso	5 -200ka 10ka -2Ma	10 -30% 1-9%
	Cosmogénico		Medição dos Nuclídeos Cosmogénicos Terrestres	Virtualmente todos os Minerais	100Ka - 5Ma	1-18%

Tabela 1 - Sumarização dos métodos de datação de possível aplicação a terraços fluviais quaternários com base no alcance cronológico dos mesmos (GOSSE & PHILLIPS, 2001; BICHO, 2006; JULI 2007; SCHAEFER & LIFTON, 2007).

2.4 - Sítios Arqueológicos em Terraços Fluviais: algumas considerações

A arqueologia baseia-se essencialmente no estudo da cultura material associada à evolução biológica e tecnológica do Homem. Embora tenha possa ter sido tida como uma subdisciplina da História, a arqueologia “evoluiu” perdendo a sua inocência pelo caminho (CLARKE, 1973), quer em termos teóricos mas também no crescente rigor científico. O rigor científico advém da carácter multidisciplinar da arqueologia, que mais não é do que a aplicação de outras Ciências de modo a poder ser possível compreender no processo a complexidade de um dado sítio arqueológico, o que se torna ainda mais necessário para idades pré-históricas. De acordo com TEXIER (2000) de modo a contemplar como um todo um sítio arqueológico pré-histórico é necessário ter em conta este resulta da ação conjunta de 3 fatores:

- **Antrópicos:** materiais presentes num sítio arqueológico, de origem ou afetação Humana, como são as indústrias líticas, vestígios faunísticos resultantes da manipulação humana (ossos, dentes, hastes) e possíveis elementos minerais e vegetais resultantes da alimentação e combustão;

- **Biológicos:** materiais sem afetação humana que resultaram de uma ação natural seja por fauna ou flora, que irão afetar a formação do sítio /acção sedimentar e possíveis perturbações;

- **Geológicos:** processos que influenciam a formação do meio do sítio arqueológico. Estes subdividem-se em dois tipos:

Processos Dinâmicos- relacionados com o enterramento movimentação dos materiais arqueológicos (transporte fluvial /eólico, erosão, *dérbis flow*, solifluxão);

Processos Diagenéticos - contemporâneos ou posteriores ao enterramento e que influenciam/alteram as condições originais quer dos sedimentos que dos matérias arqueológicos (cristalização, pedogénese, *permafrost*).

No contexto do trabalho em questão importa prestar especial atenção aos processos geológicos e consequentes processos dinâmicos relacionados com sítios arqueológicos pré-históricos que se encontram em terraços fluviais. Mas é necessário abordar as metodologias de estudo específicas destes depósitos.

De modo geral não há um consenso relativamente à definição de Geoarqueologia. Contudo e a nível pessoal, esta pode ser identificada como sendo o resultado da aplicação de conceitos, técnicas e metodologias da Geologia e das demais Ciências da Terra de modo a compreender não só as características antrópicas de um dado sítio mas também os processos geomorfológicos que levaram à sua formação e alteração (CANTI, 2001, STEIN, 2000), o que resulta numa “...*reconstituição das relações recíprocas entre as comunidades humanas do passado e o seu contexto físico*”(ANGELUCCI, 2003, p.41).

No estudo geo - arqueológico de um dado sítio pode ser feito a várias escalas individualmente ou simultaneamente (CANTI, 2001; ANGELUCCI, 2003):

- Abordagem do contexto paisagístico e territorial onde se insere o sítio;
- Abordagem à área adjacente ao sítio analisando a posição topográfica e geomorfologia local com especial ênfase nos processos de formação do sítio;
- Abordagem às características do sítio em si, desde a estratigrafia passando pelas diversas análises sedimentares dos diferentes depósitos e pelo estudo dos materiais antrópicos bem como a sua dispersão no contexto do depósito.

Estas diferentes abordagens podem ser mais ou menos focadas dependendo do tipo de estudo que se está a realizar e dos respetivos objetivos onde cada um dos estudos pode empregar diferentes metodologias consoante a situação (English Heritage, 2007). ANGELUCCI (2003) refere que de forma geral estes objetivos podem passar pela definição da cronostratigrafia com a reconstrução das sequências cronologias e das sucessões estratigráficas; Estudos paleoambientais com ênfase na reconstituição do ambiente físico e das respetivas modificações sofridas ao longo do tempo (Ex. reconstrução de uma da escadaria de terraços fluviais e respectivo enquadramento

cronológico); Relação entre o Homem e o meio ambiente, exploração do ambiente físico e consequente impacto das actividades antrópicas no mesmo.

Referidas a abordagens de estudo, torna-se necessário explicar a problemática associada as ocupações nos depósitos.

O facto de que a maioria dos sítios arqueológicos, com materiais do Plistoceno Médio – Superior, se encontrar em terraços fluviais não se apresenta como uma surpresa (MISHRA *et al.*, 2007). De facto esta situação apenas é um reflexo da posição dos rios no território, onde as suas bacias hidrográficas promovem a recolha e transporte dos diversos materiais provenientes da paisagem onde se inserem, utilizados e/ou transformados pelo Homem, sendo posteriormente incorporados como materiais arqueológicos nos diversos dos rios (BRIDGLAND *et al.*, 2006). Contudo a presença de materiais arqueológicos nos depósitos fluviais não pode ser unicamente atribuída ao escoamento detrítico das bacias hidrográficas.

Os rios ocupam um lugar de destaque no território. Estes seriam vistos como excelentes oportunidades para os grupos de caçadores colectores durante o Plistocénico Médio e Superior. Com oportunidades ao nível da habitação temporária nas suas margens, com total disposição de recursos necessários à sobrevivência dos grupos de caçadores. Estes recursos podiam consistir no facto de que o rio seria ponto de passagem obrigatório para a diversa fauna e consequentemente forneceria fontes de alimento mediante a caça sem esforço de procura (a fauna vinha de encontro aos grupos); e também devido ao facto de que o rio enquanto agente transportador, disponibilizaria a matéria-prima necessária, sob a forma de seixos, proporcionando o talhe dos diversos utensílios líticos indispensáveis ao quotidiano dos grupos Paleolíticos (BRIDGLAND *et al.*, 2006; MISHRA *et al.*, 2007).

A presença das matérias-primas nos leitos dos rios pode inclusive ter atuado como mecanismo condicionador dos comportamentos das populações humanas e do seu desenvolvimento tecnológico. Esta situação, a acontecer, teria por base a influência das alterações climáticas e dos processos geodinâmicos na disponibilização de matéria-

prima cujo volume disponível da mesma variaria entre os períodos quentes e os períodos frios (PEREIRA & BENEDETTI, *in press*).

Mais ainda, esta disponibilização de matéria-prima pode ser um factor importante no condicionamento das estratégias tecnológicas, uma vez que a disponibilização da matéria-prima poderia estar dependente de processos geodinâmicos, podendo as variações climáticas ter um papel importante no surgimento de novas indústrias líticas, onde a cadeia operatória, que esta na sua génese, seria ao mesmo tempo consequência e reflexo da adaptação às pressões ambientais.

Os rios e as suas margens incorporariam nas suas estruturas, misturados com os seixos, o cascalho, areias, o silte e argila (CURA & ROSINA, 2013), estes vestígios arqueológicos são o resultado de atividades dos grupos pré-históricos. Estes vestígios podem traduzir-se em artefactos líticos descontextualizados incorporados juntamente com os seixos indiferenciados ou em casos pontuais, sob a forma de sítios completamente preservados *in situ*. Estes tipos de sítios arqueológicos caso evidenciem artefactos íntegros, com pouco desgaste, e possivelmente remontagens, tornam-se mais importantes do que sítios que apresentem artefactos descontextualizados (BRIDGLAND *et al.*, 2006). A importância destes sítios torna-se ainda maior caso estes possam ser datados de modo a ser possível estabelecer um quadro cronostratigráfico para o depósito e para o registo arqueológico (MISHRA *et al.*, 2007). Esta situação tem sido evidenciada com sucesso em sequências do rio Tamisa em Inglaterra, no rio Somme em França e nos rios Wipper, Ilm e Neckar na Alemanha (BRIDGLAND *et al.*, 2006).

Com a possibilidade da aplicação dos métodos de datação absoluta em terraços fluviais e o estudo do registo isotópico presente nos sedimentos oceânicos (LISIECKI & RAYMO, 2005) passou a ser possível efetuar uma correspondência entre as diversas sequências de terraços fluviais e respectivo registo arqueológico e os Estádios Isotópicos Marinhos (*Marine Isotopic Stages - MIS*) - (MISHRA *et al.*, 2007).

Esta correlação permite estabelecer importantes enquadramentos cronostratigráficos relativos às alterações ambientais. Mais ainda, ao ter em conta o

registo arqueológico contido nos depósitos e possíveis padrões de distribuição de artefactos dentro do mesmo, é possível inferir possíveis estratégias de aprovisionamento e ocupação do território (CURA & ROSINA, 2013). Contudo usar as datações absolutas e respetiva correspondência com os MIS não pode ser aplicada com total certeza ao registo arqueológico.

De acordo com CURA & ROSINA (2013) & HOSFLIED AND CHAMBERS (2004) isto acontece porque:

- Os materiais contidos nos terraços não podem ser datados relativamente, sendo que no mínimo são mais antigos ou contemporâneos que a formação do terraço;
- A proveniência dos artefactos não é conhecida. O facto de estarem no mesmo nível estratigráfico não significa que tenham origem no mesmo sítio nem que pertençam ao mesmo “episódio comportamental”;
- A formação do terraço fluvial não é um momento instantâneo pelo que a velocidade de agregação dos sedimentos é variável e dependente de fatores relativos as condições fluviais o que pode resultar num período de agregação de centenas ou de dezenas de milhar de anos.

Outra das questões relativas á presença de materiais arqueológicos em terraços fluviais prende-se com a natureza do sítio arqueológico. Neste caso não se está perante um sítio arqueológico tradicional, ou seja um contexto primário com os artefactos em associação e *in situ*.

Por norma os sítios arqueológicos contidos em terraços fluviais como já referido previamente, não são primários uma vez que o material arqueológico presente num dado terraço não está onde foi abandonado pelos grupos pré-históricos. A sua presença ali resulta de um transporte fluvial. Deste modo um sítio arqueológico em contexto de terraço tem quase sempre natureza secundária. Este tipo de sítios apresenta sempre um conjunto de problemas interpretativos (HOSFIELD & CHAMBERS, 2004).

O contexto secundário dos sítios arqueológicos em terraços resulta sempre numa situação onde os artefactos e a sua respectiva produção e manipulação são sempre anteriores à formação do terraço. Esta presença secundária dos artefactos pode *”ocorrer num único terraço, potencialmente fornecendo informações sobre a mudança ou continuidade das indústrias líticas; pode também ocorrer entre terraços num mesmo sistema fluvial, fornecendo informação sobre a mudança ou estabilidade das indústrias líticas”* (CURA & ROSINA, 2013, p.85).

Mais ainda, é preciso ter em atenção os artefactos líticos recolhidos num depósito de terraço fluvial de modo a ser possível verificar o grau de relação, entre antes do seu abandono. Isto é se pertenciam à mesma fase de produção/ mesma ocupação. Ou então se pertencem a várias e diferentes ocupações sazonais espalhadas, neste caso, ao longo da extensão de um vale (CURA & ROSINA, 2013).

Deste modo, os sítios arqueológicos em contexto de terraço fluvial, não podem ser verdadeiramente chamados de sítios arqueológicos, porque não têm materiais arqueológicos *in situ*) (CURA & ROSINA, 2013; HOSFIELD *et al.*, 2000; CHAMBERS & HOSFIELD, 2004). Outra das questões relativas ao estudo destes contextos secundários relaciona-se com as possíveis alterações físicas que os artefactos tenham sofrido durante o transporte fluvial (Fig.10) e a respetiva classificação e análise morfológica. Um artefacto lítico depois de ser abandonado num vale ou à beira de um rio, mais tarde ou mais cedo este vai ser “capturado” pelo rio e vai ser transportado ao longo do curso até que fique incorporado num depósito sedimentar onde permanecerá indefinidamente.

Com efeito e vista a importância desta questão têm sido desenvolvidos trabalhos de modo a tentar compreender o que acontece aos artefactos durante o transporte fluvial e possíveis variáveis que possam influenciar a morfologia final do artefacto lítico (HOSFIELD *et al.*, 2000; HOSFIELD & CHAMBERS, 2003; CHAMBERS, 2003; HOSFIELD & CHAMBERS, 2004). Através das experimentações levadas a cabo pelos autores referenciados verificou-se que um dado lítico durante o seu transporte, que pode ser de forma suspensa na corrente ou no fundo do curso de água junto da superfície fluvial, funciona como qualquer outro clasto não antrópico.

Mais ainda, verificou-se que aquando da interpretação de material lítico em contexto de terraço é preciso ter em conta que líticos de matérias-primas diferentes sofrem modificações a um ritmo diferente.

A morfologia do artefacto irá influenciar o tipo de transporte que irá sofrer; cada tipo de transporte vai originar modificações diferentes correspondentes ao tipo de transporte sofrido e as alterações não se limitam apenas a abrasão das arestas podendo, em algumas situações originar microlascamentos, fracturas e outras alterações passíveis de serem interpretadas como antrópicas.

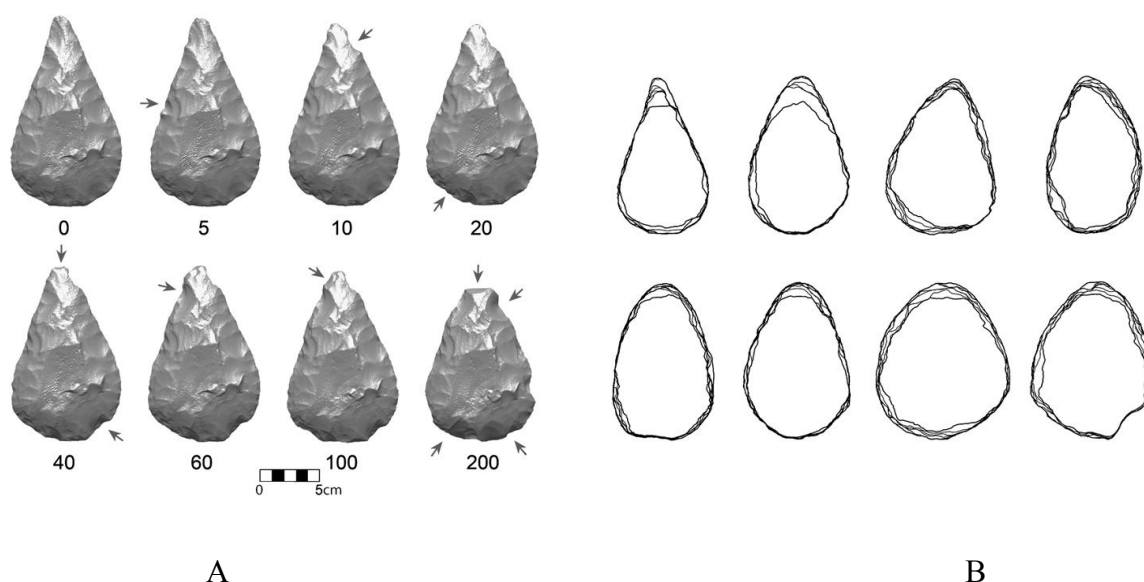


Figura 10 - Resultados demonstrativos da experimentação levada a cabo por GROSMAN *et al*, (2011), com o intuito de verificar as possíveis alterações a que os artefactos líticos podem ser sujeitos durante o transporte fluvial. A- Renderização 3D de um biface submetido a um rolamento em conjunto com outros 7 bifaces e diversos seixos dentro de um cilindro com capacidade de 100l, com os algarismos a identificar o numero de rolamentos efectuados e as setas a indicar a localização das fissuras verificadas. B- Demonstração das alterações sofridas pelos 8 bifaces, onde o contorno externo representa a morfologia inicial e o contorno interno representa a morfologia no final da experimentação.

Indicados os aspectos mais importantes a considerar a quando da abordagem de um contexto arqueológico em terraço fluvial torna-se ideal agora indicar alguns dos sítios mais significativos a nível europeu e global que se inserem neste mesmo contexto arqueológico.

Os depósitos de terraço fluvial, como subprodutos dos rios, e devido à sua natureza geomorfológica, são ricos em matérias, funcionando desta maneira como arquivo de alguns dos indícios mais antigos de actividade humana na Europa e também nos outros continentes. Deste modo importa realçar a realização dum programa de investigação da UNESCO intitulado *International Geoscience Programme (IGCP) project no. 449 ('Global Correlation of Late Cenozoic Fluvial Deposits*. Este programa de investigação incluiu um grupo de trabalho focado no Paleolítico. Este grupo de trabalho não só reviu os sítios Paleolíticos europeus em contexto fluvial como descobriu novos sítios de interesse. A revisão destes trabalhos, centrada no continente europeu foi apresentada por BRIDGLAND *et al.* (2006), sendo que mais tarde MISRHA *et al.* (2007) partiu do apresentado e reviu outros sítios a nível mundial.

De modo a contextualizar o apresentado importa apresentar alguns sítios de referência a nível nacional e mundial (Tab.2).

País	Denominação do sítio	Cronologia	Tipo de material presente no depósito
Portugal	Monte do Famaco , Rio Tejo	±280 a 136 ka (IRSL) para o terraço T4	Lítico
	Fujaca – Pampilhosa, bacia do Mondego	Riss	Fauna
	Mealhada, bacia do Mondego	Riss	Fauna
	Condeixa, bacia do Mondego	Mindel	Fauna
	Santa cruz, bacia do Sado	MIndel	Fauna
Espanha	La Mesa, no afluente Alagon Terraço 70–75m do Valderaduey Terraços 80m e 60m do Pisuerga Terraço 100m e 62m do Tormes Terraços T8 (125m) a T12 (60m)	> 780ka	Lítico
	San Bartolome de Las Abiertas num terraço a 60m do rio Sangrera, afluente do Tejo	>780Ka	Lítico
Itália	Monte Poggiolo	1Ma ESR	Lítico
	Isernia La Pineta,	~600Ka K-Ar	Lítico Fauna
França	Carpentier Quarry	600 ± 90 ka ESR 509 ± 110 Ka 589 ± 134 ka	Fauna
	Saint-Acheul	403 ± 73 ka ESR	Fauna
	Cagny-la-Garenne	400 ± 101 ka ESR 448 ± 68 ka ESR 443 ± 53 ka ESR	Lítico
	Cagny-l'E'pinette	296 ± 53 ka, ESR 291 ± 44 ka ESR 318 ± 48 ka ESR	Fauna
	Pont-de-Lavaud	905±100 ka a 1187±200 ka; ESR	Lítico
	Terraço I do rio Loir afluente do LOIRE	1 Ma (Idade Provável)	Lítico
	Terraço F do Loir, afluente do Loire	482±77 ka ESR 491±75 ka ESR	Lítico
Inglaterra	Rio tamisa - Swanscombe	MIS 11	Crânio Humano
Alemanha	Rio Wipper (travertino e terraço fluvial)	MIS 11 (Idade provável)	Líticos Fauna
	Rio Wipper travertino - níveis Bilzingsleben I e II	MIS 11	Lítico Fauna
	Rio Neckar – Mauer	MIS 13	Líticos ? Fauna mandibula humana (<i>Homo heidelbergensis</i>)
	Rio Neckar - Steinheim-an-der-Murr;	MIS 11	Cranio Humano
República Checa	Racineves, Rio Vltava	MIS 11	Lítico

			Fauna
Hungria	Vertesszolos, terraço V do rio Tata	MIS 12	Líticos Fauna
Geórgia	Achalkalaki	780 Ma	Lítico Fauna
Moldávia	Pogrebya, Rio Dniester	MIS 11	Lítico
Ucrania	Medzhybozh, 3º terraço do rio Yuzhny Bug.	MIS 11	Lítico
	Korolevo, terraço do rio Tisza	>350 TL	Lítico
Síria	Madan, terraço Qf III das estensões Jerablous—Qara Qozaq e Raqqa—Deir ez-Zor, do rio Euphrates	2Ma	Lítico
	Ain Abu Jemaa, rio Ayash, terraço Qf II	MIS 12	Lítico
Índia	Rajasthan, Formação Amarpura	~800 Ka ESR	Lítico
	Isampur, em Karnataka	>1.2Ma ESR	Lítico Fauna
África do Sul	Canteen Koppie, rio Vaal	~ 1.6–1.2 Ma	Lítico
	Riverview Estates, rio Vaal	> 1.2 a 0.78 Ma	Lítico
Marrocos	Thomas Quarry, Casablanca	MIS 21	Lítico
	Formação 3 do grupo Anfa (Terraço marinho)	MIS 11	Lítico

Tabela 2 - Indicação de alguns contextos arqueológicos e paleontológicos em terraços fluviais Quaternários, com cronologia próxima ou superior a 300ka, a nível Ibérico, Europeu, Médio-oriental, Índia e África (ROSINA, 2004; MISHRA *et al.*, 2007; BRIDGLAND *et al.*, 2006).

Como referência nacional indica-se o sítio arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra (RPP) (Fig. 11), contexto com uma importância ímpar no estudo e compreensão não só das actividades humanas paleolíticas na região como da interpretação e compreensão, através da sua estratigrafia, da crono-estratigrafia relativa aos depósitos fluvial. Este sítio arqueológico com escavação iniciada em 1999 e ainda a decorrer, encontra-se amplamente estudado (GRIMALDI *et al.*, 1999; GRIMALDI & ROSINA 2001; ROSINA, 2004; CURA & GRIMALDI, 2009; ROSINA *et al.*, 2005, 2009, 2010). Localiza-se no centro de Portugal, numa zona entre Atalaia e Vila Nova da Barquinha. Este sítio encontra-se datado com 4 datações *in situ*: duas por Luminescência ($304 \text{ Ka} \pm 19$; $175 \text{ ka} \pm 6$), para o topo do sítio (base do terraço T4); e para a parte baixa, mais duas datações de luminescência ($89 \text{ ka} \pm 13$ e $\sim 25 \text{ ka}$), respectivamente para o topo do T5 e para uma fogueira em coluvião (DIAS *et al.*, 2009; ROSINA *et al.*, submissão). Apresenta-se como o contexto arqueológico com o registo da ocupação humana ao ar

livre mais antiga que se conhece em Portugal (a ocupação mais antiga absoluta está registada na Gruta da Aroeira (Galeria Pesada) em Torres Novas, onde a datação por séries de urânio de um espeleotema permite datar os níveis achelenses que lhe estão associados entre 425ka e 480k (HOFFMANN *et al.*, 2013) e por consequência na parte Oeste da península ibérica (OOSTERBEEK *et al.* 2010). Este contexto arqueológico localiza-se numa vertente a Oeste com uma altitude que varia entre os 15 e os 40 m de altitude e com materiais de natureza lítica dispersos pela base do terraço T4 (ocupação Paleolítico inferior), pelo topo do T5 (Paleolítico médio) e por coluviões (Paleolítico Superior) que sobrepõe estratigraficamente ambos os terraços (Fig.12) O número de artefactos líticos (Fig.13) recolhidos até ao momento é de cerca de aproximadamente de 3300 (MARTINS *et al.*, 2010b).



Figura 11 - Foto geral do contexto arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra (Foto do Autor).

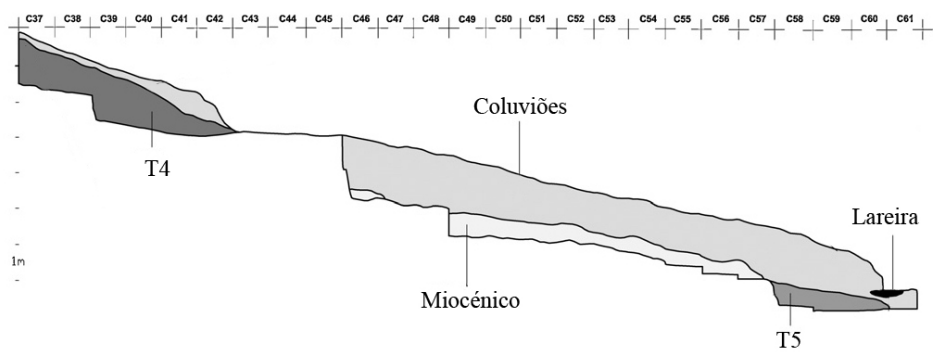


Figura 12 - Estratigrafia simplificada do lado Sul do contexto arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra.
Adaptado de MARTINS *et al.* (2010b).

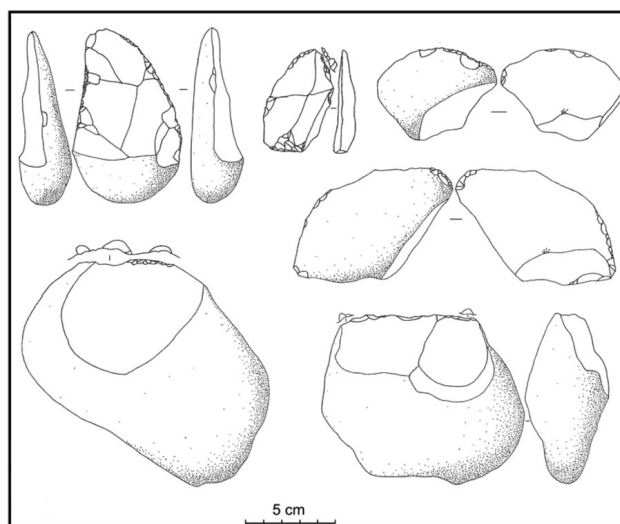


Figura 13 - Exemplo de material lítico do contexto arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra. Adaptado de GRIMALDI *et al.* (1999) e GRIMALDI & ROSINA (2001).

Capítulo III - Enquadramentos Físicos

3.1 – Definição da Área de Estudo

Localização e Concelhos do Alto Ribatejo

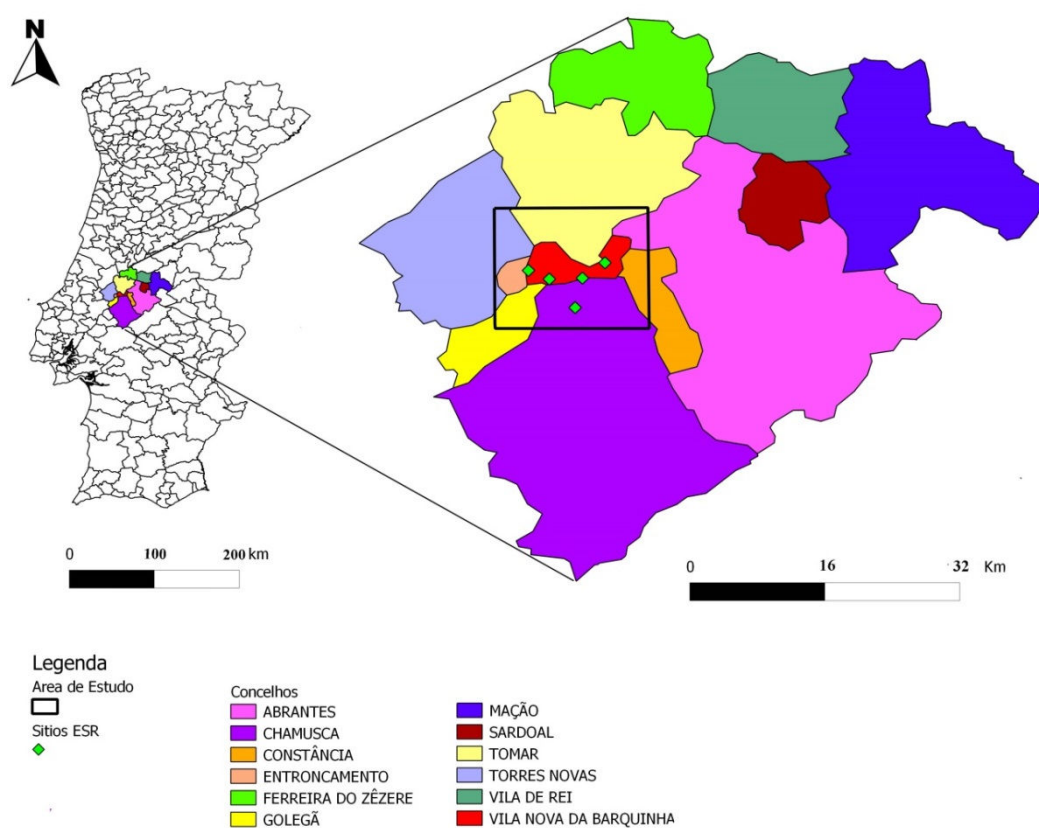


Figura 14 - Localização e concelhos do Alto Ribatejo, Portugal Central no território nacional, com indicação da área de estudo e as localizações onde as datações ESR foram realizadas.

A definição da área em estudo teve por base o enquadramento dos sítios datados por ESR, em 2009. Deste modo optou-se por limitar uma área, onde para além de estar enquadrada a localização dos cortes onde foram realizadas as datações (Fig. 14), também estariam enquadrados os principais constituintes da rede hidrográfica, elementos a considerar para compreender a evolução do encaixe fluvial na região. Com efeito podemos localizar administrativamente a área de estudo na região do Alto Ribatejo. Esta região é constituída pelos concelhos de Abrantes, Chamusca, Constância, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Golegã, Mação, Sardoal, Tomar, Vila de Rei e Vila Nova da Barquinha. A área de estudo definida tem uma área de cerca de 290km² distribuída pelas folhas 330 “Entroncamento” e 320 “Asseiceira”, da Carta Militar de Portugal na escala 1/25000 (Serviço Cartográfico Do Exército, Portugal).

3.2 - Contexto Geológico, Geomorfológico, Litológico e Hidrológico

3.2.1- Contexto Geológico

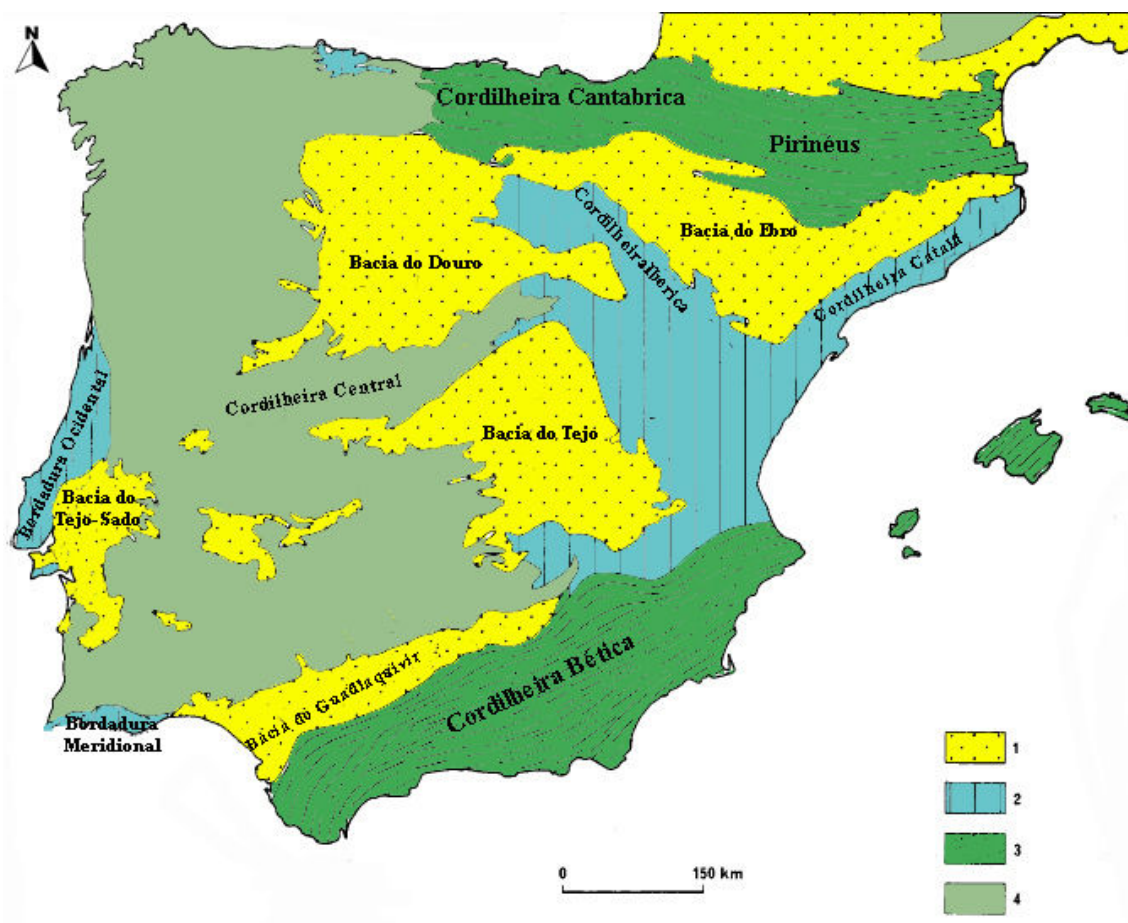


Figura 15 - Divisão da Península Ibérica nas suas unidades morfo-estruturais. 1- Bacias; 2- Orlas e Cadeias moderadamente deformadas; 3- Cadeias Alpinas; 4- Soco Hercínico. Adaptado de FERREIRA (2000).

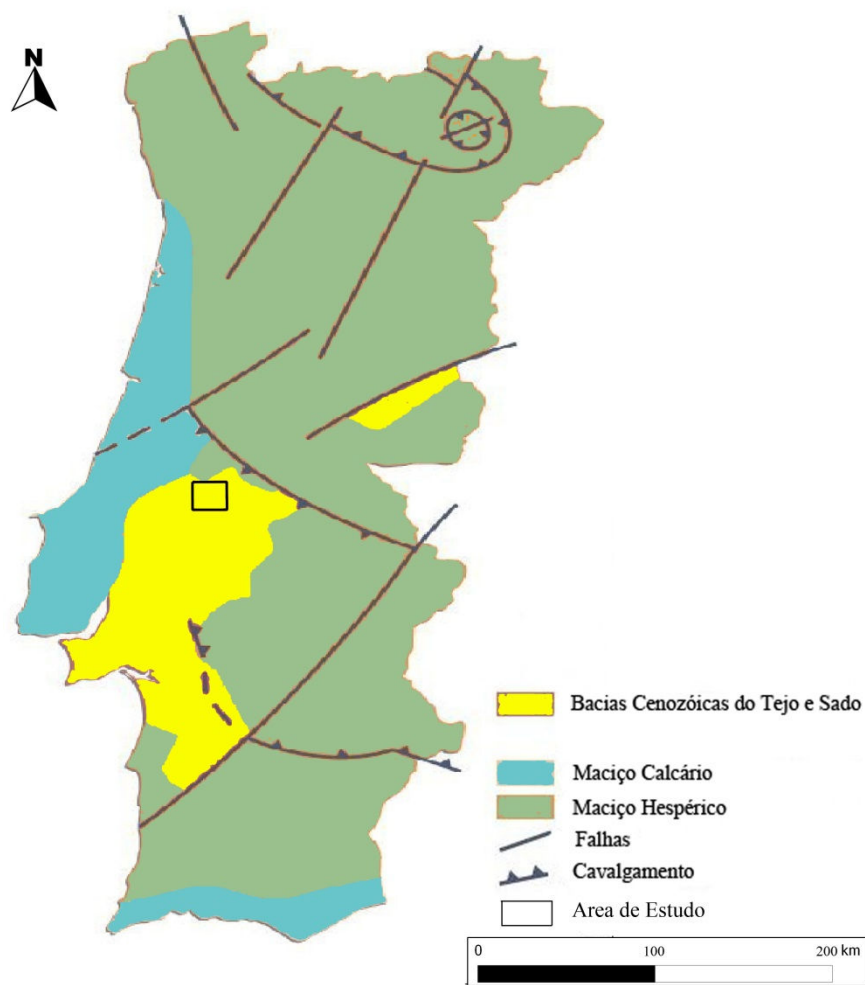


Figura 16 - Mapa das três principais unidades geológicas morfo estruturantes de Portugal. Adaptado de IGEO (2012).

A região em estudo localiza-se na zona Oeste da Península Ibérica (Fig. 15), mais precisamente, na zona central de Portugal. Esta zona central, caracteriza-se por ser uma zona de confluência de três unidades geológicas diferentes (Fig.16). A área de estudo é delimitada a Norte e Este pelo **Maciço Hespérico**, a oeste pelo **Maciço Calcário Estremenho** e a Sul pela **Bacia Sedimentar Cenozóica do Tejo e Sado**.

O **Maciço Hespérico** é uma unidade constituída por formações pré-mesozóicas que se consolidaram desde o fim da orogenia hercínica (FERREIRA, 2000). Fazem parte desta unidade rochas do pré-câmbrico e do paleozóico, onde predominam os xistos, granitos e quartzitos, enrugados ou deslocados por vários ciclos orogénicos que imprimiram a orientação de conjunto a afloramentos das cristas quartzíticas (BRITO 2005 *apud* FERREIRA, 2009). Esta unidade é dominada por formas arrasadas por

sucessivas aplanções, deslocadas e desniveladas por um complexo sistema de falhas (RIBEIRO & LAUTENSACH, 1991). Este maciço consoante as suas características divide-se em três zonas: zona Centro Ibérica (Paleozóica), a zona da Ossa Morena (Precâmbrica) e a cobertura sedimentar (Meso-Cenozóica) (ROSINA, 2004).

O chamado complexo Xisto-Grauváquico parte integrante da zona Centro Ibérica comportasse como terrenos impermeáveis onde a rede hidrográfica é densa e emaranhada. Regionalmente é uma zona que se traduz por uma série de colinas de cumes arredondados e com altitudes semelhantes. A estrutura dos xistos facilita largamente a sua alteração sendo as argilas o produto final. Estas formações predominam no vale do rio Zêzere, limite da zona Centro-Ibérica (GOMES, 2010).

O Maciço Calcário Estremenho, enquanto unidade morfo-estrutural evidencia-se por exibir a maior extensão de rochas calcárias do Jurássico médio presente em território nacional (CARVALHO *et al.*, 2011), erguendo-se ao longo de falhas que o cortam transversalmente (GOMES, 2010).

Devido à natureza carbonatada a existência de cursos de água à superfície é bastante diminuta, estando estes essencialmente confinados aos corredores subterrâneos do maciço cársico. Neste maciço são predominantes e recorrentes estruturas cársicas como as dolinas, uvalas, poljes, os vales secos e os extensos campos de lapíais (CARVALHO *et al.*, 2011).

As formações cársicas do tipo gruta e abrigo encerram em si importantes depósitos sedimentares de idade Quaternária (GOMES, 2010). A dissolução do calcário, evento necessário à formação destas estruturas, deixa para trás um resíduo insolúvel (argilas e areia) de cor vermelha, designado por “terra rossa”. (GOMES, 2010)

Morfologicamente este maciço encontra-se dividido em três regiões elevadas (Martins, 1949 *apud* CARVALHO *et al.*, 2011): a Serra dos Candeeiros, o Planalto de Santo António e o Planalto de São Mamede e Serra de Aire (679m). Entre estas encontram-se dois grandes sulcos tectónicos de Rio Maior-Porto de Mós e de Porto de Mós-Moitas Vendas, ao longo dos quais se formaram as depressões de Mendiga, no primeiro, e de Alvados e de Minde, no segundo. Distingue-se ainda um alinhamento diapírico alongado entre Rio Maior e Batalha

Estes relevos de origem tectónica e fluviocársica juntamente com as suas falhas alinham-se em três direcções principais (NNE-SSW, NW-SE, NE-SW) (GOMES, 2010).

A Bacia Sedimentar do Tejo-Sado (Fig.17), de idade Cenozóica, consiste num conjunto de formações arcósicas que resultam de uma drenagem fluvial no paleogénico devido a uma reativação de fracturas NE-SW na zona Oeste do maciço hespérico que permitiu a abertura não só da bacia do baixo Tejo como também a Bacia do Mondego (GONÇALVES & ZBYSZEWSKI, 1979 *apud* GOMES, 2010).

Estruturalmente a Bacia apresenta camadas sub-horizontais e as margens coincidem com falhas normais, produto da subsidência da bacia, exceto na margem NW do Tejo, onde o Maciço Calcário cavalga a Bacia do Tejo-Sado (FERREIRA, 2000).

A Bacia Cenozóica do Tejo tem cerca de 260km de comprimento com 80 de largura (PAIS *et al.*, 2012) com forma de fosso alongado, aumenta de profundidade de NE para SW, onde a espessura máxima pode atingir os 1400 metros (FERREIRA, 2000). Estes depósitos da bacia do Tejo-Sado, são constituídos por séries detríticas continentais com idade Paleogénica e Neogénica, com intercalações marinhas e salobras correspondentes aos máximos das transgressões Miocénicas (FERREIRA, 2000).

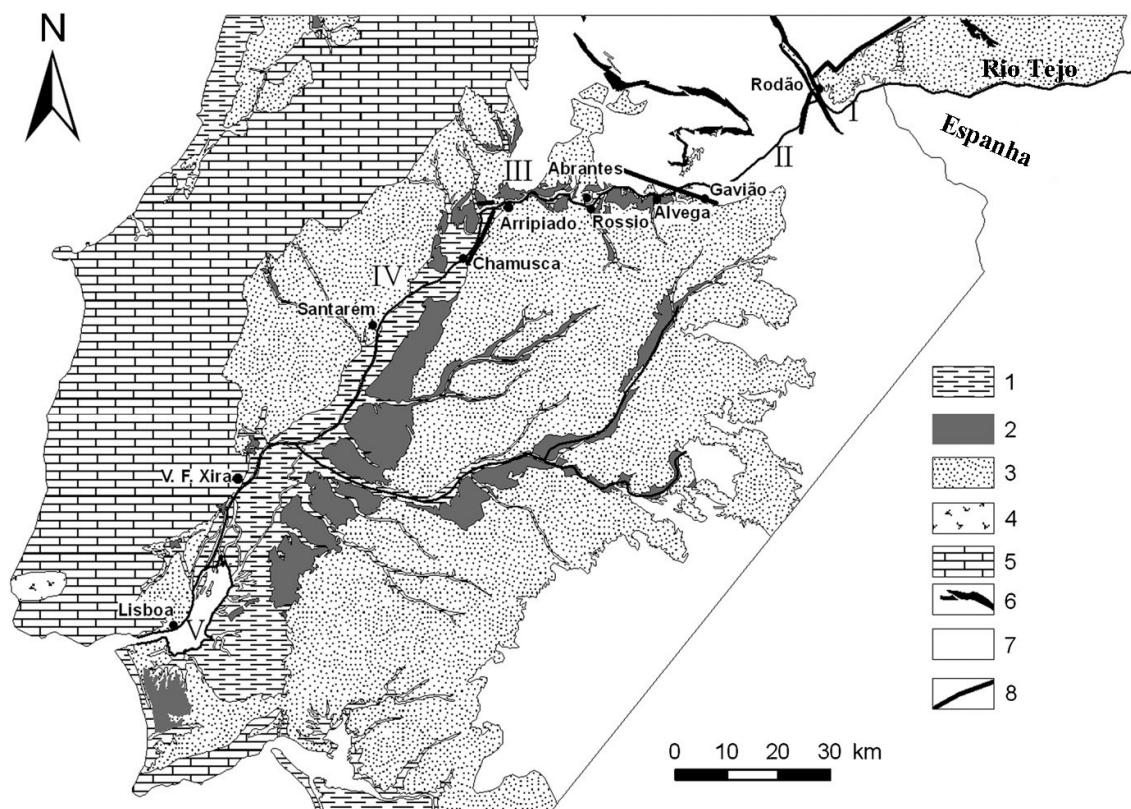


Figura 17 - Mapa geológico simplificado da Bacia do Baixo Tejo Português. Adaptado de MARTINS *et al.* (2009a).

1- Aluviões (Holocénico) e terraços arenosos (Plistocénico); 2- Terraços cascalhentos (Plistocénico); 3- Paleogénico a Pliocénico; 4- Maciço ígneo de Sintra; 5- Mesozóico; 6- Quartzitos (Ordovícico); 7- Substrato (Paleozóico); 8- Falhas que delimitam os diferentes troços.

Divisão do Tejo em troços: I – da fronteira a Ródão; II – de Ródão a Gavião; III – de Gavião ao Arrepiado; IV – do Arrepiado a Vila Franca de Xira; V – de Vila Franca de Xira ao litoral Atlântico.

O enchimento sedimentar terá começado no Eocénico médio e o fim do enchimento / início da incisão fluvial, terá ocorrido no final do Gelasiano (PAIS *et al.*, 2012). O enchimento da bacia, e de acordo com CUNHA (1992) & BARBOSA (1995) *apud* MARTINS (1999) decorreu em três fases: 1 - do Luteciano superior ao Chatiano inferior, abrangendo parte do Eocénico e Oligocénico; 2 - do Chatiano superior até ao tortoniano inferior (Oligocénico superior - Miocénico superior); 3 - do Tortoniano superior ao Pliocénico final. Uma sumarização do corte morfo-estratigráfico final desta evolução pode ser vista na Tabela 3.

Era	Período	Época	Andar	Ma	Sector Intermédio da Bacia Ribatejo/Alto Alentejo	Sector Proximal da Bacia Beira Baixa
Cenozoico	Quaternário	Holocénico		0.0117	Aluviões	Aluviões
		Pleistocénico	Superior	0.126	Terraços	Terraços
			Médio	0.781		
			Calabriano	1.806		
		Gelasiano	2.588	Formação Almeirim / Conglomerado de Vila de Rei	Formação Falagueira	
	Neógeno	Pliocénico	Paicenziano	3.600		Formação Ulme
			Zancleano	5.333	Conglomerado de Rio de Moinhos	Formação de Monfortinho

Tabela 3 - Esquema estratigráfico dos sectores intermédio e proximal da Bacia do Baixo, para o final do Neógeno e Quaternário. Adaptado de PAIS *et al.* (2010, 2012).

O depósito final resultante do enchimento final da Bacia do Baixo Tejo, consiste num manto areno-conglomerático, definido na zona em estudo pela unidade litoestratigráfica designada por Conglomerado da Serra de Almeirim / Conglomerado de Vila de Rei (MARTINS, 1999) e mais a Este (Vila Velha de Rodão) por Formação da Falagueira (CUNHA & MARTINS, 2000). A Formação da Falagueira é descrita como sendo constituída por fácies de conglomerados com origem em leque aluvial e de calibragem pobre com uma matriz que vai desde silte até areia grosseira e incluem clastos de quartzito e quartzo. Esta formação pode atingir os 107m de espessura (PAIS *et al.*, 2012). Este manto conglomerático, é constituído por calhaus de quartzo e quartzito sub-rolados com tamanho máximo entre os 30 e 35cm, nas regiões ao norte do Tejo, diminuindo gradualmente de tamanho para sul (MARTINS, 1999). Estes depósitos consistem em areias e cascalheiras grosseiras de planalto com seixos do Pliocénico, sendo considerados depósitos do tipo *rañas* (Fig.18) (MARTINS, 1999).



A

B

Figura 18 - Exemplos de depósitos tipo *rañas*

A - *Rañas* de Sarzedas (obtido em 29/08/2013 de:

<http://web.lettras.up.pt/asaraujo/geofis/RANASARZEDAS.JPG>)

B – *Rañas* de Toledo (obtido em 29/08/2013 de: <http://web.lettras.up.pt/asaraujo/geofis/ranaToledo.JPG>)

Estes depósitos do tipo *rañas* podem ser definidos como depósitos com “fragmentos de rochas duras e resistentes à alteração (quartzito, quartzo, xistos siliciosos, etc.) pouco rolados ou mesmo apenas esmurrados, com grande flutuação de calibre, quase sempre mal estratificados e envolvidos numa pasta de alteração argilosa, avermelhada, que por vezes forma lentilhas ou delgados leitos.” (RIBEIRO & LAUTENSACH, 1991, p.184).

De acordo com MARTINS (1999) o termo *ranã* na bibliografia espanhola (ver ESCUDERO & OLMO (1997) para uma descrição pormenorizada de um depósito desta natureza) designa acumulações aluviais de sopé de tipo torrencial, associadas a fluxos muito viscosos e a mecanismos de transporte em massa do tipo *debris flow*, com depósitos mais organizados do tipo fluvial.

Com esta definição de *raña*, MARTINS (1999) indica que a formação da Serra Almeirim, embora possua a posição morfo estratigráfica culminante no enchimento da bacia e esteja numa posição imediatamente anterior aos terraços fluviais (posição morfo estrutural típica das *rañas*), não possui o carácter de acumulação aluvial de sopé, sendo este um dos aspetos mais vincados dos depósitos do tipo *raña*.

Embora a Formação de Almeirim não encaixe totalmente na descrição mencionada, por sua vez o Conglomerado de Vila de Rei, já apresenta mais traços em comum com a definição de *raña* espanhola.

Estes depósitos tipo *raña* atestam uma crise de aridez que poderá ter desorganizado toda a drenagem (RIBEIRO & LAUTENSACH, 1991). Mais ainda, as extensas cascalheiras, que se podem encontrar, indicam uma superfície árida e pedregosa que nenhum rio sulcava. Onde em certos sítios, os depósitos culminantes evidenciam, através da posição e rolamento dos calhaus que os compõem, a possível presença de um pré-Tejo desprovido de um escoamento fluvial regular (RIBEIRO & LAUTENSACH, 1991).

Contudo parece haver um consenso que a *raña* apesar de constituir um episódio culminante do enchimento da bacia está separado das séries subjacentes por uma discordância erosiva. Deste modo os conglomerados de Vila de Rei, ao constituírem o fecho do enchimento Gelasiano da bacia como resposta ao levantamento tectónico do Vilafranquiano e ao assentarem de forma discordante sobre os Conglomerados da Serra da Almeirim, têm o estatuto de depósito culminante mas estão separados por meio de uma ruptura com as unidades subjacentes. (MARTINS, 1999). Estes depósitos constituem o topo dos relevos residuais, onde a erosão destes providenciou a carga detrítica que alimentou a formação dos terraços fluviais (GONÇALVES & ZBYSZEWSKI, 1979 *apud* GOMES, 2010).

É sobre estes depósitos culminantes da bacia cenozóica, que ocorre o início da incisão fluvial e o respectivo encaixe fluvial da rede hidrográfica. A ocorrência desta incisão vai “rasgar” toda a bacia cenozóica, provocando o encaixe fluvial dando origem à rede de drenagem e respectivos vales que se podem encontrar actualmente na bacia do baixo Tejo em Portugal.

3.2.2 - Contexto Geomorfológico

Geomorfologicamente a área em questão é caracterizada por uma presença de pequenos planaltos com altitudes que variam entre os 210m (Chorafome) 177m (Seixo) e 180m (Rodeio) que representam o que resta da SCS, e 140m (Alto do Silva) 150m (Barquinha), que representam superfície de erosão N1, os 110m do Lagar do Godinho, que representa a superfície N2. Os primeiros planaltos, que representam o que resta da SCS, correspondem à fase final do enchimento da bacia Cenozóica (ROSINA, 2004) num momento que antecede o início da incisão fluvial que ainda decorre (Martins *et al.*, 2010b). É a partir desta superfície que se dá a evolução do relevo com o encaixe fluvial.

A seguir a estes marcadores residuais, a área é dominada pelas escadarias de terraços fluviais e paralelas superfícies de erosão e que se formaram posteriormente e que se estendem de forma mais ou menos regular por toda a área (Fig.19), até ao nível da planície aluvial actual (p.al.a) (com cota definida para este trabalho a 18m de altitude acima do nível médio da água do mar (a.n.m)) onde corre o rio Tejo. Dependendo da zona, o número de terraços presentes pode variar de apenas alguns até à presença dos seis actualmente identificados.

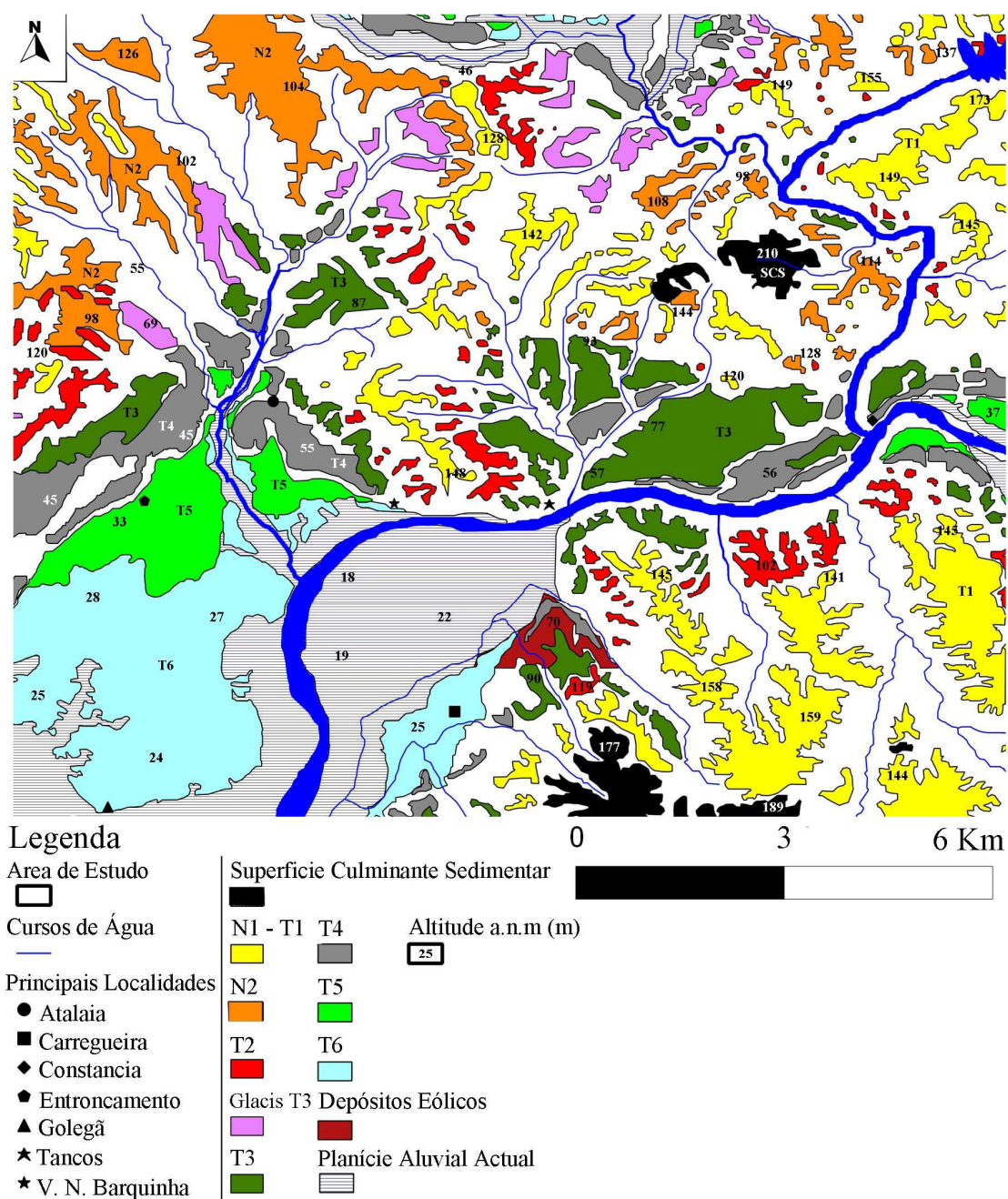


Figura 19 - Mapa dos terraços na área de estudo. Adaptado de MARTINS *et al.* (2009a, 2010b).

Como expósito na Figura 17 MARTINS *et al* (2009a) divide o Tejo português em 5 troços delimitados pelas falhas locais. Com esta divisão salienta-se que a área de estudo encontra-se dividida entre os troços III e IV, englobando a parte final do troço III e o princípio do troço IV.

Deste modo e para contextualizar este estudo, importa sumarizar as características dos depósitos em questão na área de estudo, nomeadamente a SCS, o nível erosivo N1, e os seis níveis de terraços que se lhe seguem (T1 a T6). A SCS na área em estudo, embora erodida pode ser caracterizada por comparação com outras áreas. Deste modo é um depósito que se pode encontrar a várias cotas de altitude (180 - 207m) de altitude e com uma espessura de 29m. O depósito é composto por areias grosseiras avermelhadas com lenticulas e cascalho composto por cerca de 67% de quartzo e 33% de Quartzito. O tamanho médio dos seixos (Medium Pebble Size - MPS) é de 15cm (MARTINS *et al.*, 2010). Como paralelismo verifica-se que a SCS em Vila Velha de Rodão, identificada como Formação da Falagueira é um depósito com cerca de 10m de espessura. Onde o rio Tejo da altura fluiria sobre um leque aluvial com 12km de largura. Esta formação é constituída por quartzos arenitos e conglomerados com seixos de quartzito (80%) e quartzo com um MPS de 25cm (CUNHA *et al.*, 2008).

Após o início da incisão da rede de drenagem sobre SCS, e paralelamente ao terraço T1, encontra-se o nível erosivo N1 com perfil de rampa. Também apelidado de Nível Mora Lamarosa, tendo sido identificado na área drenada pelos afluentes do Tejo numa zona a jusante da vila da Chamusca (MARTINS, 2001).

Este nível N1 pode ser identificado nos planaltos do Campo Militar de Santa Margarida e S. Miguel do Rio Torto com altitudes de 140-170m no lado Sul do Tejo. No lado norte do rio, este nível tem menor expressão, traduzindo-se em morfologias do tipo “vale de berço” embutidas na SCS (MARTINS, 1999, 2001). Acima deste nível, a SCS é visível através de relevos residuais de perfil trapezoidal, com cotas entre os 190-200 no lado Sul, e cotas entre os 240-300m, para além dos já supracitados a Norte do rio. Este nível caracteriza-se essencialmente pela presença de sedimentos siliciclásticos grosseiros similares aos do Cgl. Serra de Almeirim (MARTINS, 1999, 2001).

Paralelamente a este nível erosivo desenvolve-se o terraço T1 e os próximos degraus do encaixe fluvial comuns ao Tejo e aos seus principais afluentes. Como supracitado a área de estudo encontrasse distribuída nos termos da divisão previamente mencionada, entre os troços III e IV. Com isto segue-se a caracterização sumária dos 6 níveis de terraços dos dois troços (Tab.4).

Descrição Sumária dos Terraços				
	Alt. m	MPS cm	Espessura m	Descrição
Troço III				
T1	168	24	5	Conglomerados com clastos de quartzito (70%) e de quartzo (30%)
T2	132	24	5-10	Conglomerado com clastos
T3*	98	25	10-12	Conglomerados suportados por clastos e intercalados por lenticulas de areia.
T4**	85	26	8	Conglomerados
T5	50	15	6	Conglomerados suportados por clastos que estão cobertos por cerca de areia e argilitos.
T6				
Troço IV***				
T1	120	34 12	14	Cascalho e blocos com matris avermelhada que assentam sobre a base metamórfica. 67% da matéria-prima é quartzito e 33% é quartzo.
T2	111	22	18	Matriz avermelhada. 65% da matéria-prima é quartzito e o restante quartzo
T3	70-80	21	10	Matriz de cascalho avermelhada. 65% de quartzito e 35% de quartzo.
T4	57	25	12	Matriz avermelhada de cascalho na base com areias grosseiras e silte no topo.
T5	34	25 10	10	Matriz cascalhenta avermelhada na base com areias grosseiras e silte no topo.
T6	25	7	7	Camada base cascalhenta com areias grosseiras e camada superior areno-siltosa de cor amarelada

Tabela 4 - Sumário dos terraços do rio Tejo nos troços III e IV. Adaptado de MARTINS *et al.* (2009a, 2010b).

* Devido à presença continua deste terraço, é provável que o mesmo represente um período de equilíbrio fluvial na história do rio, que permitiu a criação de um terraço de patamar rochoso, escavando nos socos rochosos resistentes desta zona.

** Apenas se verifica a presença dos terraços T3 e T4 nas zonas de depressão intercaladas por falhas. Estas são zonas onde o rio tejo promoveu o alargamento do seu vale, escavando os depósitos “moles” da bacia cenozóica promovendo posteriormente a agregação dos sedimentos e consequente formação dos terraços. Entre as depressões descritas, o rio apenas escavou um vale estreito no soco rochoso mais duro que funciona como nível de base para as zonas mais a Este do Rio. Mais ainda, a formação limitada de terraços nestes vales mais estreitos pode indicar uma erosão vertical focada.

*** Uma das principais características que definem este troço é que ao longo da sua extensão não é possível correlacionar os terraços das duas margens através da sua altitude. Isto ocorre porque os terraços da margem Este encontram-se a uma maior altitude que os da margem Oeste possivelmente devido ao fenómeno de uplift regional (Fig.20).

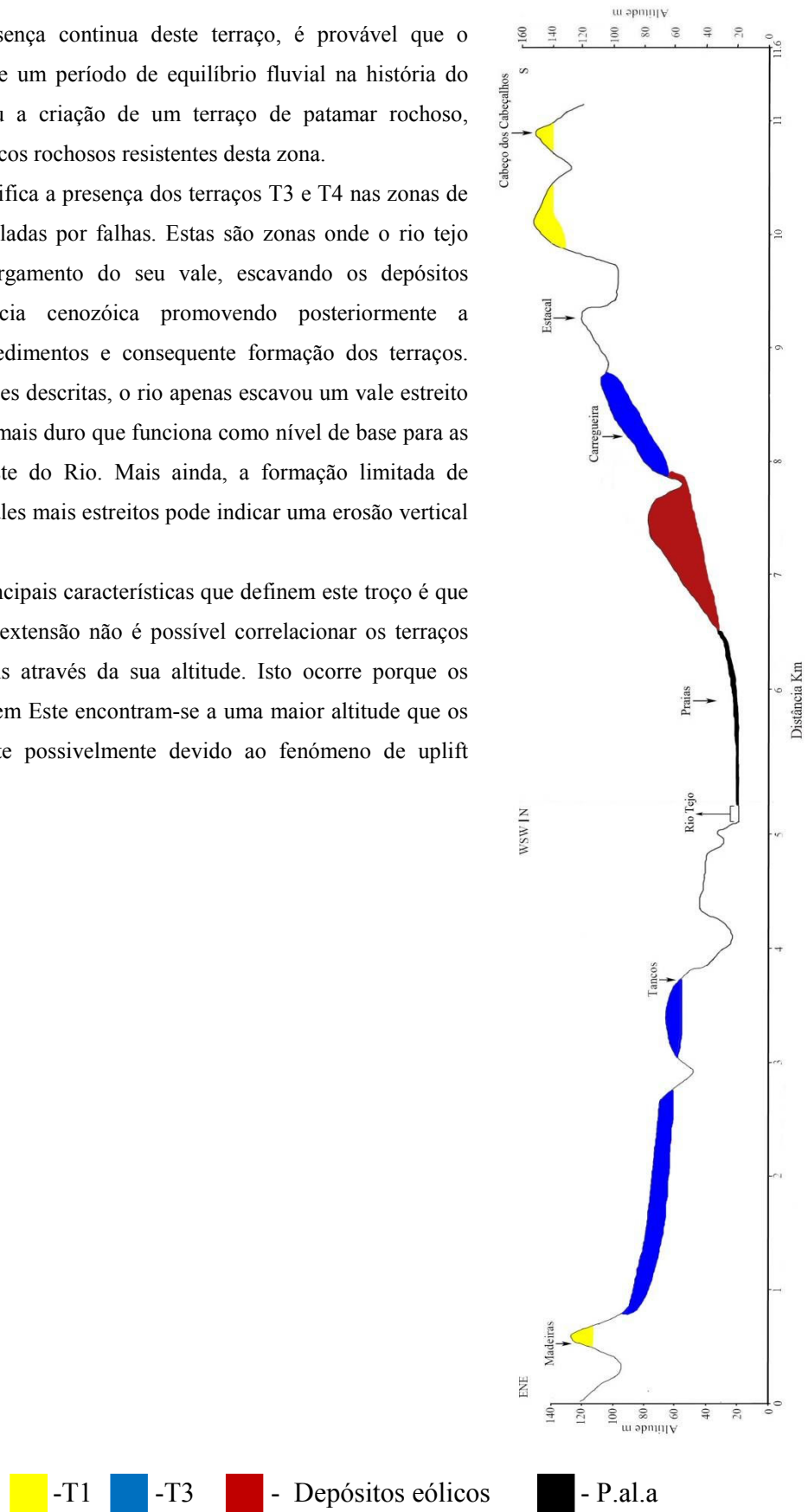


Figura 20 - Perfil topográfico (x12) exemplificativo das diferenças altimétricas da escadaria de terraços do Tejo, na área de estudo, entre a margem Norte e a margem Sul / Este.

3.2.3 - Contexto Litológico

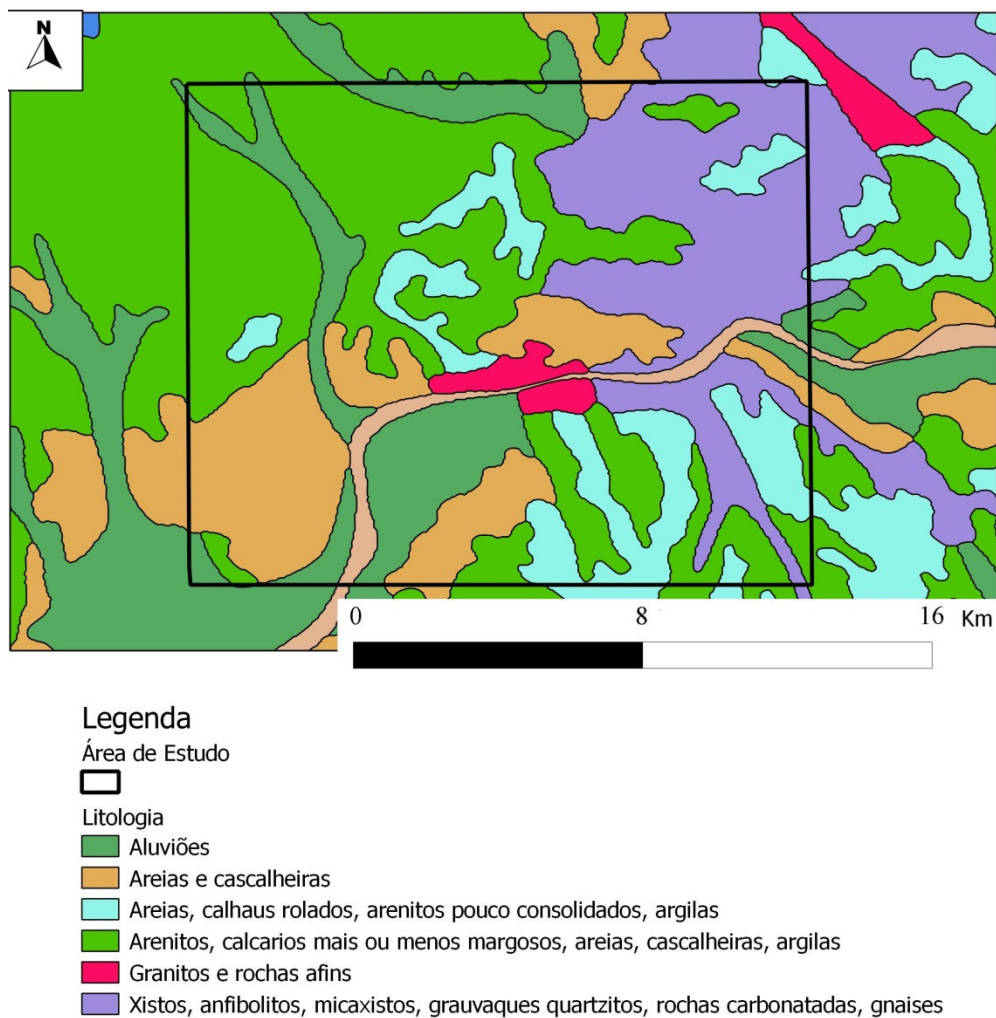


Figura 21 - Mapa da composição litológica da área de estudo (Dados do Atlas Ambiente).

A área de estudo concentra 6 litologias diferentes (Fig.21). Ao centro a presença de granitos, com os xistos a predominarem na zona NE e intercalados com areias e arenitos que predominam na zona NO, as areias e cascalheiras na zona centro e SO da área de estudo. Os aluviões dominam o leito do Tejo e dos principais cursos de água.

3.2.4 - Contexto Hidrográfico

Na zona em estudo o principal curso de água é o rio Tejo, seguido de outros afluentes de menor tamanho mas com igual importância no território, com é o caso do rio Zêzere, do rio Nabão e da Ribeira da Ponte da Pedra (Fig.22).

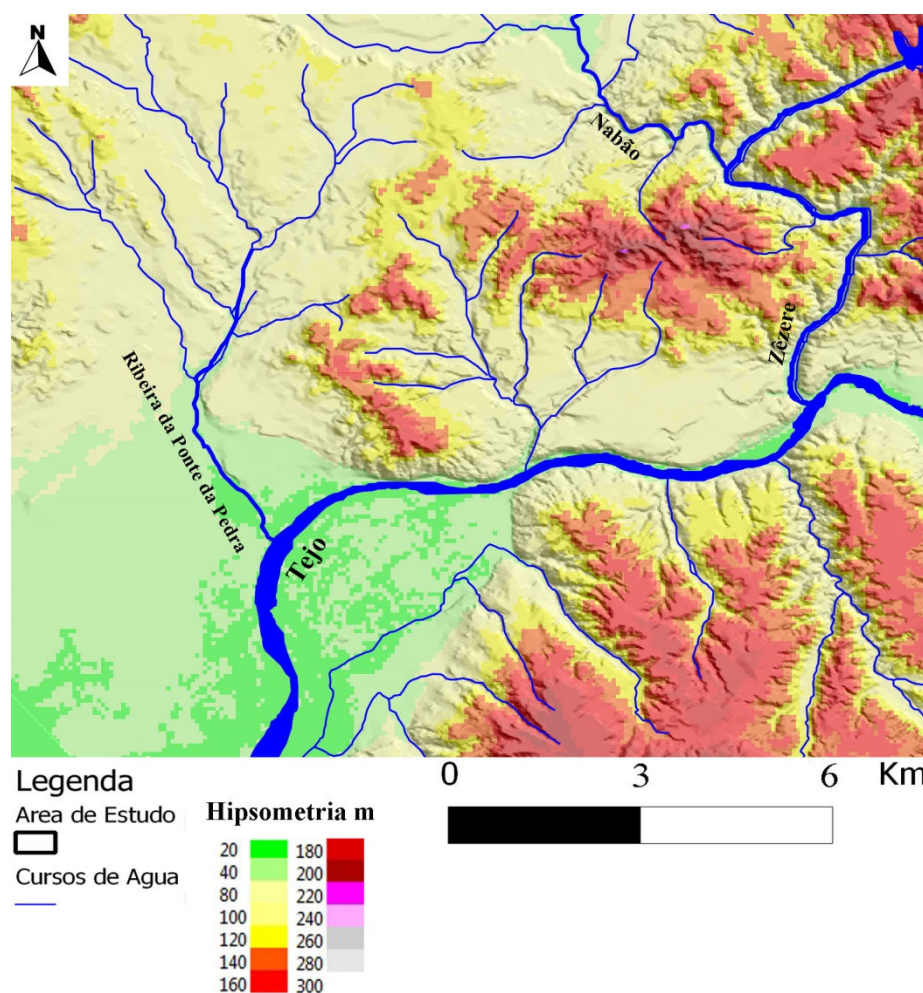


Figura 22 - Mapa hidrográfico e hipsométrico com os principais cursos de água da área de estudo sobre MDT.

No caso do rio Tejo e devido à temática, é necessário mais do que uma caracterização focalizada na área de estudo. Importa deste modo tentar caracterizar o Tejo em toda a sua extensão ibérica.

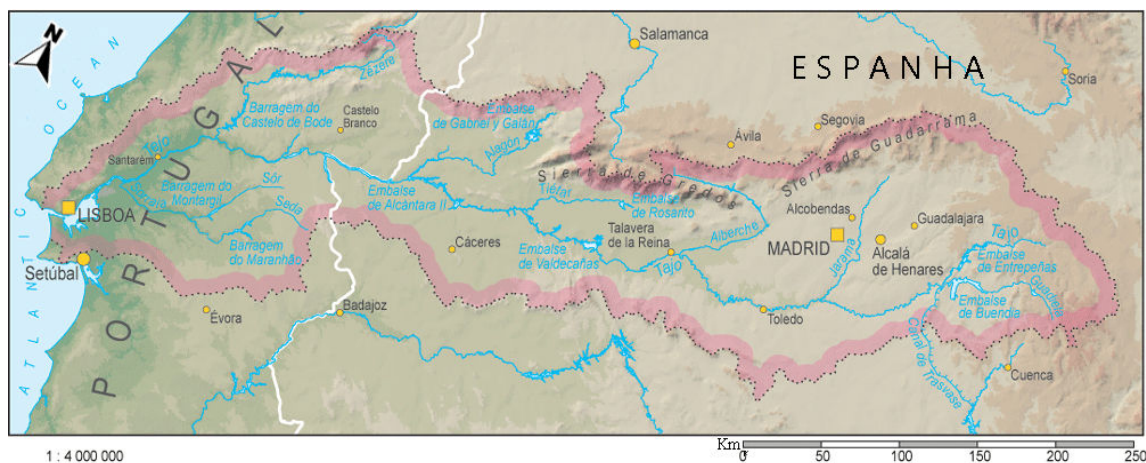


Figura 23 - Bacia Hidrográfica do Tejo. Adaptado de DEL PIETRO (2013).

O rio Tejo, com idade de 3.4 Ma (GOMES, 2010) que terá começado a ter os contornos actuais (com o início da incisão do Tejo) no início do Quaternário (ROSINA, 2004), tem uma extensão de cerca de 1200km, e é tido como o maior rio da Península Ibérica em comprimento e o terceiro maior no que diz respeito à dimensão da bacia hidrográfica (Fig.23) com uma área de 81,947km² (BENITO *et al.*, 2003a). Este rio caracteriza-se por ter um regime caracterizado por uma alta variabilidade sazonal e anual com a ocorrência de grandes cheias que podem provocar descargas na foz, em Lisboa, cerca de 30 vezes superior ao valor da descarga anual, que é de 500 m³ s⁻¹ (BENITO *et al.*, 2003b). Os principais afluentes do rio Tejo são (GUIA, 2011): **margem Norte** - Jarama, Guadarrama, Alberche, Tiétar, Alagón, Erges, Aravil, Ponsul, Ocreza, Zêzere, Almonda, Alviela, Maior e Trancão; **margem Sul** - Guadiela, Algodor, Ibor, Almonte, Salor, Sever, Nisa, Figueiró, Arez, Alpiarça (Ulme), Muge, Sorraia, Almansor, Inguias e Coia.

Com a sua nascente na Sierra de Albarracín, o rio atravessa a bacia cenozóica de Madrid, atravessando depois as serras de Guadarrama e de Gredos em direcção à cidade de Toledo onde meandra pelo Maciço Hespérico. Com a entrada em Portugal o rio atravessa diversas bacias sedimentares ligadas por gargantas, como é o caso da garganta quartzítica das Portas do Ródão. Posteriormente entra na grande Bacia Cenozóica do Ribatejo, onde adquire o estatuto de rio de planície. Estatuto que mantém até desaguar em Lisboa, atravessando um corredor rectilíneo rodeado por colinas em direcção ao Atlântico (DAVEAU, 1995). Desde a sua nascente até ao Ribatejo tem uma direcção E-O, mudando para S-O a partir do Alto Ribatejo (localização da região de estudo)

(RIBEIRO & LAUTENSACH, 1991). Importa aqui referir, que o rio, na área em estudo foi desviado artificialmente por intermédio da construção de represas entre os Séc. XVII e XVIII, com o intuito de beneficiar os terrenos agrícolas da margem direita (ROSINA, 1994).

Em termos genéricos o rio Tejo divide-se em três partes: **Alto Tejo** - desde a nascente na Sierra de Albarracín até a Comarca de la Cuesta de las Encomiendas; **Médio Tejo** - vai desta última até a *barragem de Cedilho* e o **Baixo Tejo** que vai desde a *barragem de Cedilho*, incluindo naturalmente Vila Velha de Rodão, até Lisboa, onde encontra o Atlântico (GUIA, 2011).

O perfil que o rio Tejo apresenta (Fig.24) é mais regular que o do Douro, com a nascente a 1593m, descendo acentuadamente até ao início do Médio Tejo já a 600m (Médio Alto: 600-300m; Médio Baixo: 300-100m) descendo a partir daí de forma regular e suave até ao início do Baixo Tejo a 100m de altitude, partir de onde continua a decrescer progressivamente até ao nível do mar em Lisboa (GUIA, 2011). A bacia com desenho comprido e estreito (a largura oscila entre os 100 -120km (RIBEIRO & LAUTENSACH, 1991)) é bastante assimétrica, onde os afluentes do lado direito são mais abundantes que os da margem esquerda (DAVEAU, 1995).

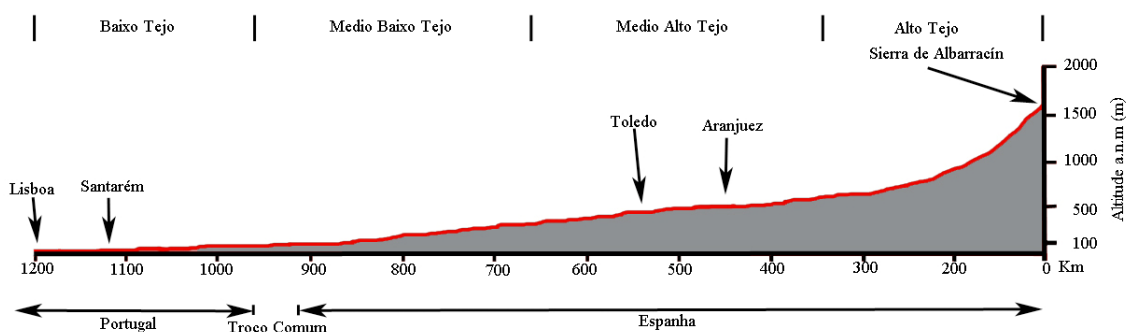


Figura 24 - Perfil longitudinal simplificado do Rio Tejo. Adaptado de Dias (2000).

Por sua vez o rio Zêzere com direcção NE-SO, que se junta ao Tejo a Norte na zona oeste da área de estudo é um rio com nascente na serra da estrela, tendo cerca de 242km de extensão e uma bacia hidrográfica com 4995,7km² de área (DAVEAU, 1995). A descarga do rio é influenciada pela presença da barragem de Castelo de Bode, construída nos anos 40 (ROSINA 2004). No rio Zêzere foram identificados dois terraços fluviais na zona da confluência deste com o rio Nabão, denominados D69 e D100 (MOZZI *et al.*, 1999).

O rio Nabão com direcção maioritariamente N-S e O-E na última parte aflui para o Zêzere também na zona Norte da área de estudo. Com nascente em Ansião tem uma extensão de 65km e uma bacia hidrográfica com cerca de 1016Km² de área (FERREIRA, 2009). No rio Nabão foram identificados 7 níveis de terraço denominados T1, T2, T3, T4, T5, T6a e T6b (MOZZI *et al.*, 1999).

Por sua vez a Ribeira da Ponte da Pedra, com direcção N-S, aflui para ao Tejo na zona Centro-Oeste da área de estudo, com a sua bacia hidrográfica a dominar toda a zona Oeste.

Através de vários estudos (CORRAL FERNANDEZ, 1998; MOZZI, 1998; PENA DOS REIS; 1998) ficou patente que o rio Nabão terá sofrido uma alteração de curso, durante o Quaternário (Pleistoceno Inferior?), sendo que anteriormente fluía directamente para o Tejo pelo actual curso da Ribeira da Ponte da Pedra, dado observável na largueza do vale desta última, que é demasiado amplo tendo em conta o volume de água actual (ROSINA, 2004).

3.3 - Estudos Prévios

Como referido na introdução o estudo dos terraços antigos em Portugal tem sido limitado pelo alcance cronológico dos métodos de datação empregues até ao momento. Com efeito, existe um quadro cronológico bem definido para os degraus mais recentes da escadaria fluvial, com várias datas obtidas para a zona em estudo e para a zona mais Este do rio Tejo português. Embora as datações para os terraços mais recentes tenham permitido a cimentação da sua cronologia o mesmo não acontece para os mais antigos, sendo que as datas que lhes são aposentadas tem origem em exercícios de extrapolação assentes nas datas mais recentes dos terraços T6, T5 e T4 e T3.

De modo a contextualizar os resultados do estudo aqui apresentado importa dar a conhecer os trabalhos e respectivas datas apontadas até ao momento para a evolução da escadaria de terraços do Tejo português. Embora o foco desta dissertação seja restrito à área de estudo, não pode ser descurado o panorama geral do estudo do encaixe e evolução fluvial do rio Tejo, sendo também importante dar a conhecer as cronologias para a escadaria de terraços do Tejo em Espanha de modo a ser possível contabilizar a totalidade do quadro cronológico do Tejo em toda a sua extensão.

3.3.1 - Portugal

Os primeiros trabalhos relativos ao estudo de terraços fluviais em Portugal remontam à década de 1940 (RIBEIRO, 1943; BREUIL & ZBYSZEWSKI,

1942, 1945; ZBYSZEWSKI, 1953). O resultado destes trabalhos, aparece pela primeira vez nas cartas geológicas da altura representadas à escala de 1/50000. Nestes primeiros trabalhos identificaram-se 4 níveis de terraços (Q1 a Q4) primeiramente separados por critérios altimétricos (Q1: +95 - 75 m, Q2: +65 - 50 m, Q3: +40 - 25 m e o Q4: +15-8m, m= metros acima da Planície aluvial actual), e por referência ao Modelo das Glaciações Alpinas onde cada terraço identificado com esta terminologia era atribuído a um dos estádios interglaciais das quatro glaciações alpinas (Q4 =Riss/Wurm, Q3 = Mindel/Riss, Q2 = Gunz/Mindel, Q1 = pre-Gunz)(ROSINA *et al.*, submissão).

A primeira tentativa de datação de depósitos de terraço do rio Tejo surge por RAPOSO & SANTOJA (1995) e por RAPOSO & CARDOSO (1998) que aplicam métodos de datação por Luminescência e por Séries de Urânio. Estas datações foram realizadas em quatro sítios arqueológicos ricos em matérias paleontológicas e arqueológicas. Para o sítio do Vale do Forno 3 (Q4) são indicadas 3 datas: 117 ka (-26 ka + infinito), 119 ka (-32 ka + infinito) e >124 ka. De acordo com MARTINS *et al* (2010b), estas datas deverão ser encaradas como datas mínimas.

CUNHA *et al.* (2005), realiza um estudo geomorfológico com incidência no fatores tectónicos que influenciam a incisão fluvial, na zona mais Este do rio Tejo português. Neste trabalho é proposto um modelo de evolução fluvial assente num sucessivo uplift regional, que da origem a períodos de incisão acelerada. Também são indicadas as taxas de incisão prováveis para os terraços T3 (1.0 m/ka (58 m/60 ka)), e T4 (0.7 m/ka (24 m/33.8 ka)). Aqui assume-se que o início da incisão fluvial terá tido início há cerca de 2,6 Ma com uma taxa de incisão de 0.1 m/ka.

Como complemento Cunha *et al.* (2008) indica a realização de uma série de datações com recurso a Termoluminescência (TL) e a Luminescência Opticamente Estimulada (OSL) também na zona mais a Este do rio Tejo português. Com as datações obtidas foi possível, para esta zona do Tejo português, enquadrar os terraços fluviais recentes da seguinte maneira: T5-31 a 40Ka (T5 Topo: $31.6 \pm 1.3\text{ka}$; T5 base: $34.8 \pm 1.3\text{ka}$ / $38.5 \pm 1.6\text{ka}$); T4- 100 a 280Ka (T4 base: $277 \pm 17\text{ka}$ / $209 \pm 11\text{ka}$; T4 médio: $105 \pm 5\text{ka}$ / $113 \pm 6\text{ka}$ / $125 \pm 7\text{ka}$; T4 indf.: 151 ± 6 ; T4 topo: $136 \pm 10\text{ka}$ / $129 \pm 8\text{ka}$); T3-> 300 Ka (Pleistoceno Médio-Superior). Neste trabalho o terraço T4 é considerado um complexo dividido em dois terraços. Mais tarde Cunha *et al.* (2012) renomeia estes dois terraços como T4 e T5, onde o T5 local passa a ser o T6 basal. Contudo e devido a limitações próprias da aplicação destes métodos, a datação dos terraços mais antigos não foi possível. Com recurso a uma extrapolação, é indicado que o T3 terá 470ka, o T2-1,2Ma e o T1- 1.6Ma. E é assumido que a incisão teria tido início há cerca de 2.6Ma. Sugerem-se também taxas de incisão para os terraços T4 (0.23m/ka) e T5 (0.52m/ka). Para a velocidade da incisão com base na idade indicada para o início da mesma é apontado um ritmo que variaria entre 0.07 e 0,10m/ka.

Na mesma zona ALMEIDA *et al.* (2008) indica uma data de $135 \pm 21\text{ka}$ por OSL para o topo do terraço T4.

MARTINS *et al.* (2009a) indica uma série de datações realizadas na zona centro oeste do rio Tejo português com recurso a OSL e K-feldspar Infrared Stimulated Luminescence (K-IRSL). As datas obtidas revelam que o T5 ter-se-á formado entre 42-99ka (T5 médio: $85 \pm 3\text{ka}$ / $96 \pm 5\text{ka}$; T5 topo: $42 \pm 2\text{ka}$ / $50 \pm 2\text{ka}$ / $76 \pm 4\text{ka}$ / $51 \pm 3\text{ka}$ / $42 \pm 2\text{ka}$); O T4 entre 107-222ka (T4 base: 107 ± 5 / 190 ± 15 ; T4 médio: $169 \pm 9\text{ka}$ / $172 \pm 6\text{ka}$; o T4 topo: $160 \pm 9\text{ka}$ / $210 \pm 12\text{ka}$ / $222 \pm 18\text{ka}$ / 139 ± 7 / 125 ± 7 ; T4 indf.: $124 \pm 6\text{ka}$). O T3 terá sido antes de 300ka, talvez 325-380ka (T3 base $311 \pm 17\text{ka}$ / 292 ± 14 ; T3 topo: $312 \pm 19\text{ka}$). Para o T2 com recurso a extrapolação é indicada uma idade de 900Ka e para o T1 uma idade de 1.5Ma e para a SCS é assumida uma idade relativa de 2.5Ma. Foram também calculadas adicionalmente as taxas de incisão médias para os terraços T4 (0.29m/ka) e T5 (0.42m/ka) da zona de Alvega e também para os terraços T4 (0.31m/ka) e T5 (0.32m/ka). Ambas as zonas inserem-se no troço III.

Posteriormente em 2009 (MARTINS *et al.*, 2009b) realiza um estudo que visa o estudo das taxas de incisão, para os terraços mais recentes dos últimos 290ka, com base nas datações obtidas até ao momento para os troços III e IV do Tejo em Portugal. Com os dados obtidos e por extrapolação é indicado as idades prováveis para os terraços T2 (475ka) e T1 (670ka) e para o início da incisão sobre a SCS terá tido ocorrido há cerca de 870ka. Relativamente às taxas de incisão calculadas é indicado para o troço III uma taxa média de 0.29m/ka (T3 - 0.22; T4 - 0.32; T5 - 0.3 e T6 - 0.34). Para o troço IV é indicado uma taxa média de 0.13m/ka para a margem Oeste (T3-0.14; T4-0.19; T5-0.13 e T6- 0.09) e 0.36m/ka para a margem Este (T3 -0.26; T4- 0.42; T5- 0.39 e T6 -0.37). Mais ainda é indicado um valor médio geral de 0.19m/ka para a evolução da incisão do Tejo na região estudada. Neste trabalho é também indicado que as taxas calculadas estão dentro dos valores de 0,1 a 0,2 mm/ano apontados para o levantamento tectónico regional no litoral.

Ainda em 2009 (DIAS *et al.*, 2009) é feito um estudo com vista à datação, por Luminescência (Quartz –OSL), de um depósito fluvial do sítio arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra (Atalaia), Alto Ribatejo (médio Tejo português). Neste trabalho é indicada uma datação de cerca de 300ka ($304 \pm 19\text{ka}$) para a base do terraço T4, e uma datação de cerca de 90ka ($89 \pm 13\text{ka}$) para o topo do terraço T5.

Em MARTINS *et al.* (2010a) são mostrados os resultados de datações realizadas, para a zona centro do rio Tejo português, datações com recurso a K-FELDSPAR IRSL. Com os resultados obtidos e em associação com os resultados até aquela altura é indicado um quadro onde o T6 aparece com uma datação provável entre os 60-30ka com relação ao MIS 3; o T5 de 136-75ka; com relação ao MIS 5; o T4 entre <340-150ka, provavelmente ligado aos MIS 9-6 e o T3 com idade superior a 300ka estando a sua formação apontado ao MIS 11.

Posteriormente MARTINS *et al.* (2010b) indica uma nova série de datações com recurso a IRSL (T3 - $\geq 291 \pm 14$ ka, T4 - $\geq 175 \pm 6$ ka; T6 - 56 ± 2 ka) em depósitos da zona de Vila Nova da Barquinha que em complemento com as já efectuadas anteriormente permitem datar os terraços mais recentes a partir de 300ka, contribuindo para cimentar as datas previas já obtidas. Com o quadro obtido o T3 será mais velho do que 300ka (talvez entre 410-370ka), o T4 terá sido formado entre os 300-160ka e o T5 terá sido formado entre 136-75ka e o T6 entre 62 -30ka.

Em CUNHA *et al.* (2012) são indicadas uma série de datações com recurso a OSL em sítios arqueológicos em contexto fluvial, na zona mais Este do Tejo português (Vila Velha de Rodão). Com os resultados destes trabalhos foram fortalecidas as datações para os depósitos mais recentes: T6 - 62 to 32ka; T5 - 136 to 75ka; T4 - 340 to 150ka. Para os depósitos mais antigos, foram obtidas idades com recurso a extrapolação das datas existentes: T3 -350ka (Pleistoceno Médio); T2 – 500ka (Pleistoceno Médio); T1 – 1Ma (Pleistoceno Inferior) e SCS – 1.7Ma (Pleistoceno Inferior).

3.3.2 - Espanha

Em 2007, SANTISTEBAN & SCHULTE (2007) realizam um trabalho de compilação e síntese dos estudos sobre os depósitos fluviais dos maiores rios da Península Ibérica. No caso do rio Tejo, também são considerados, para além do próprio, os seus principais afluentes. O que resulta num sistema total com 23 terraços (T1-T23), sendo que desses, 13 são directamente do rio Tejo. Deste sistema de terraços, apenas alguns se encontram datados (datação direta ou então por correlação faunística e altimétrica). Aqueles que apresentam as datas prováveis mais antigas, são o T17 com 444Ka, e o T16 e T15 com atribuições cronológicas que variam entre os 130-550ka. É

também indicado que o terraço T13 é contemporâneo à transição Matuyama-Brunhes (780ka), e o início da incisão teria começado no início do Quaternário.

Neste trabalho de SANTISTEBAN & SCHULTE (2007) são apontadas várias cronologias possíveis para o início da incisão fluvial nas bacias do Tejo, Guadiana rio Ebro e para o sistema fluvial do Guadalquivir e Aguas (Fig.25). É indicado que o final do enchimento da bacia/início da incisão fluvial e consequente formação dos primeiros degraus de terraços no Tejo, no território espanhol, terá começado provavelmente no Gelasiano, aquando da transição paleomagnética Gauss- Matuyama, ou seja no início do Quaternário. Para o Ebro, embora não existam depósitos datados, é apontado que o início da incisão terá ocorrido antes de à 1.8Ma.

Para o fim do enchimento da bacia do Guadiana e provável início da incisão é indicada uma janela cronológica de 1.9-1.5Ma.

Para o fim do enchimento/início da incisão no sistema do Guadalquivir é apontada a data de 1.7Ma por ESCUDERO & OLMO (1997) obtida através da datação paleomagnética para o corpo superior de um depósito *raña* da região de Montoro (Córdoba).

Para o Aguas, e a par do Tejo, é apontado que o início da incisão terá possivelmente ocorrido na transição Gauss - Matuyama, início do Quaternário (2.6Ma).

Aqui e depois da análise dos vários sistemas fluviais ibéricos SANTISTEBAN & SCHULTE (2007) indica que o início da incisão fluvial e posterior formação dos terraços é diacrónico, não sendo contemporâneo em todas as bacias.

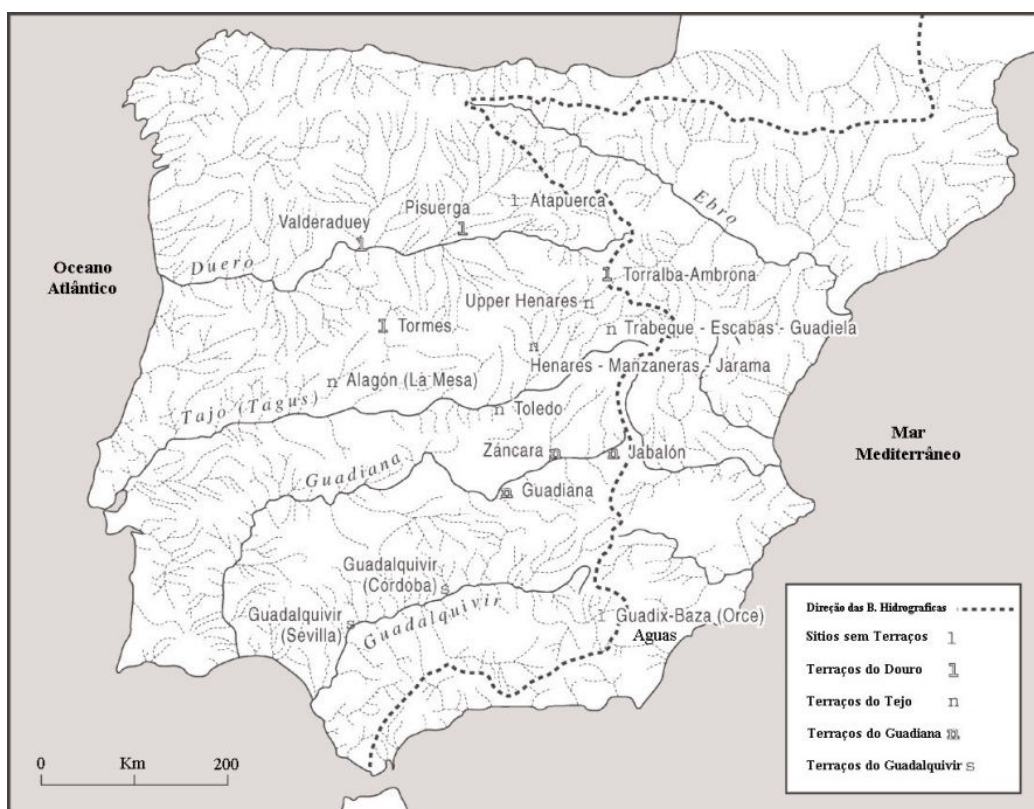


Figura 25 - Representação das principais bacias hidrográficas da Península Ibérica. Adaptado de BRIDGLAND *et al.*, 2006).

3.4 – Quadro das Datações ESR

A aplicação do método de datação por ESR na região em estudo advém da necessidade da aplicação de um método que possibilita-se a obtenção de uma cronologia absoluta para os terraços mais antigos uma vez que até agora, apenas foi possível obter um quadro fiável para os terraços mais recentes.

Deste modo em 2009 estabeleceu-se uma colaboração com o *Muséum national d'Histoire naturelle* (MNHN) de Paris, França, onde investigadores desta instituição já algum tempo tem conseguido aplicar, com sucesso, este método a depósitos fluviais (VOINCHET *et al.*, 2004; BAHAIN *et al.*, 2007; VOINCHET *et al.*, 2010). Deste modo uma equipa de investigadores do MNHN deslocou-se então à região (Fig. 26) e recolheu uma série de amostras para datar (das quais apenas se obtiveram 8 datas) (Tab.5 e 6), divididas pelos terraços T1,T3, T4 e T5 da região do médio Tejo português. De seguida expõem-se os resultados obtidos:

Terraço	Amostras	U(dpm/g)	Ra(dpm/g)	Rn(dpm/g)	Th (dpm/g)	K (%)	<i>In situ</i> gamma $\mu\text{Gy/a}$	Dose còsmica $\mu\text{Gy/a}$
T1	Madeiras	1,483 \pm 0,052	1,556 \pm 0,108	1,570 \pm 0,018	1,853 \pm 0,027	0,456 \pm 0,008	618 \pm 14	220 \pm 11
T3	Carregueira base	1,346 \pm 0,099	1,136 \pm 0,188	1,273 \pm 0,031	1,388 \pm 0,046	2,845 \pm 0,031	1057 \pm 30	89 \pm 4
T3	Carregueira topo	1,437 \pm 0,073	1,239 \pm 0,143	1,359 \pm 0,024	1,156 \pm 0,033	2,896 \pm 0,024	1145 \pm 31	42 \pm 2
T4	Rpp1	0,779 \pm 0,083	0,623 \pm 0,167	0,688 \pm 0,025	0,912 \pm 0,039	1,442 \pm 0,023	635 \pm 15	231 \pm 12
T4	Rpp2	0,890 \pm 0,070	0,837 \pm 0,136	0,833 \pm 0,021	1,348 \pm 0,034	1,745 \pm 0,019	841 \pm 22	227 \pm 11
T4	Bcr1	2,374 \pm 0,080	2,832 \pm 0,158	2,624 \pm 0,029	1,862 \pm 0,038	2,052 \pm 0,020	1063 \pm 30	202 \pm 10
T4	Bcr2	3,248 \pm 0,062	3,258 \pm 0,118	3,504 \pm 0,021	4,343 \pm 0,033	2,182 \pm 0,013	1325 \pm 33	202 \pm 10
T5	Rpp3	1,228 \pm 0,045	1,141 \pm 0,093	1,156 \pm 0,014	1,205 \pm 0,021	0,795 \pm 0,008	514 \pm 22	248 \pm 12

Tabela 5 - Dados radiométricos das amostras recolhidas: Bcr: Barquinha Capela Roque Amador; Rpp: Ribeira da Ponte da Pedra.

Terraços	Amostras	Altitude a.n.m (m)	Bl %	W%	Dose rate ($\mu\text{Gy/an}$)	De (Gy)	Idade (ka)
T1	Madeiras	120	59	10	1574 ± 1574	1421 ± 180	903 ± 58
T3	Carregueira base	85	57	9	3334 ± 48	1536 ± 92	461 ± 28
T3	Carregueira topo	90	59	10	3295 ± 36	1333 ± 250	405 ± 76
T4	Rpp1	40	58	10	1963 ± 38	519 ± 37	264 ± 39
T4	Rpp2	40	53	12	2317 ± 32	603 ± 40	260 ± 35
T4	Bcr1	55	50	11	3207 ± 36	952 ± 35	297 ± 11
T4	Bcr2	55	50	11	4267 ± 27	1277 ± 60	299 ± 14
T5	Rpp3	32	44	8	1639 ± 18	244 ± 13	149 ± 16

Tabela 6 - Resultados das datações ESR obtidas para os diferentes terraços analisados. Bl: Percentagem máxima de *bleaching*; W%: Quantidade de água presente no sedimento; De: Dose arqueológica equivalente; BCR: Barquinha Capela Roque Amador; RPP: Ribeira da Ponte da Pedra.



A



B

Figura 26 - Recolha das amostras para datação e medição da dose externa com recurso a espectrómetro gamma portátil A- Ribeira da Ponte da Pedra, base do terraço T4; B – Barquinha Capela Roque Amador, topo do terraço T4 (Fotos: Arquivo CIAAR).

Capítulo IV - Metodologias

As metodologias usadas na elaboração do estudo aqui descrito tiveram por base trabalhos de campo, laboratório e gabinete. Para cada um dos trabalhos foram usadas metodologias específicas consoante a natureza dos trabalhos e todas dentro do campo de conhecimentos do autor e sempre tidas como as mais adequadas em função dos recursos disponíveis.

4.1- Trabalho de Campo

O trabalho de campo envolvido teve por base a deslocação aos sítios onde foram recolhidas as amostras para datar, com vista ao seu enquadramento e caracterização. Por enquadramento entendeu-se a sua localização na cartografia Militar e Google Earth de modo a obter uma leitura precisa das coordenadas dos sítios bem como a respectiva altitude a que os mesmos se encontram foram obtidas com recurso à leitura da cartografia militar. Relativamente aos cortes onde as amostras foram retiradas procedeu-se à sua análise e interpretação. Com isto executou-se a identificação da localização dos orifícios onde foram recolhidas as amostras para datação de modo a seleccionar uma área para limitar *in situ* a interpretação estratigráfica. Deste modo os cortes foram analisados propondo-se uma divisão estratigráfica. Para cada camada foi medida a espessura, obtendo-se um valor médio, uma vez que nem todas as camadas têm uma delineação constante; caracterização das mesmas tendo em conta a composição dos materiais, medição do MPS dos dez maiores seixos; cor, e compactação do sedimento. Ao mesmo tempo procedeu-se à recolha do sedimento das camadas previamente datadas para posterior análise granulométrica em laboratório. Esta parte

consistiu em recolher cerca de 1kg de sedimento, obtido a partir dos orifícios já previamente abertos pela equipa do MNHN, que efetuou a recolha para datação.

4.2- Trabalho de Laboratório

O trabalho de laboratório realizado consistiu na realização de uma análise granulométrica quantitativa de carácter preliminar, de modo a obter uma melhor caracterização dos sedimentos. A análise foi de carácter preliminar, no sentido em que não se aplicou uma metodologia que envolve-se análise granulométrica por difracção laser dos componentes mais finos. Isto deveu-se à inexistência dos recursos necessários para tal, no Instituto Politécnico de Tomar.

Como referido foi recolhido um quilo de sedimento de cada camada datada, do qual se processou cerca de 500g, o restante ficou de reserva, na eventualidade de serem necessários estudos posteriores complementares. O protocolo usado para a separação granulométrica foi adaptado a partir de Figueiredo (2011) foi o seguinte:

As diversas porções de sedimento foram colocadas em taças respectivamente identificadas e previamente pesadas para determinar as taras de cada uma.

- 1- Determinação do peso bruto exato de cada amostra;
- 2- Dessegregação dos sedimentos mais compactos;
- 3- Decantação das amostras;

A decantação tem como objetivo retirar a cada amostra a sua componente silto-argilosa. Assim, colocaram-se as amostras em recipientes, juntou-se-lhes água, mexeu-se para misturar bem o sedimento e retirou-se a água excedente com o máximo cuidado possível de modo a não perder sedimento de forma alguma. Repetiu-se o processo até a água ficar limpa. Secagem da componente arenosa de cada amostra na estufa (modelo com controlador Shimaden sr30) (Fig. 27b) a 65°C durante cerca de quatro horas;

- 4- Pesou-se a componente arenosa de cada amostra depois de seca;

Através deste procedimento pretende-se determinar a quantidade e percentagem de argilas e siltes presentes em cada amostra. Essa quantidade (em gramas) é obtida subtraindo, ao valor do peso inicial da amostra, o valor do peso da componente arenosa depois de seca. A percentagem obtém-se multiplicando este último valor por 100.

- 5- Colocou-se cada uma das amostras no topo da coluna de crivos e utilizado um agitador de peneiros;

Cada amostra foi colocada durante 5 minutos(amplitude 7) no agitador de peneiros(modelo - Endecotts Octagon 200) (Fig. 27a), aparelho com uma base vibratória onde com vários crivos de diferentes malhas, sucessivamente desde a base até ao topo, 63 μ , 125 μ , 250 μ , 500 μ , 710 μ , 1mm, 1,4mm, 2mm. O espaçamento da malha dos crivos permite uma separação do sedimento por tamanho dos grãos.

- 6- Retirou-se o sedimento de cada peneiro (incluindo as partículas que passaram pelo crivo de 63 μ (identificado como sobras)) removendo os grãos presos na malha com uma agulha usando uma base de papel (folha A4) para evitar a perda de sedimento; de seguida cada porção de sedimento foi colocada em sacos de plástico devidamente etiquetados (pesados *a priori*, para determinar o seu peso médio) com a identificação da amostra e malha do crivo;
- 7- Com recurso a uma balança de precisão, pesou-se a quantidade de sedimento presente em cada peneiro subtraindo ao valor obtido o peso dos sacos utilizados, de modo a obter o valor de peso final;
- 8- Cada valor final foi registado e trabalhado de forma a poder-se construir as tabelas de análise e interpretação.



A



B

Figura 27 - Agitador de peneiros (A) e estufa (B) usados no trabalho de laboratório

, gentilmente cedidos pelo Centro de Pré-história do Instituto Politécnico de Tomar (Foto do Autor)

4.3- Trabalho de Gabinete

4.3.1- Discussão das Datações

Para esta tarefa com foco na interpretação das datas obtidas pela equipa do MNHN, procedeu-se à leitura da bibliografia associada à problemática do estudo da escadaria de terraços do rio Tejo de modo a adquirir toda a bagagem científica e conhecimento associado, que permitisse o devido enquadramento e contextualização das datações no panorama das datações dos terraços fluviais do rio Tejo.

4.3.2 – Extrapolação das Datas para as Fases mais Antigas do Encaixe Fluvial

A metodologia para a realização desta tarefa teve por base o cálculo das datas prováveis para as fases mais antigas do encaixe fluvial com recurso à linha de regressão linear. Para tal usou-se ao software Microsoft Excel 2010. Numa folha de cálculo formou-se uma tabela com os valores referentes a altitude (variável independente) e as datas (variável dependente) obtidas pelo MNHN. A partir desta tabela elaborou-se um gráfico de dispersão apresentando a relação entre as cotas e as datas. Com os valores indicados formou-se a linha de tendência/regressão linear, que mostra a associação linear entre os valores das duas variáveis presente no gráfico. Esta linha

matematicamente traduz-se numa equação de recta do tipo $Y = Mx + B$, onde Y é a variável dependente (idade); M é o declive da recta; x é a variável independente (altitude) e B é o valor de onde a linha de regressão cruza o eixo Y . Mais ainda esta linha pode ser acompanhada pelo valor de r^2 , que indica o grau de casualidade/associação entre os valores das duas variáveis presentes no gráfico. Este valor varia entre 0 (sem associação) e 1 (associação perfeita). Com esta equação procedeu-se à extrapolação das datas prováveis através da substituição de x pelo cota a que se encontra o depósito para o qual se pretende obter a data provável.

Para definir as cotas a usar, no caso dos terraços datados usaram-se as cotas a.n.m previamente indicadas as quais foi subtraído a altitude de 18m referente à altitude da p.al.a. Para os outros terraços e a SCS, as cotas são as indicadas por MARTINS *et al.* (2010b) e por CUNHA *et al.* (2012) para a área de estudo.

Outra problemática relacionada com as cotas é o facto de que o par de datações referentes ao T3 ter sido obtido na margem Este do Tejo. Isto constitui um problema, porque devido à acção da tectónica regional, principalmente pelas falhas da Chamusca, Ulme e Pai Poldro, os terraços desta margem, na zona da Carregueira, encontram-se a maior altitude que os da margem Oeste / Norte (MARTINS *et al.* (2009a). Na zona da área de estudo o T3, mais precisamente na zona de Vila Nova da Barquinha-Tancos, encontra-se identificado a uma cota média de 70m de altitude (MARTINS *et al.*, 2010b), enquanto que na zona da Carregueira este encontra-se identificado a uma altitude média de 90m, o que perfaz uma diferença média de sensivelmente 20m, entre uma margem e outra (Fig.20). Tendo isto em conta reduziram-se as cotas das datações da Carregueira para igualarem a altitude do T3 na margem Norte onde não houve acção tectónica regional.

4.3.3 - Taxas de Incisão

Para o cálculo das taxas de incisão optou-se por usar a metodologia descrita por MARTINS *et al.* (2009a,b). Este método consiste no facto de que a altitude a que a superfície de um dado terraço se encontra da planície aluvial actual pode ser usada para inferir as taxas de incisão. A superfície de um terraço é tida como o momento final da deposição sedimentar e antecede de forma imediata a formação de um novo patamar abaixo deste anterior. Contudo e de acordo com MARTINS *et al.* (2009b), a forma ideal

de calcular as taxas de incisão seria usando os terraços de patamares rochoso (Strath), uma vez que estes representam um perfil regularizado, o que representa uma situação de equilíbrio dinâmico em que a taxa de incisão pode assumir valores próximos dos da taxa de uplift. Deste modo dividindo a altitude da superfície do terraço (x) pela idade provável (y) obtém-se a taxa de incisão (Ti) respectiva: $Ti = \frac{x}{y}$.

4.3.4 – Elaboração de Cartografia Temática (SIG) e Perfis Topográficos

As localizações indicadas nos diversos mapas foram incluídas através da georreferenciação e vectorização das curvas de nível da folha 330, da Carta Militar de Portugal a escala 1/25000 e de mapas de satélite obtidos através do Google Earth. Para a elaboração dos mapas proprietários presentes neste trabalho recorreu-se a utilização do software open source Quantum GIS na sua versão 1.7.2 “Wroclaw”. Os mapas do tipo MDT feitos a partir do SRTM “N39W009” e também a partir da vectorização das curvas de nível no qual se insere a região em estudo, através do plugin Interpolation. Os mapas de carácter administrativo tiveram por base a manipulação da Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) versão 2013 elaborada pela Direção-Geral do Território (DGT). O mapa litológico resulta da manipulação da carta litológica de Portugal obtida do Atlas do Ambiente. Todo o sistema montado teve como base o sistema de coordenadas WGS84. Para os mapas cronológicos, foi utilizada a tabela cronoestratigráfica do Quaternário da Península Ibéricas (Silva *et la.*, 2009) bem como outras cartas criadas pelo autor geradas através do Software Time Scale Creator na sua versão 6.1.2.

Os perfis topográficos ou perfis de relevo, constituem o resultado do cruzamento entre um plano horizontal e um plano vertical, cujo resultado é a representação bidimensional do relevo de uma dada região. Para a construção dos perfis topográficos presentes neste trabalho, trabalhou-se sobre a referida folha 330 da Carta Militar de Portugal a escala 1/25000. Sobre esta definiu-se uma linha virtual do relevo da região a ilustrar. Posteriormente colocou-se uma folha de papel milimétrico, onde sobre uma linha da mesma se registaram todos os pontos de cotas referentes as diversas curvas de nível intersectadas pela linha virtual definida previamente. De seguida procedeu-se a

transposição dos pontos de cota para um plano cartesiano onde estão representadas a altitude (m) e o comprimento (Km) da linha regional definida (Fig.28).

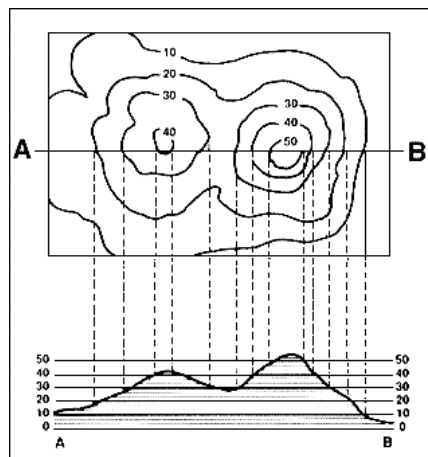


Figura 28 - Exemplo para representação dum dado perfil topográfico

(Obtido em 9.05.2013 de: <http://serc.carleton.edu/details/images/6076.html>)

4.3.5- Análise dos Dados Granulométricos

Para a análise dos dados granulométricos usou-se a plataforma GRADISTAT na sua versão 8.0, desenvolvida sobre o Microsoft Excel e foi obtido do sítio da internet de Kenneth Pye Associates Ltd (<http://www.kpal.co.uk/gradistat.html>). Como manipulação dos dados através deste software foi possível determinar uma série de parâmetros relativos a distribuição do tamanho dos sedimentos tais como: Tamanho Médio, Moda, Tamanho médio, Calibragem, Curtose e Assimetria. Contudo para este trabalho e como esta parte tem carácter complementar refere-se de forma geral o tipo de amostra; o tipo de sedimento e a textura. Mais especificamente refere-se os valores da Média, Curtose, Assimetria e Calibragem, pelos parâmetros de Folk & Ward Logarítmico, discriminados em BLOTT & PYE (2001). Uma Análise mais pormenorizada pode vir a ser desenvolvida num trabalho futuro.

Para o cálculo dos mesmos o software oferece as entradas referentes à espessura da malha dos crivos, das quais foram eliminados as malhas que não foram utilizadas em laboratório. Deste modo apenas foram usadas as entradas para os espaçamentos de malha: 63 μ , 125 μ , 250 μ , 500 μ , 710 μ , 1mm, 1,4mm, 2mm. Os parâmetros sobre os

quais este software foi desenvolvido, e sobre os quais a distribuição dos sedimentos é analisada e a escalonamento do tamanho dos sedimentos, foram definidos por BLOTT & PYE (2001).

Capítulo V - Resultados e Discussão

5.1 – Sítios Datados – Localização e Descrição Sumária dos Respectivos Cortes.

A equipa do MNHN, inicialmente foram recolheu 11 amostras divididas pelos terraços T1,T3, T4 e T5. Destas apenas 8 apresentaram resultados. Desde modo localizou-se o sítio onde cada amostra foi recolhida (Fig.29) com a caracterização do respectivo corte incluindo a caracterização sedimentar da camada onde a amostra foi recolhida.

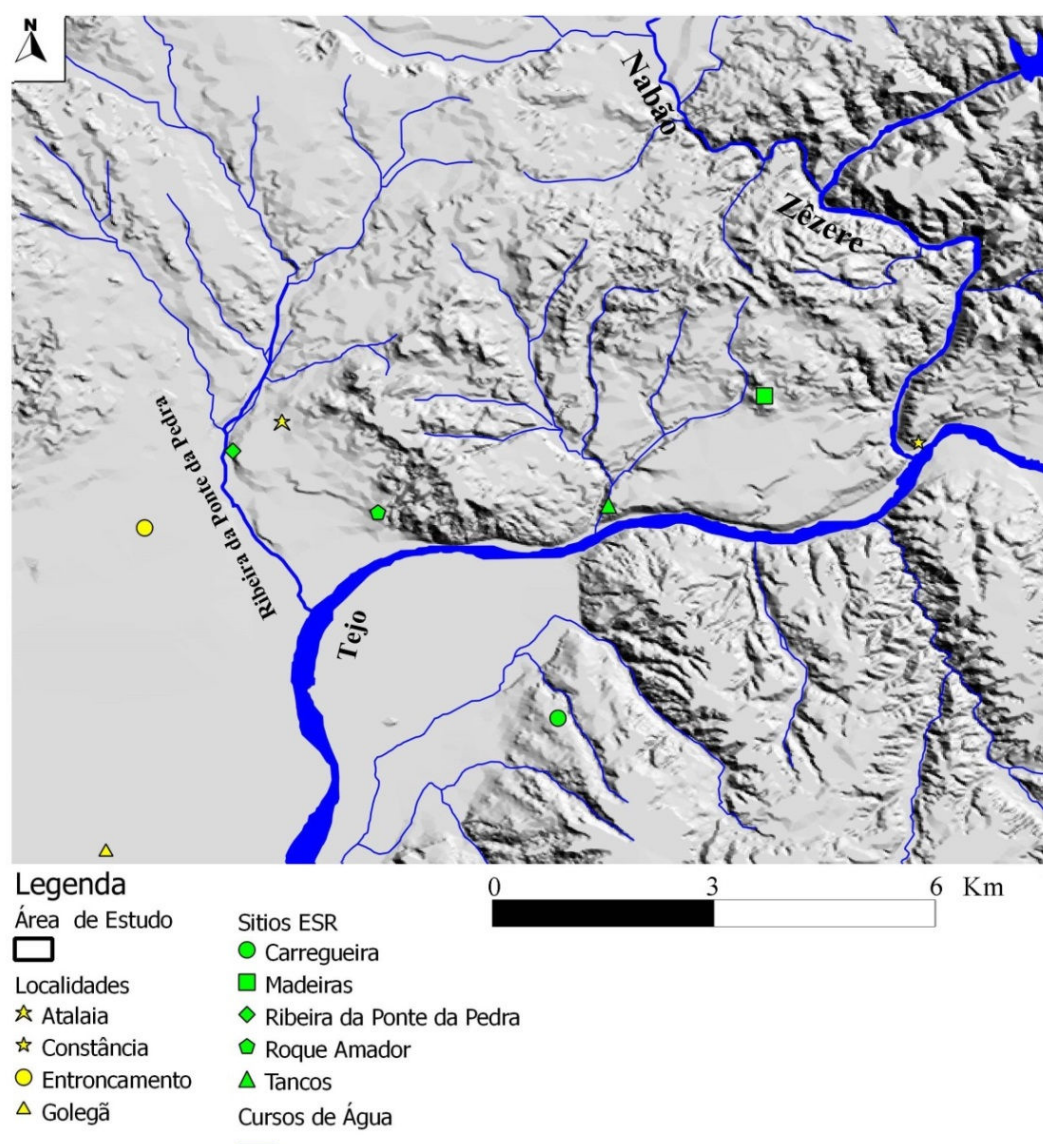


Figura 29 - MDT da área de estudo com a localização dos depósitos datados

5.1.1- Madeiras

Altitude do corte: 120m

Terraço: T1

Datação ESR (ka): $903 \pm 0,115$

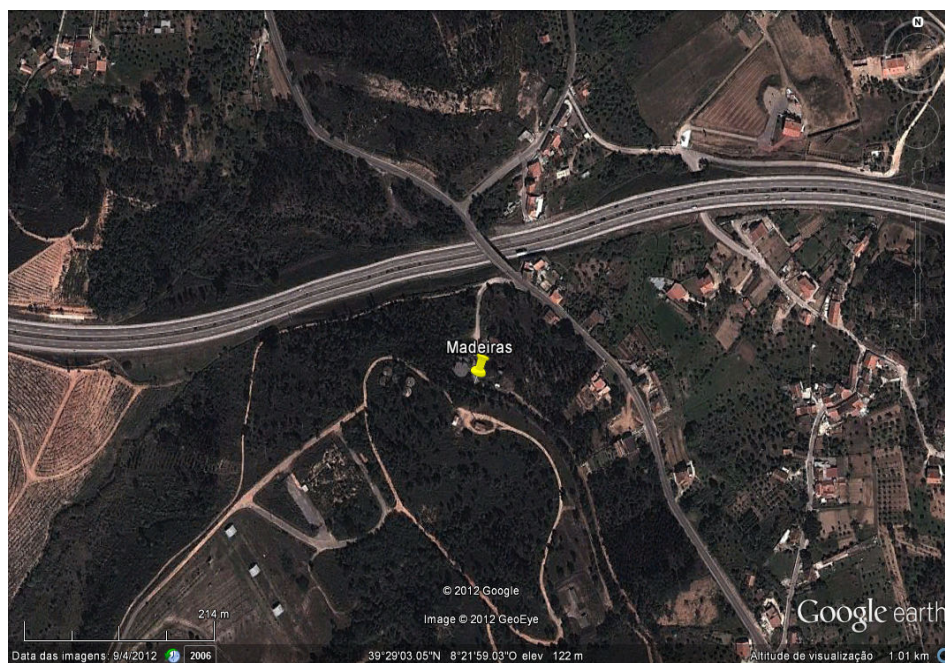


Figura 30 - Localização do corte Madeiras.

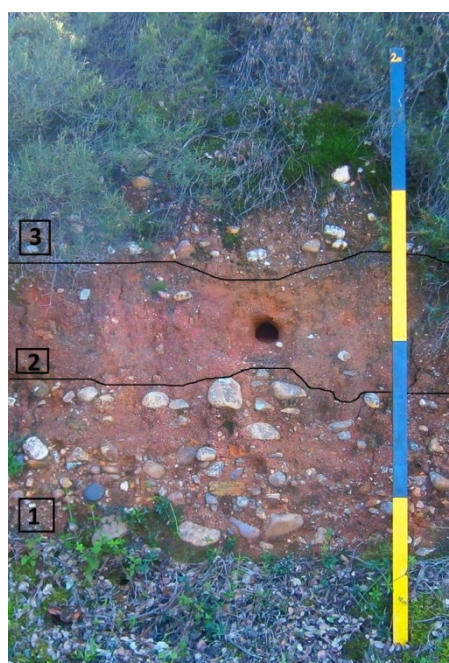


Figura 31 - Corte Madeiras (Foto do Autor).

Camada/Espessura	Descrição
3 ±70cm	Coberto Vegetal Areia grossa Matéria-prima: Quartzo (7%) e quartzito (93%) MPS: 12cm; Maior: 16cm Cor acastanhada Compactação: Solta
2 ±45cm	Matriz de cascalho muito fino a areia muito grossa, com calibragem moderada e com presença de argila rubra. Cor avermelhada Compactação: Semi – compacta. No topo esquerdo da camada lenticula residual de seixos. Quartzo (20%) e quartzito (80%) MPS: 8cm; Maior: 14cm
1 ±83cm	Matriz de Areia grossa a muito grossa, mal calibrada com presença de argila rubra. Matéria-prima: Quartzo (10%) e quartzito (90%) e rocha silicatada muito alterada? MPS: 14cm; Maior: 17cm Cor avermelhada. Compactação: Semi – compacta

Tabela 7 - Descrição das camadas do corte de Madeiras onde a amostra foi retirada

Madeiras				
		Tipo de Amostra	Tipo de Sedimento	Grupo Textural
Peso Inicial (g) (1)	500,07	Bimodal; Calibragem moderada	Cascalho muito fino a areia muito grosseira	Areia cascalhenta
Peso Depois de Seco (g) (2)	439,95			
Peso Depois da Decantação (g) (3)	275,67			
Cascalho (g) (4)	15,18			
% Humidade (1)	12,02			
% Argila e Silte (2)	37,34			
% Areias (2)	62,65			
Peso Final (3-4) Processado	260,49			
Folk & Ward Logarítmico				
Média	- 0,112	Areia muito grosseira		
Calibragem	0,877	Calibragem moderada		
Assimetria	0,066	Simétrica		
Curtose	1,024	Mesocúrtica		

Tabela 8 - Caracterização sedimentar da amostra Madeiras.

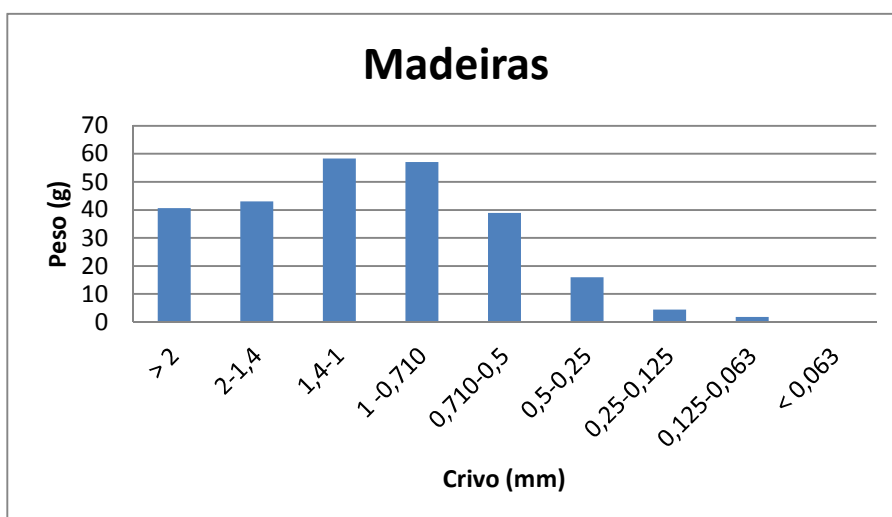


Gráfico 1 - Gráfico da distribuição de granulometrias da amostra de Madeiras por 260,49g

5.1.2- Tancos

Altitude do corte: 57m

Terraço: T3

Datação ESR (ka): ?

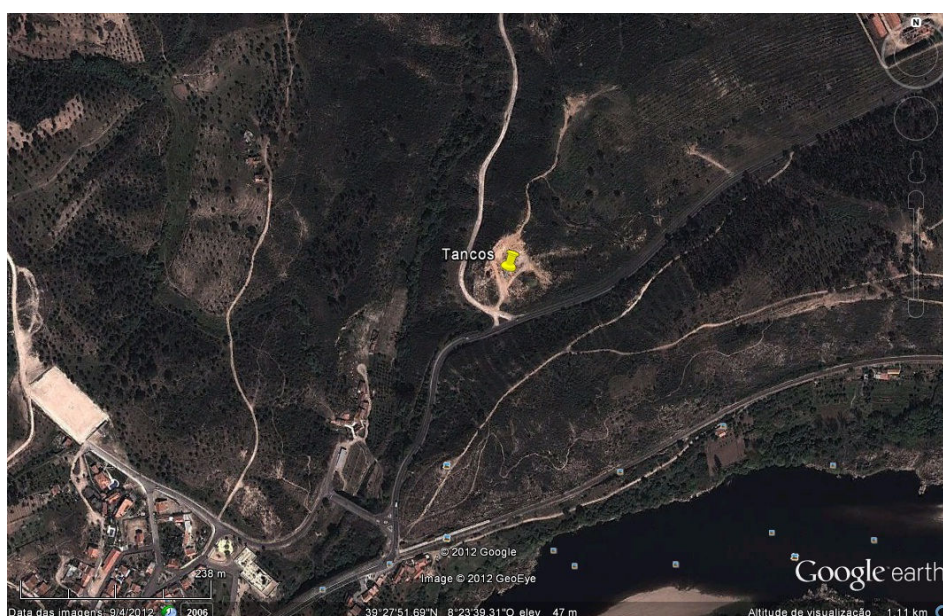


Figura 32 - Localização do corte de Tancos.

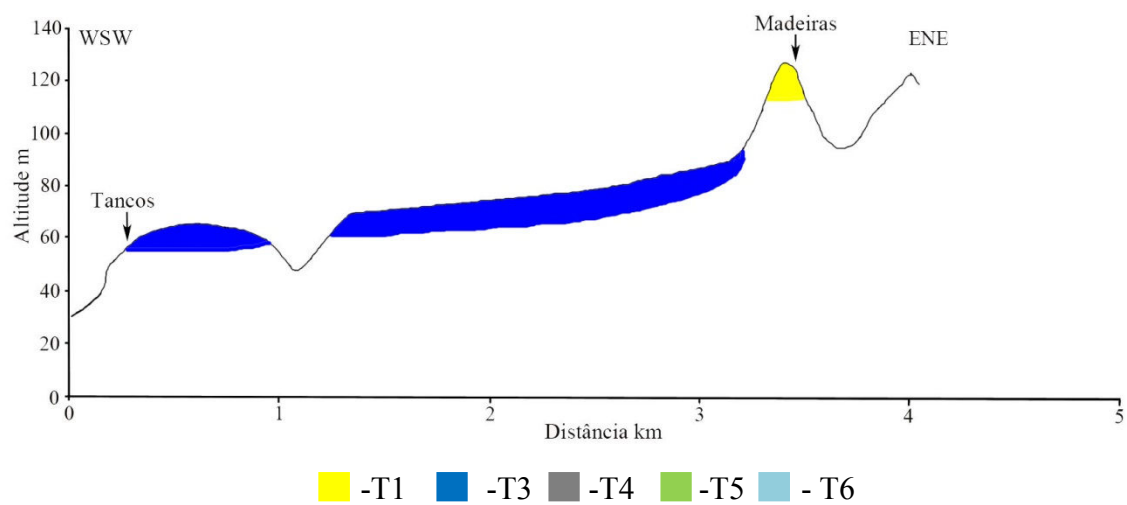


Figura 33 - Perfil topográfico (x12) com exemplo da escadaria de Terraços da zona de Tancos e Madeiras



Figura 34 - Corte Tancos (Foto do Autor).

Camada / Esp.	Descrição
4 ±30cm	Coberto Vegetal.
3 ±60cm	Areia grosseira a muito grosseira, mal calibrada com argila rubrosa. Apresenta diversas lenticulas de seixos isolados. Matéria-prima: Quartzito 100% MPS: 6cm; Maior: 13cm Cor avermelhada Compactação: Compacta.
2 ±70cm	Cascalho muito fino com areia grosseira, moderadamente calibrada. Menos argilosa que a camada 3. Presença de lenticulas de seixos Matéria-prima: (Quartzito (90%), Quartzito (10 %). MPS: 9cm; Maior: 16cm Cor avermelhada clara Compactação: Compacta.
1 ±90cm	Matriz de cascalhenta. Matéria - prima: Quartzito (88%), Quartzito (10 %), Xisto (1%) e Granito muito alterado (1%). MPS: 15cm; Maior: 17cm Cor avermelhada clara. Compactação: Compacta.

Tabela 9 - Descrição das camadas do corte Tancos onde a amostra foi retirada

Tancos				
		Tipo de amostra	Tipo de sedimento	Grupo textural
Peso inicial (g) (1)	500,28	Bimodal; Calibragem moderada	Cascalho muito fino a areia grosseira	Areia cascalhenta
Peso depois de seco (g) (2)	462,2			
Peso depois da decantação (g) (3)	331,45			
Cascalho (g) (4)	18,52			
% Humidade (1)	7,61			
% Argila e Silte (2)	28,28			
% Areias (2)	71,71			
Peso final (3-4) processado	312,93			
Folk & Ward Logarítmico				
Média	0,178	Areia grosseira		
Calibragem	0,902	Calibragem moderada		
Assimetria	-0,022	Simétrica		
Curtose	1,202	Leptocúrtica		

Tabela 10 - Caracterização sedimentar da amostra Tancos.

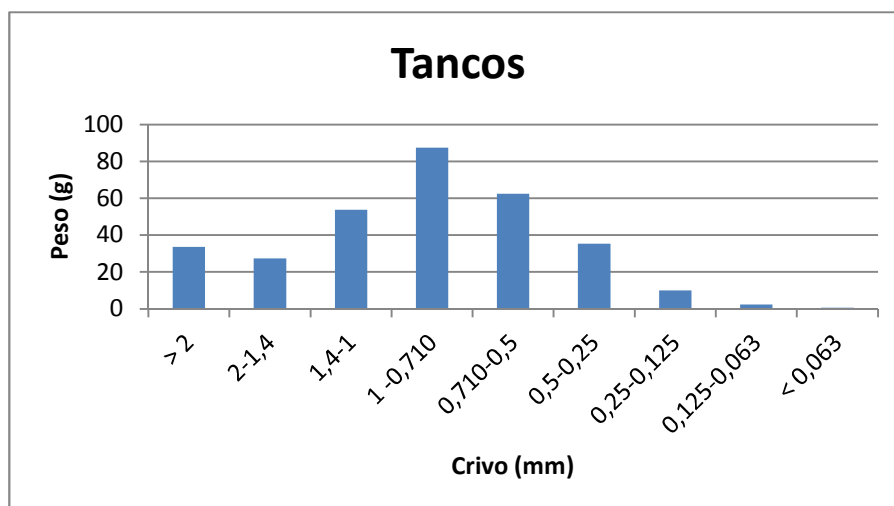


Gráfico 2 - Gráfico da distribuição de granulometrias de Tancos por 312,93g.

5.1.3- Carregueira

Terraço: T3

Altitude do corte: Topo 90m
Base 85m

Datação ESR (ka): Topo 405 ± 76
Base 461 ± 28

Relativamente ao sítio da Carregueira, uma vez que as amostras deste sítio foram retiradas em cortes que resultaram de uma pedreira/Areeiro a ser explorada, o corte original já não existe, como tal não foi possível descrever o corte nem retirar amostra para análise sedimentar.

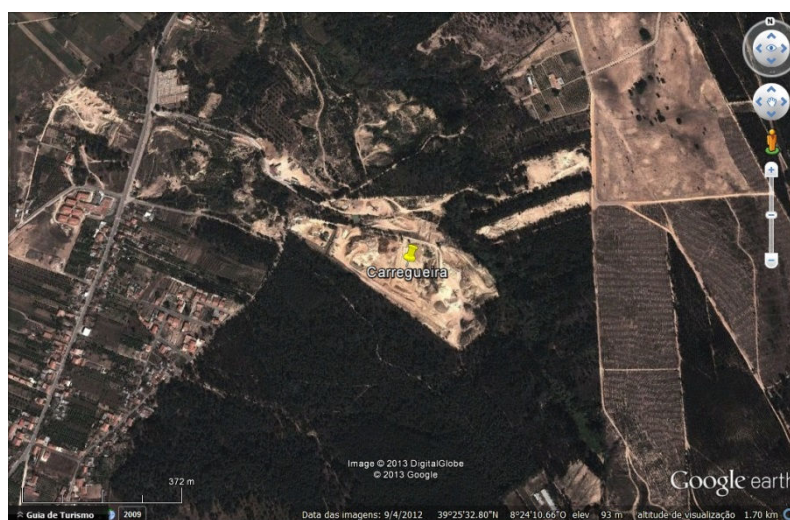


Figura 35 - Localização da Pedreira/ Areeiro da Carregueira.

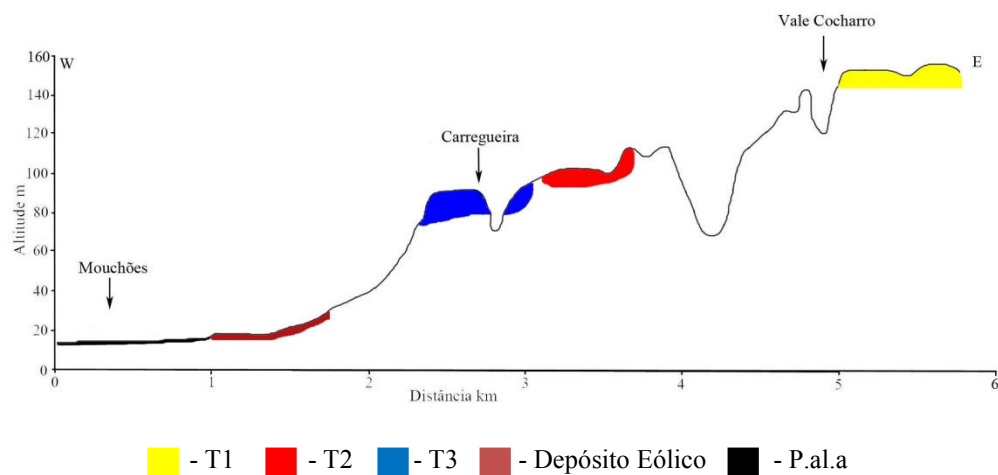


Figura 36 - Perfil topográfico (x12) com exemplo da escadaria de Terraços na zona da Carregueira



Figura 37 - Corte Carregueira (topo) na altura da recolha das amostras (Foto: Arquivo CIAAR).



Figura 38 - Panorama geral da pedreira em 2009 (Foto: Arquivo CIAAR).



Figura 39 - Panorama geral da pedreira em 2012 (Foto do Autor)

5.1.4- Barquinha Capela Roque Amador (Bcr) 1 e 2

Terraço: Topo T4

Altitude do corte: 55m

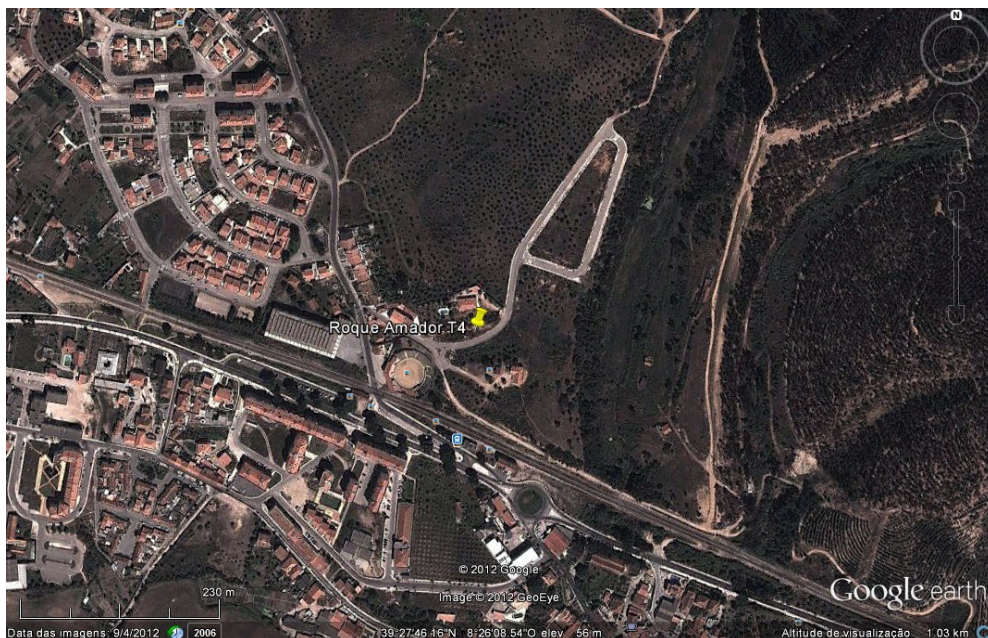


Figura 40 - Localização do corte Bcr.

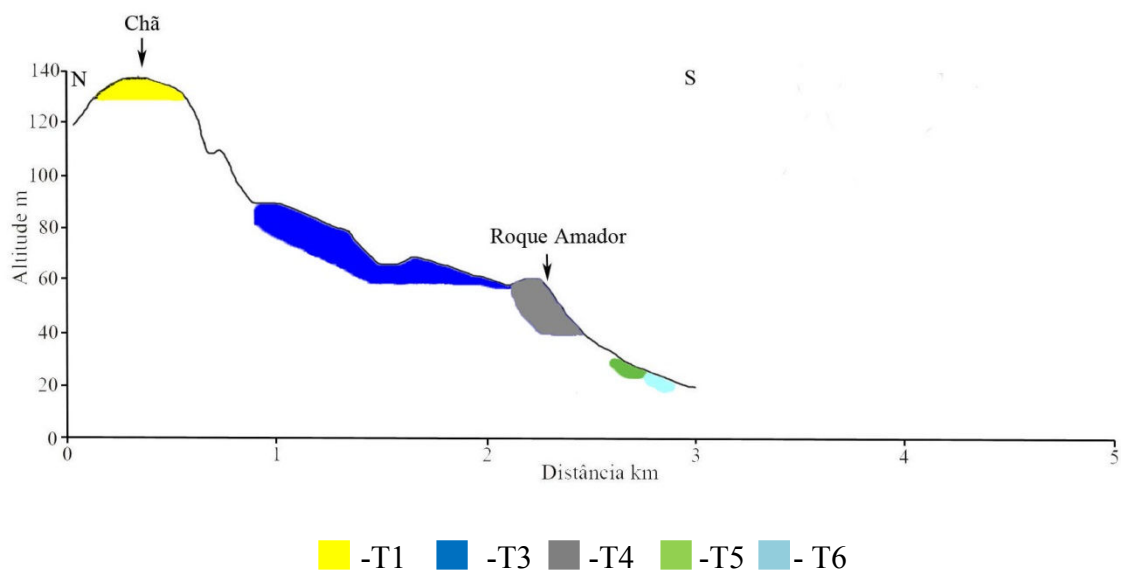


Figura 41 - Perfil topográfico (x12) com exemplo da escadaria de Terraços na zona Bcr.

O corte referente ao sítio Barquinha Capela Roque Amador, é um corte de considerável extensão tendo cerca de 40m de comprimento considerado como o topo do terraço T4. Deste modo o corte foi datado em 2 sítios que se localizam relativamente nas extremidades do mesmo e a cotas diferentes (Fig. 42). O corte parcial designado Bcr 1 encontra-se com as camadas bem definidas, por oposição o corte parcial Bcr2 não está bem definido sendo um corte residual e bastante erodido onde apenas a camada datada esta relativamente definida.



Figura 42 - Panorâmica do corte Bcr (Foto do Autor)

BCR 1

Datação ESR (ka): 297 ± 11

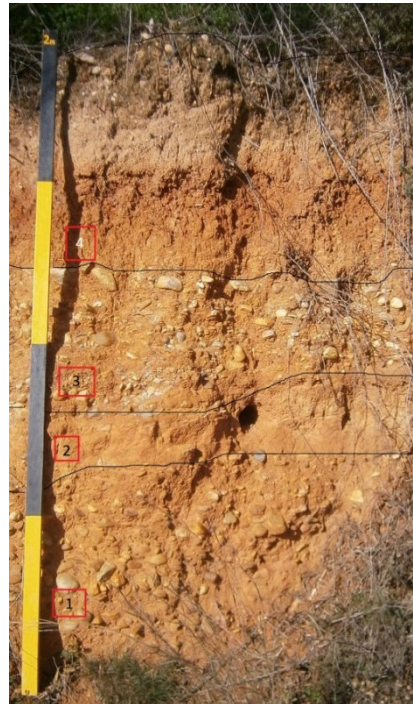


Figura 43 - Corte Bcr1 (Foto do Autor)

Camada / Espessura	Descrição
4 ±70cm	Matriz de Areia grosseira mal calibrada Cor acastanhada no topo com progressão para tons mais avermelhados na base (pedogénese) Compactação: Solta
3 ±35cm	Matriz de areia fina-a-grosseira mal calibrada. Matéria-prima: Quartzo (40%), Quartzito (60%). MPS: 8cm; Maior: 10cm Cor avermelhada clara Muito compacta
2 ±22cm	Matriz de cascalho muito fino a areia fina com calibragem pobre e com presença de argila. Cor avermelhada escura Muito compacta
1 ±61cm	Matriz cascalhenta com areia grosseira mal calibrada. Matéria-prima: Quartzo (30%), Quartzito (70%) MPS: 8cm; Maior: 10 Cor avermelhada Muito compacta

Tabela 11 - Descrição das camadas da zona do corte Bcr 1 onde a amostra foi retirada

Bcr 1				
		Tipo de amostra	Tipo de sedimento	Grupo textural
Peso inicial (g) (1)	500,35	Trimodal; Calibragem pobre	Cascalho muito fino a areia Fina	Areia cascalhenta
Peso depois de seco (g) (2)	431,75			
Peso depois da decantação (g) (3)	223,54			
Cascalho (g) (4)	18,68			
% Humidade (1)	13,71			
% Argila e Silte (2)	48,22			
% Areias (2)	51,77			
Peso final (3-4) processado	204,86			
Folk & Ward Logarítmico				
Média	1,100	Areia média		
Calibragem	1,510	Calibragem pobre		
Assimetria	-0,236	Grosseira		
Curtose	0,720	Platcticúrtica		

Tabela 12 - Caracterização sedimentar da amostra Bcr 1.

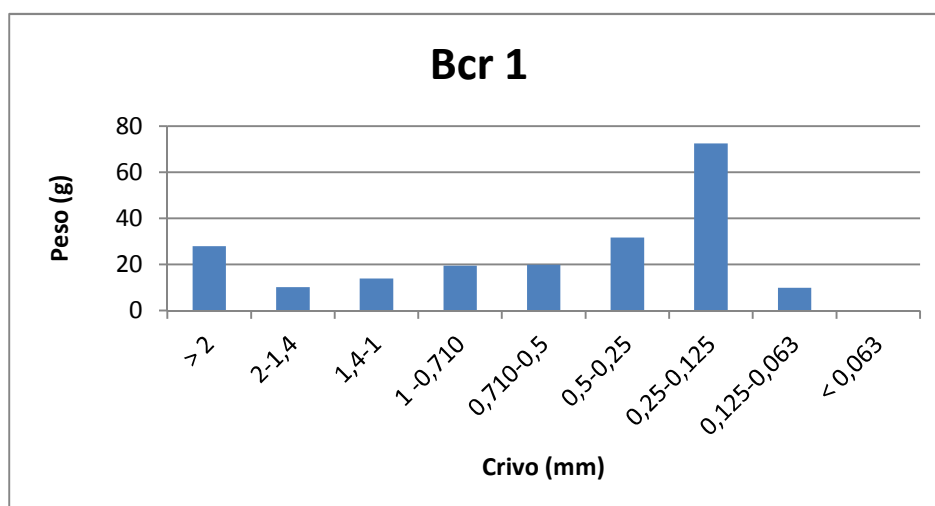


Gráfico 3 - Gráfico da distribuição de granulometrias da amostra Bcr1 por 204,86g

BCR 2

Datação ESR (ka): 299 ± 14



Figura 44 - Corte parcial Bcr2 (Foto do Autor).

Camada/Espessura	Descrição
2? ?cm	Matriz cascalhenta com areia fina a grosseira mal calibrada. Matéria-Prima: Quartzo (40%), Quartzito (60%). MPS: 10cm; Maior 12cm Cor avermelhada escura. Compactação Muito Compacta.
1 ±28cm	Matriz de cascalho ligeiramente muito fina a areia média moderadamente bem calibrada e aparentemente com elevada concentração de argila. Cor avermelhada escura. Compactação Muito Compacta.

Tabela 13 - Descrição das camadas do corte parcial Bcr2 da zona onde a amostra foi retirada.

Bcr 2				
		Tipo de amostra	Tipo de sedimento	Grupo textural
Peso inicial (g) (1)	500,46	Unimodal, Moderadamente bem calibrada	Cascalho ligeiramente muito fino a areia média	Areia ligeiramente cascalhenta
Peso depois de seco (g) (2)	430,33			
Peso depois da decantação (g) (3)	286,46			
Cascalho (g) (4)	0			
% Humidade (1)	14,01			
% Argila e Silte (2)	33,43			
% Areias (2)	66,56			
Peso final (3-4) processado	286,46			
Folk & Ward Logarítmico				
Média	1,801	Areia média		
Calibragem	0,616	Moderadamente Bem Calibrado		
Assimetria	0,244	Fina		
Curtose	0,881	Placticúrtica		

Tabela 14 - Caracterização sedimentar da amostra Bcr 2

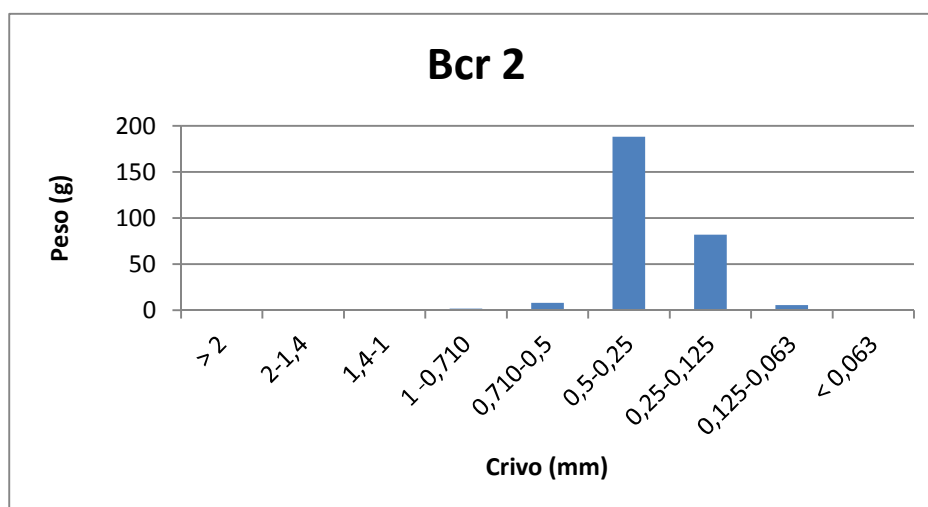


Gráfico 4 - Gráfico da distribuição de granulometrias da amostra Bcr2 por 286,46g.

5.1.5 - Ribeira da Ponte da Pedra 1 - 2 (Base T4) & 3 (Topo T5)

Terraço: Base T4; Topo T5

Altitude do corte: Base T4: 40m; topo T5: 32m

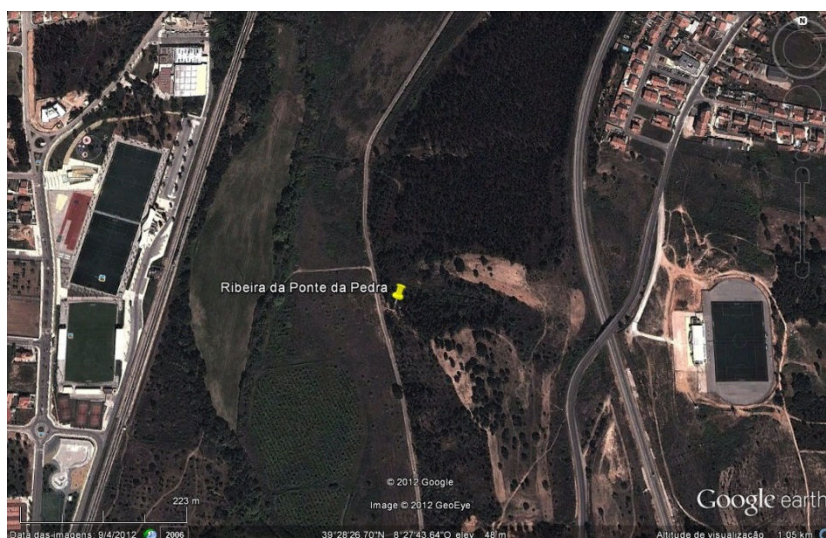


Figura 45 - Localização do sítio arqueológico Ribeira da Ponte da Pedra

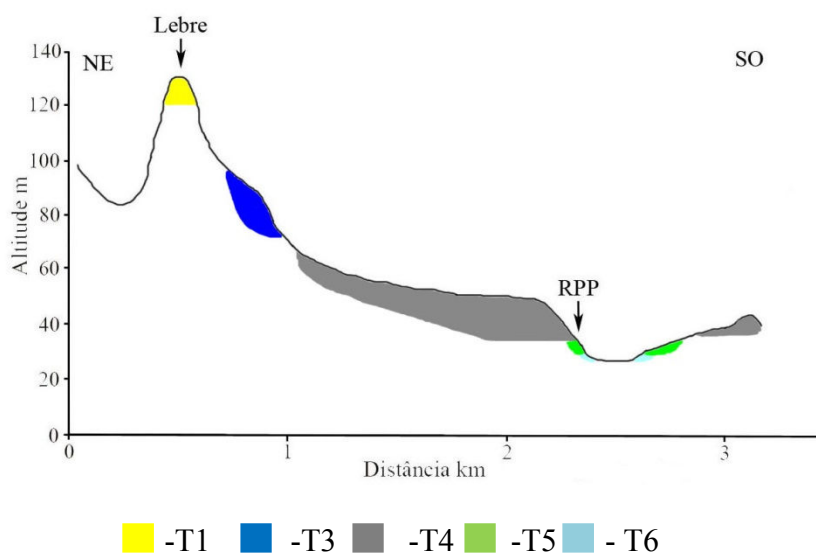


Figura 46 - Perfil topográfico (x12) com exemplo da escadaria de Terraços na zona RPP.

No sítio arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra foram recolhidas três amostras para datação. Duas numa camada da base do T4 (Fig.47) e uma no topo do terraço T5. Como a amostra recolhida no topo do terraço T5 foi recolhida na vertical e devido às campanhas de escavação que se realizaram posteriormente, não foi possível retirar sedimentos para analisar nem fazer uma descrição precisa. Pelo que a descrição que se apresenta é relativa a um corte lateral numa zona próxima aquela onde foi a amostra retirada, contudo é uma interpretação feita com reservas devido ao contacto da superfície do T5 com a camada de coluvião (Fig.48).

Rpp 1 & 2 (Base T4)

Datação ESR (ka): Rpp 1 – 264 ± 39 ; Rpp 2 - 260 ± 35

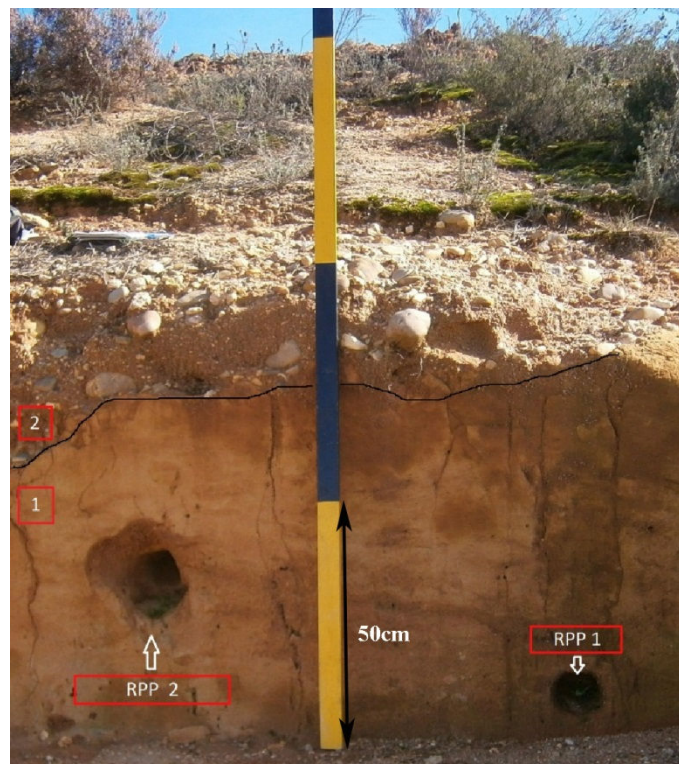


Figura 47 - Corte Rpp base T4 (Foto do Autor)

Camada	Descrição
2 (coluvionar) ±35cm	Areia grosseira mal calibrada com seixos de várias dimensões (coluvião) Cor acastanhada.
1 ±74cm	Cascalho ligeiramente muito fino a areia grosseira/média Cor Avermelhada.

Tabela 15 - Descrição das camadas do corte Rpp1 onde as amostras foram retiradas.

Rpp 1				
		Tipo de amostra	Tipo de sedimento	Grupo textural
Peso inicial (g) (1)	500,38	Unimodal, Moderadamente calibrada	Cascalho ligeiramente muito fino a areia grosseira	Areia ligeiramente cascalhenta
Peso depois de seco (g) (2)	453,41			
Peso depois da decantação (g) (3)	386,51			
Cascalho (g) (4)	0			
% Humidade (1)	9,38			
% Argila e Silte (2)	14,75			
% Areias (2)	85,24			
Peso final (3-4) processado	386,51			
Folk & Ward Logarítmico				
Média	0,994	Areia grosseira		
Calibragem	0,921	Moderadamente Calibrada		
Assimetria	0,045	Simétrica		
Curtose	0,982	Mesocúrtica		

Tabela 16 - Caracterização sedimentar da amostra Rpp 1.

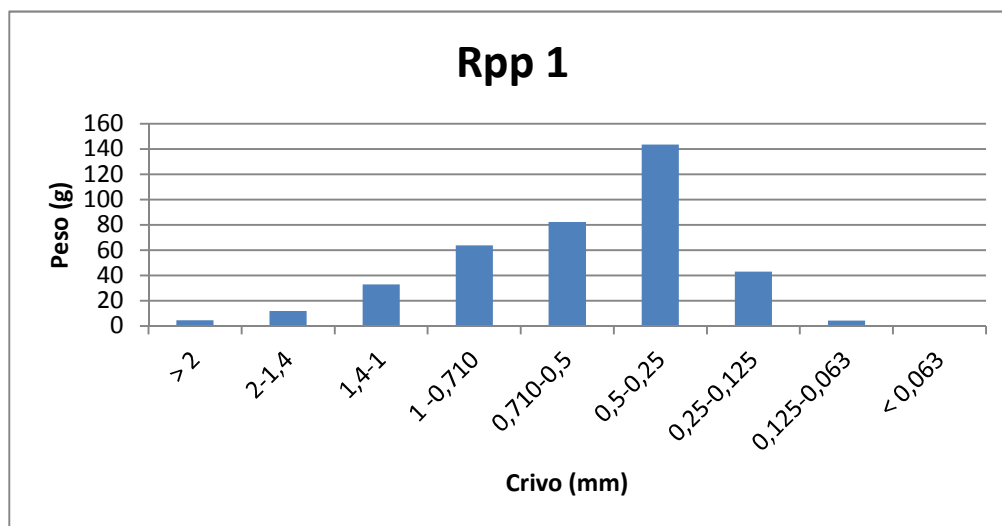


Gráfico 5 - Gráfico da distribuição de granulometrias da amostra Rpp1 por 386,51g.

Rpp 2				
		Tipo de amostra	Tipo de sedimento	Grupo textural
Peso inicial (g) (1)	500,11	Unimodal, Moderadamente calibrada	Cascalho ligeiramente muito fino a areia média	Areia ligeiramente cascalhenta
Peso depois de seco (g) (2)	462,21			
Peso depois da decantação (g) (3)	378,53			
Cascalho (g) (4)	0			
% Humidade (1)	7,57			
% Argila e Silte (2)	18,10			
% Areias (2)	81,89			
Peso final (3-4) processado	378,53			
Folk & Ward Logarítmico				
Média	1,412	Areia média		
Calibragem	0,915	Moderadamente Calibrada		
Assimetria	0,046	Simétrica		
Curtose	0,979	Mesocúrtica		

Tabela 17 - Caracterização sedimentar da amostra Rpp 2.

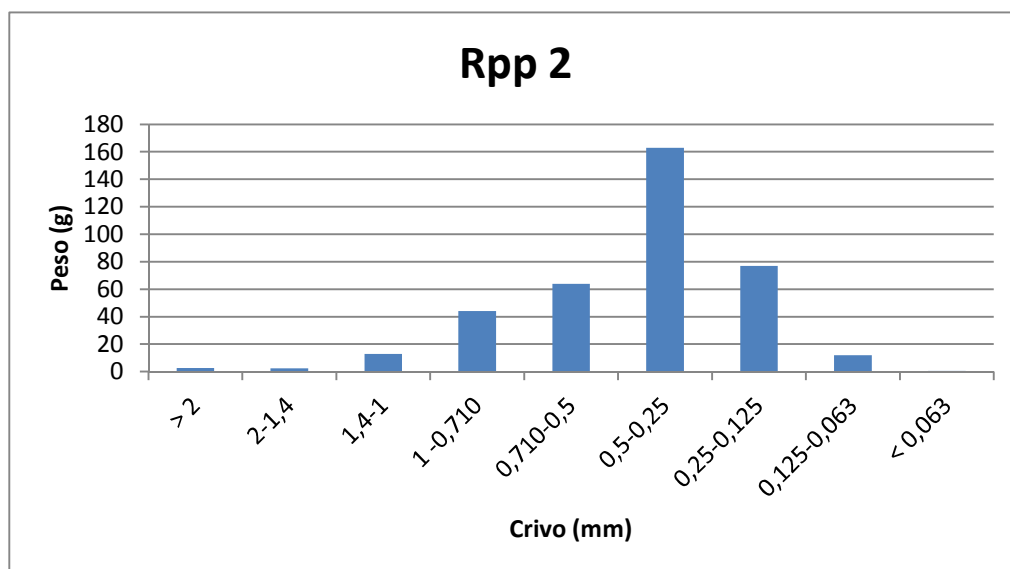


Gráfico 6 - Gráfico da distribuição de granulometrias da amostra Rpp 2 por 386,51g

Rpp 3
Datação ESR (Ma): 149 ± 16



A



B

Figura 48 - Terraço T5 na Rpp

. A - Superfície do T5, onde foi recolhida a amostra (Foto: arquivo CIAAR); B - Corte adjacente à superfície do T5 (Foto do Autor)

Camada	Descrição
2 (Coluvionar) ±90cm	Areia grosseira mal calibrada Cor acastanhada clara Compactação: Solta
1 ±40cm	Areia média bem calibrada com lenticulas de seixos. MPS: 8cm; Maior: 10cm Matéria-prima: Quartzo e Quartzito Semi-compacta

Tabela 18 - Descrição das camadas do corte adjacente à superfície onde a amostra Rpp 3 foi retirada

5.1.6- Algumas Considerações sobre os Resultados Granulométricos

Genericamente os depósitos do mesmo género analisados apresentam-se com as mesmas cores (avermelhado / castanho) dependendo se são terraços ou coluviões.

Relativamente à presença da matéria-prima verifica-se a predominância do Quartzito relativamente ao Quartzo com presença isolada de fragmentos de xisto e granito e ainda uma rocha silicatada muito alterada.

O maior seixo registado na área dos cortes balizados tinha 16cm.

De todas as amostras analisadas aquela que apresentou maior percentagem de argilas e siltes foi a Bcr 1 (43%) com a Rpp 1 a apresentar a menor percentagem (14%). Por oposição a percentagem de areias e siltes é directamente proporcional a estes dados onde bcr1 tem a menor percentagem (52%) de areias com Rpp 1 a ter a maior (85%).

Uma questão a salientar são as diferenças nos nestes valores verificada entre as amostras Rpp 1 e Rpp2. Uma vez que são amostras na mesma camada e separadas por poucos centímetros quer em distância e em altitude, é possível que os valores de argila silte/ areias sejam os mesmos para uma e outra, sendo que a diferença registada em 4%.

Por sua vez a distribuição mais uniformizada de sedimentos pertence as amostras de Tancos e Madeiras.

Através da análise dos resultados pelos parâmetros Folk & Ward Logarítmico, e através da análise da média verifica-se que as amostras de Tancos e Rpp1 são compostas por areia grosseira e as amostras Bcr1 Bcr2 e Rp2 por areia média. Por sua vez a amostra de madeiras apresenta-se com areia muito grosseira. De todas as amostras, a mais bem calibrada é a amostra Bcr2, e a amostra Bcr1 a menos calibrada, apresentando uma calibragem pobre. As restantes amostras apresentam uma calibragem moderada. Em termos de assimetria, verifica-se que as amostras Madeiras, Tancos, Rpp1 e Rpp 2, são todas simétricas. A amostra de Bcr 1 demonstra uma assimetria grosseira. Por oposição a amostra Bcr 2, que apresenta uma assimetria fina. Ao nível da Curtose, as amostras Madeiras, Rpp1 e Rpp2 são mesocúrticas. As amostras Bcr1 e Bcr 2, são placticúrticas. Por sua vez a amostra de Tancos é Leptocúrtica.

A granulometria das camadas analisadas no que toca as areia,s parecer ser maioritariamente pautada por areias grosseiras e médias. Todas as camadas têm uma ligeira presença de cascalho fino o que se traduz na classificação textural de todas as amostras como areia cascalhenta.

A Amostra bcr1 regista a maior quantidade de areias finas. Por oposição Madeiras regista a maior concentração de cascalho fino.

5.2 – Discussão das Datações ESR

Com efeito importa contextualizar as datações obtidas por ESR no contexto da região tendo em conta as datas já publicadas (Tab.18) As datas obtidas formam uma janela cronológica balizada entre os 149 ± 16 ka para o terraço T5 e 903 ± 58 ka para ao terraço T1. De um modo geral as datas obtidas parecem estar em concordância com as datas obtidas previamente não só para a área de estudo (DIAS *et al.*, 2009; MARTINS *et al.*, 2010a,b), mas também com aquelas apontadas para as zonas mais este do rio Tejo português como é o caso da zona de Vila Velha de Ródão (CUNHA *et al.*, 2008; 2012). Mais a Este ainda, também são consistentes com as datas indicadas no estudo de SANTISTEBAN & SCHULTE, (2007) para os terraços do Tejo em Espanha.

Depósitos / Terraço	MARTINS <i>et al.</i> (2009a, 2010a, 2010b) (ka)	DIAS <i>et al.</i> (2009) (ka)	Idades ESR (Ka)
SCS			
T1			903 ± 58
T2			
T3 Base			461 ± 28
T3 Médio	$>291 \pm 14$		
T3 Topo			405 ± 76
T4 Base	$>190 \pm 15$; 175 ± 6	304 ± 19	260 ± 35; 264 ± 39
T4 Topo	169 ± 9 ; 172 ± 6		299 ± 14; 297 ± 11
T5 Topo	99 ± 6	89 ± 13	149 ± 16
T6 Topo	51 ± 3		
T6 Médio	56 ± 2		

Tabela 19 - Quadro das datações para a área de estudo.

Analisando de forma mais detalhada as datas obtidas, verifica-se que a data obtida para o terraço T5 (149 ± 16 ka) balizada entre 133 e 163ka, aparenta ser mais elevada que as datas publicadas anteriormente para este terraço.

Efetivamente o terraço T5, nesta região datado por OSL, tem sido atribuído ao MIS 5 (MARTINS *et al.*, 2010b).

Deste modo é possível que a data ESR obtida para o terraço T5 esteja sobrestimada. Esta situação como referido pela equipa do MNHN poderá ter acontecido devido a uma subestimação da taxa de dose anual relacionada com a fraca presença de potássio na amostra. De acordo com a ROSINA *et al* (em revisão para submissão), a taxa de dose obtida *in situ* para a amostra Rpp 3 (1963 ± 38 μ Gy/a) é muito baixa quando comprada com a taxa de 3.4 ± 1 Gy/ka obtida em estudos anteriores para este sedimento. Ao aplicar este valor ao cálculo da datação obtém-se então a data 80 ± 9 ka.

Esta data apresenta-se em plena concordância com as datas previamente conhecidas para o topo deste terraço. Comparando com outras datações no topo do T5 esta data ESR é mais antiga que as datas apresentadas por CUNHA *et al* (2008), contudo apresenta-se dentro da baliza de 136 a 75ka, apontada por CUNHA *et al.* (2012) para a formação do T5 na zona de Vila Velha de Rodão. A data obtida por ESR em comparação com as já existentes permite confirmar que a formação do T5 esta relacionada com o MIS 5.

Relativamente ao terraço T4 obtiveram-se datas se balizam cronologicamente entre 260ka e 299ka.

Para o topo do T4 obtiveram-se datas ESR de 299 ± 14 ka e 297 ± 11 ka. Estas datas estão dentro dos valores tidos como prováveis para a formação do terraço T4. No caso da região em estudo, e especificamente para o topo do T4 na zona da Capela do Roque Amador, as datas apresentam-se significativamente mais velhas que a data obtida por IRSL (169 ± 9 ka) obtidas para esta mesma zona (MARTINS *et al.*, 2009a).

Contudo esta última data está em concordância com outra data (172 ± 6 ka) obtida pelo mesmo método de IRSL também para o topo do T4, mas na zona da Atalaia. Com isto pretende-se indicar que as diferenças registadas entre as datas IRSL que são bastante mais recentes, e as datas ESR aqui apresentadas para o topo do T4 podem

dever-se a limitações de alcance cronológico relacionadas com a aplicação do métodos IRSL/ESR.

Para a base do terraço T4 (Fig. 51), obtiveram-se as datas de $260 \pm 35\text{ka}$ e $264 \pm 39\text{ka}$. Estas datas estão de acordo com o panorama geral tido como provável para o T4. No entanto de referir estas datas são mais recentes que a data de $304 \pm 19\text{ka}$ (DIAS *et al*, 2009), obtida por luminescência (Quartz-OSL) para a mesma camada. Contudo estas duas datas estão em desacordo com a data de $175 \pm 6\text{ka}$ obtida por IRSL também para esta mesma camada que se apresenta cerca de 90ka mais recente. Novamente esta diferença pode dever-se às referidas limitações de aplicabilidade dos métodos IRSL/ESR. Tendo este terraço uma espessura de cerca de 20m, uma situação a referir é o facto de que as datas obtidas para a base ($260 \pm 35\text{ka}$ e $264 \pm 39\text{ka}$) são mais recentes que as do topo ($299 \pm 14\text{ka}$ e $297 \pm 11\text{ka}$) apresentando uma diferença de quase $\sim 40\text{ka}$. Esta situação também pode ter origem numa fraca precisão da metodologia ESR usada.

Fora da região de estudo e tendo em consideração as outras datas publicadas para a zona mais este do Tejo português verifica-se que as datas ESR deste terraço também estão em sintonia com as mesmas. Nesta zona as datas para a base do T4 são: $277 \pm 17\text{ka}$ / $209 \pm 11\text{ka}$; para o T4 médio: $105 \pm 5\text{ka}$ / $113 \pm 6\text{ka}$ / $125 \pm 7\text{ka}$; e para o topo: $136 \pm 10\text{ka}$ / $129 \pm 8\text{ka}$. Em comparação as datas para a base aparentam estar em concordância. Uma vez mais para o topo, estas são significativamente mais recentes que as ESR obtidas para a região em estudo. Tal diferença pode novamente advir das limitações intrínsecas à aplicação da Luminescência e / ou ESR.

Com estas novas datas ESR e tendo em conta todas as outras datas referidas é possível atribuir a formação do terraço T4 ao MIS 9 e /ou 7.

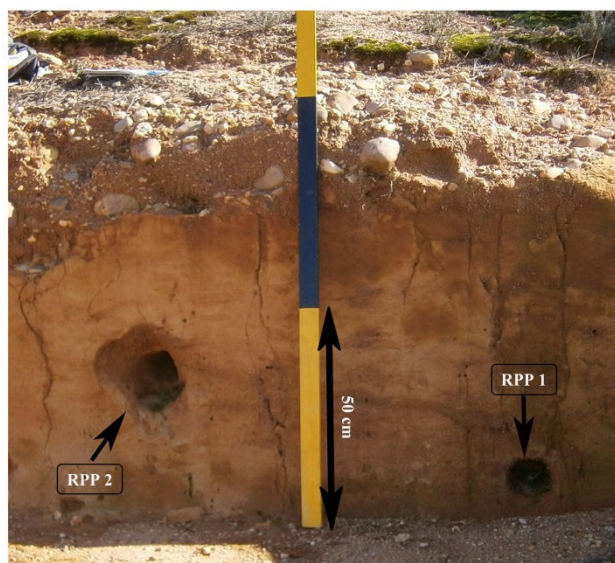


Figura 49 - Camada basal do terraço T4 no sítio arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra
(camada datada por três métodos diferentes).

Para o terraço T3 obtiveram-se datas que variam entre os $461 \pm 28\text{ka}$ para a base e os $405 \pm 76\text{ka}$ para o topo. De forma genérica estas datas estão de acordo com o que vem sendo indicado como a idade provável para o T3 nos textos já publicados sobre esta região, onde a formação do T3 terá ocorrido antes de 350ka (CUNHA *et al.*, 2008; MARTINS *et al.*, 2009a; MARTINS *et al.*, 2010a; 2010b; CUNHA *et al.*, 2012).

Comparando com as datas de $\geq 291 \pm 14\text{ka}$ e $292 \pm 14\text{ka}$, conhecidas respectivamente para o T3 médio de Tancos e para a base do T3 na zona da Chamusca, as datas ESR são mais significativamente mais antigas. Contudo não descurar que as datas indicadas para estas duas zonas são idades mínimas. Fora da área de estudo existem as datas para a base do terraço, na zona de Pego, Abrantes (Pego T3 base $311 \pm 17\text{ka}$, T3 topo: $312 \pm 19\text{ka}$), que também se apresentam como mínimas, novamente bastante mais recentes do que as datações ESR aqui apresentadas.

Uma vez mais reitera-se que as diferenças nas datações por luminescência e por ESR podem dever-se a limites na aplicabilidade de ambas. Com as datas ESR aqui apresentadas pode-se apontar a formação do T3 ao MIS 11 ou 13.

Com a datação de 903 ± 58 ka obtida para o topo do terraço T1, tem-se pela primeira vez uma data absoluta para o terraço mais antigo do Tejo português. Sendo ao mesmo tempo também a data mais antiga, obtida directamente *in situ*, para um terraço fluvial do rio Tejo na totalidade da sua extensão.

Até aqui as datas relativas apontadas como prováveis para o T1 foram obtidas por extrapolação como é o caso das datas de 1.6Ma (CUNHA *et al.*, 2008); 1.5Ma (MARTINS *et al.*, (2009a); 670ka (MARTINS *et al.*, 2009b) e 1Ma (CUNHA *et al.*, 2012).

Com esta data verifica-se que a data ESR do T1 está de acordo com o extrapolado por CUNHA *et al.* (2012). Sendo ao mesmo tempo cronologicamente mais recente que alguns dos valores obtidos por extrapolação supracitados. Com esta data para o topo do T1, pode-se atribuir a formação do mesmo ao MIS 21 ou 25.

Com estas datas resulta o esquema da escadaria de terraços presente na Figura 50.

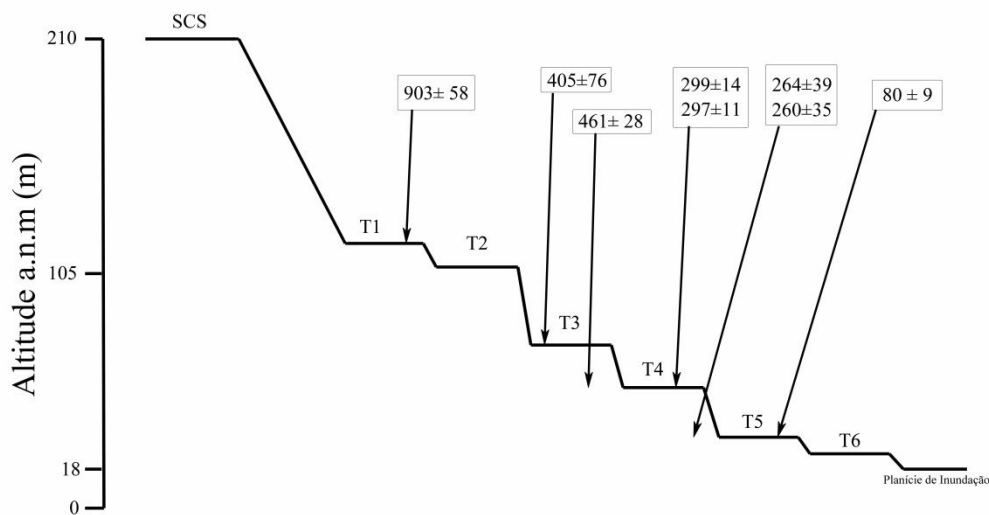


Figura 50 - Esquema exemplificativo da escadaria de terraços do Tejo na área de estudo com datas ESR (ka) discutidas.

5.3 – Extrapolação e Discussão das Datas para as Primeiras Fases do Encaixe Fluvial

Com a aplicação da datação por ESR aos terraços da área de estudo foi possível datar os terraços T5, T4, T3 e T1. Contudo para o T6 e T2 não se obtiveram datações. Deste modo o propósito deste subcapítulo é a tentativa de obter datas prováveis não só para os terraços não datados por ESR, mas também para o início do encaixe fluvial do Tejo português, sobre a SCS. Deste modo temos:

Deposito	Altitude p.al.a	Idade (ka)
SCS	192	1621
T1 Topo	102	903
T2	92	783
T3 Base	52	461
T3 Topo	57	405
T4 Base	22	260
T4 Base	22	264
T4 Topo	37	297
T4 Topo	37	299
T5 Topo	14	80
T6	6	61

Tabela 20 - Quadro com cotas usadas (altitude relativa (p.al.a)), datas ESR e datas prováveis obtidas por extrapolação (em **negrito**)

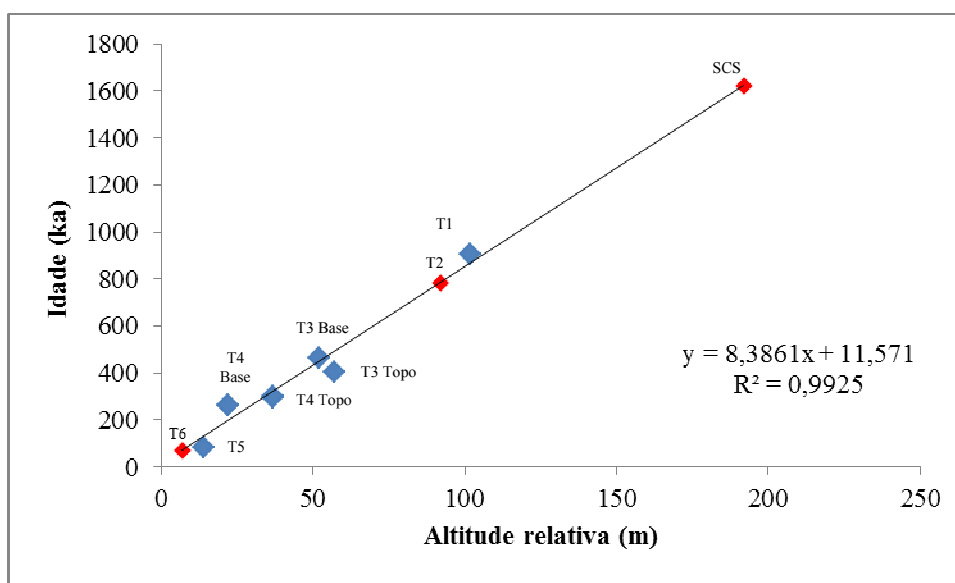


Gráfico 7 - Gráfico com as datações ESR (◆) e respectiva linha de tendência (◆).

Como referido procedeu-se a um exercício de extrapolação com base nas datas obtidas por ESR para tentar obter datas relativas para as fases mais antigas do encaixe fluvial do Tejo português.

Deste modo usou-se uma equação de regressão linear assente nas datações obtidas, onde a altitude foi a variável independente. Com os resultados obtidos (Tab.19, Fig.59), verifica-se que a data de 61ka obtida para o T6 está bem enquadrada com as outras datações de 60-30Ka (MARTINS *et al.*, 2010a,b) verificadas para a mesma zona, incluindo fora da área de estudo, na zona de Vila Velha de Rodão onde, para o T6, CUNHA *et al.* (2012) indica uma data entre 62 e 32ka.

Através do Gráfico 7, é visível que os terraços recentes T6, T5 e T4 têm uma evolução cronologicamente linear.

Para o terraço T2 obteve-se uma data interpolada de 783Ka (imediatamente antes do início do Plistoceno Médio). Com esta data provável pode-se tentar atribuir a formação do terraço T2 ao MIS 17 ou 19. As outras datas apontadas até aqui para o terraço T2 tem origem em exercícios de extrapolação similares a este. Ao compararmos a data interpolada do T2 com as datas extrapoladas (não interpoladas) de 1.2Ma (CUNHA *et al.*, 2008), 900ka (MARTINS *et al.*, 2009a) verifica-se que a data indicada é mais recente. Porém é mais antiga que as datas de 475ka (MARTINS *et al.*, 2009b) e 500ka (CUNHA *et al.*, 2012) obtidas também por extrapolação. Como referido anteriormente até ao momento não existem datações absolutas para este depósito, no entanto a validade da atribuição cronológica aqui apresentada deve de ser considerada como perto da data verdadeira, uma vez que tem origem numa interpolação feita dentro dos limites das datações ESR. Deste modo deve de ser encarada com confiança, não descorando no entanto a necessidade de efetivamente datar de forma absoluta o depósito em questão.

Também através deste exercício é possível propor uma data mínima de 1.6Ma (Pleistoceno inferior, Calabriano) para o início provável da incisão fluvial sobre a SCS da Bacia Cenozóica do baixo Tejo. Novamente é possível comparar com os valores previamente assumidos para o início deste fenómeno.

Comparando com as datas assumidas de 2.6Ma (CUNHA *et al.*, 2005, 2008), 2.5Ma (2009a) a data provável aqui indicada é cerca de 1Ma mais recente. Mas próxima do valor assumido de 1.7Ma (CUNHA *et al.*, 2012). Pelo contrário é mais antiga que a data indicada por MARTINS *et al.* (2009b) de 870ka apontada para o início da incisão fluvial sobre a bacia do baixo Tejo. Contudo é de referir que é provável que a incisão fluvial tenha sofrido uma aceleração após a Revolução do Plistoceno Médio como consequência das variações climáticas (WESTAWAY *et al.*, 2009) como é indicado por BRIDGLAND & WESTAWAY (2008).

Considerou-se a dada de 1.6Ma mínima, devido ao facto de que a data extrapolada possa ser mais recente que a data efetiva para início do encaixe fluvial. Com este pressuposto assumido é possível tentar comparar o enquadramento do encaixe fluvial aqui definido para a área de estudo com as situações de algumas bacias espanholas bem como com a bacia do Loire, na região central de França.

Ao aceitar como provável a data de 1.6Ma aqui apresentada e a comparamos com o quadro cronológico apontado por SANTISTEBAN & SCHULTE (2007), para os maiores sistemas fluviais ibéricos, verifica-se que a incisão na bacia do baixo Tejo começou cerca de 1Ma mais tarde do que na bacia do Alto-Médio Tejo, já que por correlação altimétrica, para os depósitos mais altos desta zona é atribuída uma cronologia contemporânea à inversão magnética Gauss-Matuyama (2.6Ma) (TORRES *et al.*, 1994) e também para o sistema fluvial do rio Aguas (2.6Ma). Ao mesmo tempo a data mínima aqui apontada parece estar de acordo com as cronologias propostas para a bacia do Guadiana (embora aqui seja indicada uma janela entre 1.9-1.5Ma, assente em critérios paleontológicos) (SANTISTEBAN & SCHULTE (2007)) e também para o sistema fluvial do Guadalquivir, onde um depósito de *raña* foi datado de 1.7Ma (ESCUDRERO & OLMO, 1997), o que indica que o início da incisão será mais recente, situação que está em concordância com a data provável para a bacia do baixo Tejo. A data de 1.6Ma, assumida para o início da incisão na bacia do Baixo Tejo, revela-se também em sintonia com a cronológica assumida por SANTISTEBAN & SCHULTE (2007), para o início da incisão sobre a bacia do Ebro (cerca de 1.6Ma).

Olhando um pouco mais para Nordeste, em França, também podemos comparar a informação acima descrita com os rios que compõem a Bacia do Loire (VOINCHET *et al.*, 2010), como é o caso do rio Creuse, onde o terraço mais alto, dos dez que formam a escadaria, que parece indicar o início da incisão, tem uma datação ESR de 1.8Ma; o Rio Cher, com uma escadaria de oito terraços, tem o seu terraço mais alto está datado por ESR de 1.3Ma, contudo é difícil apontar uma data para o início da incisão devido a ocorrência de fenómenos de subsidência e colapsos cársticos que causaram o empilhamento de alguns dos degraus de terraço, no entanto é indicado que o início da incisão neste sistema terá tido início algures durante o Plistoceno Inferior, num período anterior a 1.3Ma).

Para o Rio Loir, onde se verifica uma escadaria de dez terraços, os dois terraços mais altos não estão datados, sendo que o terceiro mais alto tem uma datação ESR de 930ka. Para este sistema também é apontado que o início da incisão terá ocorrido também no Pleistoceno Inferior.

Ainda em França mas na bacia do rio Somme, para os depósitos mais altos da escadaria de terraços deste rio é indicada uma datação de cerca de 1Ma. Sendo a incisão anterior, não se fazendo no entanto, nenhuma previsão do início da mesma.

Comparando com as situações atrás referidas também se verifica uma boa concordância da data de 1.6Ma proposta com as cronologias para o início da incisão, na região do Loire, principalmente para os rios Cher ($> 1.3\text{Ma}$) e Creuse (1.8ma). Para o rio Somme não é possível fazer nenhuma comparação com nenhuma proposta de cronologia, contudo a conformidade é provável que o início da incisão neste sistema seja cronologicamente paralelo aos casos supracitados.

Com as confrontações acima descritas, e aceitando como provável a data de 1.6Ma proposta para o início da incisão fluvial na Bacia Sedimentar do Baixo Tejo é possível assumir que o início da incisão fluvial tenha ocorrido de forma sincrónica entre as bacias do baixo Tejo, Guadalquivir e Guadiana.

Em relação à bacia do Médio - Alto Tejo, é difícil assumir uma data para o início da incisão, uma vez que para os terraços superiores não existem cronologias absolutas, ao contrário do baixo Tejo. Consequentemente esta situação não permite verificar se o início da incisão é mais recente do que a baliza cronológica (Gauss) atribuída por TORRES *et al.* (1994). Esta é uma questão a rever pois tal como referido por SANTISTEBAN & SCHULTE (2007, p.2750): “...*the lack of geochronology makes this somewhat hypothetical, as there are no criteria from which an Olduvai origin for this change can be eliminated.*”

Se em trabalhos posteriores se verificar que a polaridade positiva identificada no depósito referenciado por TORRES *et al.* (1994) pertencer então ao subcrono Olduvai, então é provável que a janela cronológica para o início da incisão seja sincrónica em toda a extensão do Tejo. Esta situação só terá mais esclarecimento com a datação absoluta de depósitos mais altos da escadaria de terraços da bacia do Tejo em Espanha, e com reforço das datações dos depósitos mais antigos em Portugal, incluindo um maior foco no estudo com recursos a datações da superfície culminante em ambos os países.

A data relativa de 1.6Ma parece também estar bem enquadrada com as janelas cronológicas assumidas para o início da incisão na bacia do Loire, na região central de França e provavelmente também para a bacia do Somme. Evidenciando talvez um início de incisão sincrónico em algumas das maiores bacias do Sudoeste Europeu e também nas regiões do centro e Norte de França.

Na possibilidade de existir uma sincronia comum a algumas bacias da zona Oeste do Mediterrâneo, com a incisão a ter início numa janela cronológica balizada entre e 1.9-1.5Ma, pode estar relacionada como arrefecimento do final do Gelasiano.

Embora as comparações mais significativas aqui feitas sejam assentes em dados extrapolados, estas não devem de ser desconsideradas. Embora se acredite que a validade e credibilidade de um exercício de extrapolação seja proporcional ao número de dados que estão na sua origem e também se considere que o número de datas obtidas por ESR seja reduzido, o facto de haver uma data absoluta para o terraço T1 actua como alicerce para o exercício de extrapolação, considerando-se que fortalece a validade do

mesmo (como demonstrado no próximo Capítulo). Mais ainda, a validade do exercício a apresentado pode ser superior as tentativas de extrapolação realizadas no passado por outros autores (CUNHA *et al.*, 2008; MARTINS *et al.*, 2009a; MARTINS *et al.*, 2009a,b; CUNHA *et al.*, 2012), uma vez que nestes trabalhos as datas dos terraços mais antigos eram extrapoladas, com base nas datas dos terraços mais recentes e a partir destas eram assumidas as datas para o início da incisão fluvial sobre a Bacia sedimentar do Baixo Tejo

5.4- Validade das Datas Extrapoladas

Como referido anteriormente a grande força do exercício de extrapolação apresentado relaciona-se com o facto de pela primeira vez um exercício deste género não só está assente nas datações obtidas para os terraços mais recentes mas também numa datação do terraço T1. De modo a comprovar a validade dos resultados em baixo mostra-se os resultados do mesmo exercício de extrapolação mas desta, sem a datação do terraço T1:

Deposito	Altitude P.al.a	Idade (ka) (1)	Idade (ka) (2)
		Com Data T1	Sem Data T1
SCS	192	1621	1370
T1 Topo	102	903	756
T2	92	783	687
T3 base	52	461	461
T3 Topo	57	405	405
T4 Base	22	260	260
T4 Base	22	264	264
T4 Topo	37	297	297
T4 Topo	37	299	299
T5 Topo	14	80	80
T6	6	61	101

Tabela 21 - Comparação entre os exercícios de extrapolação com datação do T1 (1) e sem Datação do T1 (2) (a **negrito**, datas extrapoladas).

Ao analisar a tabela 21, verifica-se que existem diferenças significativas entre a extrapolação com a data do T1 e sem a data do T1. Verifica-se que a data provável para o T6 tem uma diferença de cerca 40Ka. Neste caso ainda uma nota para anomalia presente nesta data que deveria ser mais recente que a data do T5. Esta situação pode ter acontecido devido ao facto de que a linha de regressão sobre a qual a data é obtida resulta da criação de um eixo que minimiza a distância entre todos os pontos. Com isto pretende-se indicar que possivelmente sem a data do T1 a a qualidade do ajustamento entre os dados não será a melhor sendo o R^2 de apenas 0,84, enquanto que com a data absoluta do T1 é de 0,94. Em relação à data do T2, quando obtida sem a data do T1, passa a ser extrapolada, e tem uma diferença bastante considerável de cerca de 96ka. Ao tentar extrapolar a data do T1 com base nas datas dos terraços mais recentes, verifica-se uma diferença de 147ka entre o valor obtido por extrapolação e o

valor obtido por datação absoluta. Uma diferença ainda maior é a que se verifica entre os valores extrapolados para a SCS, com e sem datação do T1, cerca de 251ka.

Como demonstrado acima e como é a regra em estatística (FERNANDES, 1999), quanto mais afastado do intervalo de dados, os valores de extrapolação estiverem, maior será o erro do exercício de extrapolação. Os dados aqui apresentados permitem validar a probabilidade efetiva de que os valores obtidos por extrapolação, apresentados anteriormente, estarem mais próximos, ainda que abaixo, das idades reais de cada depósito. A maior força do exercício reside em estar assente num intervalo de dados onde o Terraço T1 aparece datado, minimizando deste modo a distância entre as datas absolutas e as datas prováveis obtidas por extrapolação. O ponto mais fraco do exercício reside no facto do número de dados ser diminuto, apenas 8 datações. Esta situação encarece globalmente o exercício pois quanto maior for o numero de dados mais preciso será o exercício.

5.4 – Taxas de Incisão

Como referido anteriormente com o cálculo das taxas de incisão pode ser feito a partir da divisão da altitude a que a superfície de um dado terraço se encontra pela sua idade provável. No decorrer dos trabalhos e tendo por base as datas ESR obtidas procedeu-se ao cálculo das taxas de incisão para os terraços cuja superfície foi datada usado para tal as cotas p.al.a. Com isto obteve-se o quadro seguinte (Tab.22):

Deposito	Altitude (p.al.a)	Idade (ka)	Taxa de Incisão (m/ka)
SCS	192	1611	0,12
T1	102	903	0,11
T2	92	783	0,12
T3	57	405	0,14
T4	37	297	0,21
T4	37	299	0,21
T5	14	80	0,18
T6	6	61	0,10
Taxa Média			0,13

Tabela 22 - Taxas de incisão calculadas para os terraços da área de estudo (**negrito** idades extrapoladas).

Com a análise no quadro (Tab.22) acima verifica-se que de forma geral, as taxas de incisão para a área de estudo são constantes, com uma taxa média de 0,13m/ka.

Analisando os valores das taxas dos terraços datados por ESR, verifica-se que são ligeiramente mais baixos que os valores indicados por MARTINS *et al.*, (2009b) para a área de estudo, contudo o valor médio é o mesmo já que os autores indicam também uma incisão média de 0,13m/ka.

Comparando com as zonas fora da área de estudo, os valores aqui apresentados são significativamente mais baixos que os indicados por MARTINS *et al.*, (2009b), para a zona de Abrantes (Troço III), já que nesta zona a taxa média é de cerca de 0,29m/ka. Ainda para a mesma zona MARTINS *et al.* (2009a), indica também taxas mais elevadas, similares às indicadas por MARTINS *et al.*, (2009b).

Comparativamente com a zona do Rodão verifica-se que as taxas da área de estudo também são mais baixas, uma vez que CUNHA *et al.* (2008) aponta para o T4 – 0,23m/ka e para o T5 -0,52m/ka; e CUNHA *et al.* (2005) indica para o T3 - 1.0 m/ka e para o T4 - 0.7 m/ka.

Ao adoptar como prováveis, as datas extrapoladas do quadro acima, verifica-se que as taxas destas também estão de acordo com as taxas dos terraços datados, seja ao nível dos mais antigos se compararmos a taxa do T2 com a do T1 e SCS. A taxa do T6 revela-se mais baixa que as dos restantes episódios. Esta situação pode dever-se à data usada ser extrapolada e não uma data absoluta, pois ao substituírmos a data extrapolada de 61ka, pela data de 51 ± 3 ka obtida MARTINS *et al.* (2009a) para a área de estudo a taxa de incisão passa a ser de 0.12m/ka.

Verifica-se também um aumento da taxa de incisão no T3 e também no T5. Se tivermos em consideração que as datas ESR do topo T4 são mais recentes que as da base, e que possivelmente o topo do terraço apresenta uma idade mais recente, então é provável que as taxas de incisão sejam maiores. O que se traduziria numa aceleração da incisão a partir do T3.

Ainda um destaque para a taxa de incisão obtida para a SCS que é idêntica à média geral. Aqui o valor médio de 0,13m/ka está dentro do intervalo de valores citados por MARTINS *et al.*, (2009b) (0,1 a 0,2 mm/ano), referente a taxa de levantamento

tectónico regional no litoral. O valor da taxa média está próximo da janela de valores médios de $\sim 0.03 \text{ mm a}^{-1}$ - 0.02 mm a^{-1} , indicados por BRIDGLAND & WESTAWAY (2008) para a taxa de incisão numa qualquer escadaria de terraços para os terraços posteriores a 1Ma.

O valor da taxa de incisão aqui proposto também está próximo dos valores propostos por CUNHA *et al.*, 2005, 2008) para a taxa de incisão na zona do Ródão (0,07 a 0,10m/ka), embora aqui o calculo tenha sido feito com o posicionamento cronológico do início da incisão, no principio do Quaternário.

5.6- Os Terraços mais Antigos do Tejo e a Ausência de Indústrias Líticas nos seus Depósitos

Com os resultados das datações ESR apresentadas acima é possível fortalecer um pouco mais o quadro cronológico da evolução fluvial do Tejo para a área em estudo. E com a análise deste tentar perceber a relação entre os terraços fluviais mais antigos do Tejo Português e os avanços das primeiras ocupações humanas ao longo do mesmo.

Como referido anteriormente os terraços fluviais são marcos geomorfológicos importantes para o estudo da ocupação humana. Devido à natureza da sua formação, estes são propícios ao armazenamento de artefactos líticos, abandonados nas margens do rio ou nas vertentes, que são incorporados nos depósitos de terraço por acção fluvial.

No caso da área de estudo, o estudo do sítio arqueológico da Ribeira da Ponte da Pedra (GRIMALDI *et al.*, 1999; GRIMALDI & ROSINA, 2001; ROSINA, 2004; CURA & GRIMALDI, 2009; ROSINA *et al.*, 2005, 2009, 2010), tem contribuído de forma significativa para um melhor entendimento não só dos sítios arqueológicos em contexto fluvial mas também dos possíveis padrões de dispersão humana (MARTINS *et al.*, 2010b, OOSTERBEEK *et al.*, 2010).

O sítio arqueológico da RPP, com duas datações a rondar os 300ka, constitui o contexto arqueológico ao ar livre com a cronologia mais antiga que se conhece em Portugal. Os artefactos líticos que estão associados a este contexto arqueológico dividem-se pela base do T4 e pelo topo do T5 e também pelos seus coluviões.

Embora o sítio arqueológico da RPP contenha os vestígios mais antigos de indústria lítica ao ar livre, importa referenciar outros sítios de contexto semelhante à longa bacia hidrográfica do Tejo português, tais como os presentes na tabela 23.

Sítio	Cronologia	Indústria lítica
Ribeira Ponte da Pedra	T4 - 300ka (OSL /ESR) T5 – 90ka (OSL/ESR)	Paleolítico inferior (Achelense Tardio) Paleolítico Médio (moustirense)
Santa Cita	T6-	Paleolítico médio superior (Moustirense tardio)
Fonte da Moita	T4 -	Paleolítico Inferior
Monte do Famaco	T4 - ≥ 280 a 136ka (IRSL)	Paleolítico inferior (Achelense médio inferior)
Vale do Forno	T4 - $127 + \infty/-26$ ka(TL) $119 + \infty/-32$ ka(TL)	Paleolítico inferior (Achelense médio a Micoquense)
Galeria Pesada	(Gruta) - $241 +30/- 22$ ka (ESR) 326.4 ± 13.4 ka (Séries U) $417.7 +37.3/-27.5$ ka (Séries U)	Paleolítico Inferior (Achelense)

Tabela 23 - Sítios arqueológicos com ocupação mais antiga da bacia do Baixo Tejo (Adaptado de MOZZI *et al.*, 2000; MARTINS *et al.*, 2010b; OOSTERBEEK *et al.*, 2010; HOFFMANN *et al.*, 2013).

Com a análise do quadro acima descrito verifica-se que o terraço T4 encerra em si os vestígios das ocupações mais antigas ao ar livre para a bacia do Baixo Tejo. De facto e até ao momento, e ao contrário do verificado noutros contextos em terraço fluvial a nível internacional (MISHRA *et al.*, 2007; BRIDGLAND *et al.*, 2006) não foram encontrados qualquer indício antrópico em depósitos de terraço anteriores ao T4 (GRIMALDI *et al.*, 1999; GRIMALDI & ROSINA 2001; ROSINA, 2004).

Com a análise do quadro também advém que a ocupação humana mais antiga no território não deve de ser posterior ao intervalo MIS 7-9. No entanto se consideramos a questão da data de 417ka obtida através da datação de um espeleotema no sítio da Galeria Pesada (Torres Novas) por Séries de Urânio (HOFFMAN *et al.*, 2013), e se efetivamente se verificar que a relação entre o espeleotema e os níveis arqueológicos achelenses é válida, então pode assumir-se que a região onde a área de estudo se insere já era ocupada no MIS 11.

Esta situação no entretanto levanta uma questão pertinente. Pois ao considerarmos válida a relação acima descrita então pelo menos o terraço T3, neste trabalho datado por ESR de 460 a 405ka, deveria exibir indícios antrópicos tecnologicamente similares aos presentes na Galeria Pesada, não sendo este o caso pois até à data, em mais nenhum terraço anterior ao T4 foram identificados artefactos líticos.

Esta situação foi comprovada durante a realização do trabalho de campo relativo a esta dissertação, onde, à exceção do T2 que não foi trabalho *in situ*, não se verificou a presença de nenhum material lítico com possível origem antrópica, seja à superfície, seja em potencial estratigráfico, nos cortes relativos aos terraços T1 e T3.

Se em Portugal podemos verificar que a ocupação mais antiga da bacia do Tejo português poderá possivelmente remontar ao MIS 12, em Espanha a ocupação mais antiga que se conhece para a bacia do Tejo, está ligada ao sítio de La Mesa, (bacia do Rio Alagón) com indústria Olduvaiense, cuja ocupação pode ser imediatamente anterior ao MIS 36 (ca 1.2Ma) (Fig. 51), ligado ao terraço T8. Contudo a ocupação da bacia do Tejo pode ser mais antiga, uma vez que nos terraços T5, T6 e T7, foi verificada a possível presença de vestígios antrópicos através de materiais cuja interpretação levanta muitas dúvidas (BRIDGLAND *et al.*, 2006).

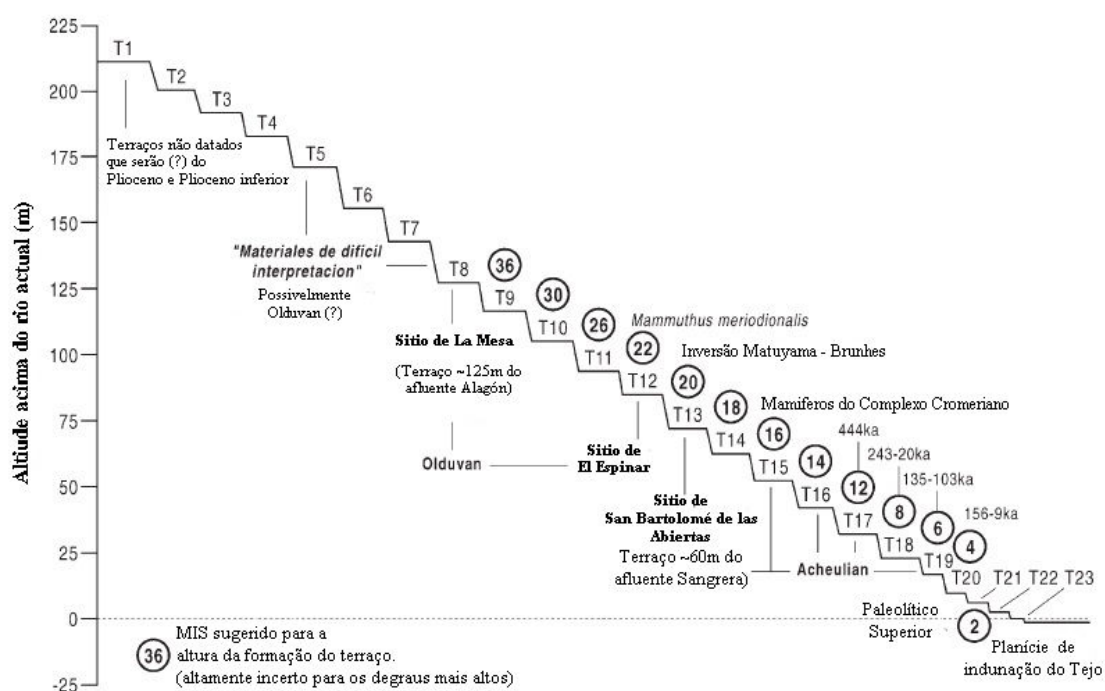


Figura 51 - Esquema da escadaria de terraços da bacia do Tejo espanhol com referência aos respectivos sítios arqueológicos (Adaptado de BRIDGLAND *et al.*, 2006).

Se consideramos a data de 417ka da Galeria Pesada e a data de 1.2Ma (MIS 36), altura em que se terá formado o terraço T9 associado ao sítio arqueológico de La Mesa, verifica-se que existe um espaçamento cronológico de cerca de 800ka, entre um sítio e outro. Estes 800ka, poderia então ter sido o tempo necessário, e à falta de evidências que indiquem outra situação, para que os grupos pré-históricos da altura percorressem distância de cerca de 170km que separa estes dois pontos do Rio Tejo. Contudo esta é uma situação que parece pouco provável pois indicaria um ritmo de dispersão de cerca de 21m/ano.

No entanto esta situação pode não se verificar, pois efectivamente as primeiras ocupações na área de estudo podem ser mais antigas. O facto de não terem sido encontrados artefactos líticos nos depósitos mais antigos, não invalida a hipótese de haver uma presença antrópica mais antiga no território. Como tentativa de explicação para a problemática enunciada propõem-se algumas hipóteses:

1 - A primeira condicionante a situação acima descrita pode ser o menor número de terraços em relação ao Tejo Espanhol (6 vs. 23). Ao haver menos terraços, as hipóteses de haver material recolhido e armazenado nos seus depósitos é menor;

2 - Outra questão passível de influenciar a situação é a erosão que os terraços mais antigos do Tejo português já sofreram pode ter “destruído” as secções de terraço com mais material arqueológico, provocando o desaparecimento dos mesmos. Esta situação verifica-se por exemplo no terraço T2, onde a área total destes depósitos é diminuta, quando comparada, por exemplo, com o T4. O facto de os sítios com ocupação mais antiga estarem no T4 pode resultar de este ser um terraço ainda bem conservado e cuja espessura teria sido de pelo menos 20m; contudo esta é uma observação a ter em conta, pois e por oposição o T3 apresenta uma maior área conjunta (zona de Tancos) que o T4 e no entanto não foi encontrada nenhum artefacto antrópico nos seus depósitos;

3 - Outra hipótese pode mesmo ser o facto de efetivamente os matérias existirem, contudo ainda não forma encontrados. Esta situação pode estar relacionada com o facto de que os terraços mais antigos serem os menos estudados.

Capítulo VI

6.1- Considerações Finais e Perspectivas Futuras

O estudo aqui apresentado, com base nas datações ESR obtidas previamente, e com a discussão das mesmas, tenta reforçar um pouco mais o quadro cronológico da evolução do encaixe fluvial do rio Tejo. Embora em fraco número, as datações realizadas, principalmente com primeira data do terraço T1, permitiram uma tentativa de extrapolação, para obter idades prováveis não só para o terraço T2, que não foi datado, mas também para o início da incisão fluvial sobre a Superfície Culinante Sedimentar, evento que marca o início do encaixe da rede hidrográfica, que dá origem aos vales truncados que dominam grande parte da região (Fig.29) actualmente.

Assim e considerando também as datações obtidas por Luminescência realizadas anteriormente, é possível organizar por critério cronológico as idades absolutas de cada degrau da escadaria de terraços para a área de estudo como retratado na tabela 24.

Terraço	Altitude média do topo (m) (p.al.a)	Idade provável	Formação relacionada com MIS
SCS	210	?1.6Ma	55
T1	102	> 903ka	23 ou 25
T2	92	? 783ka	19
T3	52 – 72	> 291 - < 461ka	9 a 13
T4	37	> 169 - < 304ka	7 - 8
T5	14	> 80 - < 99ka	5
T6	7	>?61 - <51ka	3

Tabela 24 - Quadro com correspondência cronológica relativa aos Terraços do Baixo Tejo na área de estudo com os MIS (**negrito** idades ESR; ?- idades extrapoladas) (ROSINA *et al.*, submissão; MARTINS *et al.*, 2010b)

Efetivamente as datações ESR apresentadas neste trabalho permitiram solidificar um pouco mais a cronologia dos terraços do baixo Tejo. Principalmente devido à datação absoluta por ESR do terraço T1. Este sucesso na aplicação da datação por ESR mostra o potencial desta metodologia para datar os terraços mais antigos de uma dada escadaria em prol de outros com alcance mais reduzido (como os métodos com base luminescência). Apesar disto verificou-se que a metodologia talvez não seja a ideal para datar terraços mais recentes. O facto de que as datas referentes ao topo e base do terraço T4 serem bastante próximas pode indicar isso mesmo. Esta situação contudo podia ser verificada realizando uma futura campanha de datações que, para além de datar novamente os depósitos mais recentes, também deveria visar os níveis de base e topo dos terraços T2 e T1 de modo a verificar se a mesma situação ocorria. Outra observação para as diferenças registadas entre algumas idades obtidas por métodos de datação diferentes. As várias diferenças registadas, principalmente as verificadas nas datas para o topo do T4, podem estar relacionadas com limitações quer na aplicabilidade quer no alcance cronológico dos métodos de datação empregues.

Esta data juntamente com as outras datas ESR aqui apresentadas permitem fortalecer a cronologia da escadaria do baixo Tejo. Com a análise das datas obtidas revela-se que o início da formação dos terraços fluviais, no baixo Tejo, pode estar relacionado com a chamada Revolução Climática ocorrida no início do Plistoceno-Médio a partir da qual os ciclos climáticos (ciclos Glacial-Interglacial), passaram a ter uma duração média de 100ka em vez dos anteriores 40ka. Este alongamento dos ciclos parece ter acelerado e acentuado a incisão fluvial, situação que se verifica com os depósitos de terraço fluvial. Contudo é uma hipótese a ponderar já que não se aplica a todos os terraços pois o T1 na área de estudo, é mais antigo que a RPM₂.

No caso da área de estudo verifica-se, que a velocidade de incisão possivelmente foi mais lenta no princípio aquando da formação dos primeiros degraus e depois mais rápida a partir do Pleistoceno - Médio.

No caso da escadaria de terraços do baixo Tejo, os seis terraços que a compõem aparentam estar directamente relacionados com as 5 grandes flutuações climáticas ocorridas no último 1Ma. Esta situação não se verifica em Espanha uma vez que na bacia do Médio e Alto Tejo, a escadaria é composta por um total de 23 terraços, onde

desses 13 são directamente do Tejo. Tal situação pode dever-se à proximidade da área de estudo em relação à foz do Tejo.

A partir de uma tentativa de correlação intra-escadarias, nenhuma ilação no que toca à formação dos terraços no Tejo pode ser inferida, devido ao diferente número de terraços da entre as duas escadarias e as diferentes altitudes a que se encontram. Apenas talvez possa ser feita uma tentativa de correspondência dos terraços portugueses aos espanhóis por critério cronológico (Fig.52).

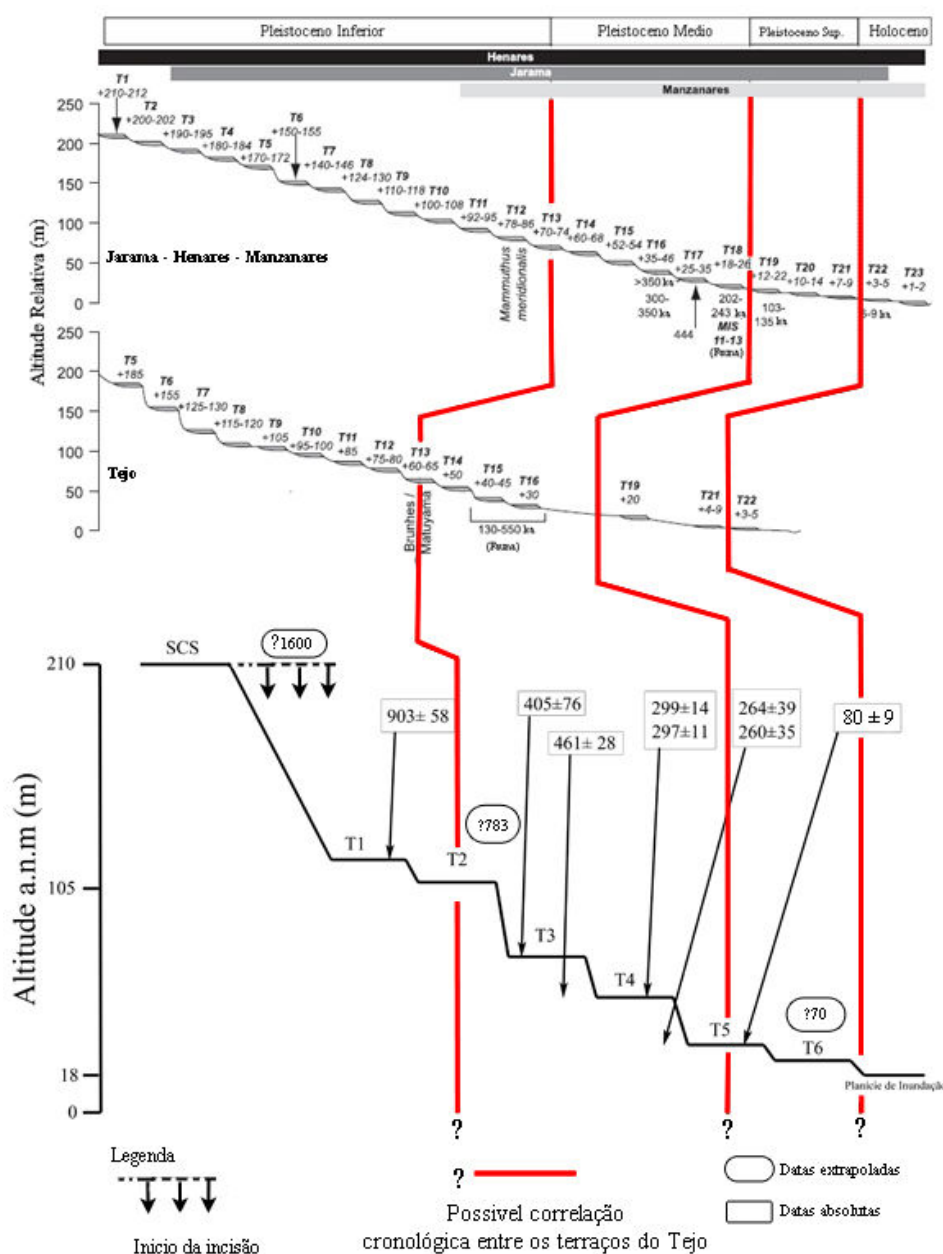


Figura 52 - Escadaria de terraços da área do estudo e possível correlação cronológica com os terraços do Tejo espanhol. Datas ESR em Ka. Adaptado de SANTISTEBAN & SCHULTE, 2007).

Com estas datas ESR a servirem de base a uma tentativa de extrapolação de datas para os terraços superiores é possível propor com, relativa segurança, uma idade mínima de 1.6Ma para o início da incisão fluvial, na área de estudo. Este valor mostrou-se bem enquadrado outras cronologias apontadas para a mesma situação em algumas das maiores bacias que dominam a região Sudeste da Península Ibérica, como é o caso das bacias do Guadiana e Guadalquivir. É também provável que o valor aqui apontado para a área de estudo e consequentemente para o Baixo Tejo, seja também um valor aproximado da data real que marca o começo da incisão na bacia espanhola do Tejo. Numa relação mais distante, também foi possível verificar que a mesma janela cronológica também poderá estar de acordo com o início da incisão nas bacias dos rios Loire e Somme, respectivamente regiões centro e nordeste de França. Com o verificado é possível propor uma relação direta entre o arrefecimento climático registado no fim do Gelasiano (1.8Ma) e o início da incisão fluvial nas várias bacias referenciadas.

Uma das questões que precisa de ser revista é a falta de datações absolutas para o início da incisão na maioria dos sistemas fluviais referidos. Esta problemática só poderá ser esclarecida com estudos que visem datar os depósitos mais antigos dos diversos sistemas fluviais de modo a evitar quadros cronológicos assentes em projecções cronológicas relativas como as presentes neste trabalho.

A sincronia verificada entre a cronologia provável apontada para o início da incisão fluvial no baixo Tejo e as demais bacias referidas pode atestar que a metodologia empregue deu resultado. Embora se reconheça que tal situação não seria possível sem o uso da primeira datação absoluta do terraço T1.

Uma das componentes que caracteriza antropicamente a escadaria de terraços do Tejo português, é o facto que apenas os terraços mais recentes contêm em artefactos líticos. Esta situação pode dever-se a questões de conservação dos depósitos mais antigos, que devido à acção da erosão já não contem materiais antrópicos; ou então, é uma situação relacionada com os padrões migração dos grupos pré-históricos da altura. Todavia a recente atribuição dos níveis achelense do conjunto cársico da Galeria Pesada, Torres Novas, ao MIS 11, parece indicar que pelo menos no terraço T3 deveria haver indícios de materiais antrópicos. A situação acima descrita aparente ser exclusiva do Tejo português, pois em outros terraços do Tejo espanhol e outros a nível mundial

forma encontrados outros terraços que continham matérias arqueológicas e faunísticas com cronologias mais antigas do que a cronologia do terraço T4 do Baixo Tejo.

Embora o trabalho desenvolvido tenha possibilitado a maturação do quadro cronológico da escadaria de terraços da área de estudo, ficam algumas dúvidas ainda em aberto. Esta dúvida relaciona-se principalmente com as idades absolutas do terraço T2 e do início da incisão sobre a Superfície Culminante Sedimentar.

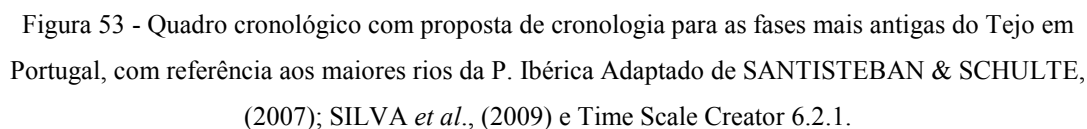
De modo a esclarecer não estas dúvidas, mas também a reforçar a cronologia dos terraços do Tejo em Portugal, pretende-se como trabalho futuro:

- Reaplicação da metodologia ESR a todos os terraços (topo e base / em ambas as margens do rio), não só para reforçar o quadro cronológico mas também para verificar se as questões das datas da base mais recentes que as datas do topo nível, evidenciadas neste trabalho, também se manifestam nos terraços mais antigos;

- Aplicar um outro método de datação que como o ESR, que tal como este, tenha um alcance cronológico maior como o caso do método de datação por Nuclídeos Cosmogénicos Terrestres, de modo a comparar as datas tal como foi feito para este trabalho com as datas obtidas por luminescência;

- Realizar campanhas de prospecção intensiva dos terraços mais antigos (principalmente T3 devido à nova data da Galeria Pesada) de modo a verificar a existência efetiva ou não de material arqueológico inserido em contexto estratigráfico;

- Desenvolver o Sistema de Informação Geográfica criado para este trabalho, reforçando as bases de dados com informação relativa à caracterização em vários campos dos vários depósitos de modo a desenvolver uma ferramenta mais completa possível que permita auxiliar as várias interpretações cronológicas e geo-arqueológicas.



6.2 – Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, N., DEPREZ, S., & DAPPER, M. D. (2008). The Palaeolithic Occupation Of The North-Eastern Alentejo (Portugal): A Geoarchaeological Approach. In P. Bueno-Ramirez, R. Barroso-Bermejo, & R. Balbín Berhmann, *Graphical Markers and Megalith Builders in the International Tagus, Iberian Peninsula: British Archaeological Reports International Series, 1765* (pp. 9–26). Oxford: Archaeopress.
- ANGELUCCI, D. E. (2003). A Partir da Terra: a Contribuição da Geoarqueologia. In J. E. Mateus, & M. Moreno-García, *Trabalhos de Arqueologia 29 - Paleoecologia Humana e Arqueociências. Um Programa Multidisciplinar para a Arqueologia sob a Tutela da Cultura* (pp. 35 - 84). Lisboa: IGESPAR.
- BAHAIN, J.-J., FALGUÈRES, C., LAURANT, M., VOINCHET, P., DOLO, J.-M., ANTOINE, P., & TUFFREAU, A. (2007). ESR chronology of the Somme River Terrace system and first human settlements in Northern France. *Quaternary Geochronology* 2, pp. 356 - 362.
- BENITO, G., SÁNCHEZ-MOYA, Y., & SOPEN, A. (2003a). Sedimentology of high-stage flood deposits of the Tagus River, Central Spain. *Sedimentary Geology* 157, pp. 107-132.
- BENITO, G., SOPEÑA, A., SÁNCHEZ-MOYA, Y., MACHADO, M. J., & PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (2003b). Paleoflood record of the Tagus River(Central Spain) during the late Pleistocene and Holocene. *Quaternary Science Reviews*, pp. 1737-1756.
- BICHO, N. F. (2006). *Manual de Arqueologia Pré-Histórica*. Lisboa: Edições 70.
- 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, pp. 1237-1248.
- BREUIL, H., & ZBYSZEWSKI, G. (1942). Contribution à l' étude des industries Paléolithiques du Portugal et de leurs rapports avec la géologie du Quaternaire. Les principaux gisements des deux rivières de l'ancien estuaire du Tage. *Comunicações Serviços Geológicos de Portugal* 23.

- BREUIL, H., & ZBYSZEWSKI, G. (1945). Contribution à l' étude des industries Paléolithiques du Portugal et de leurs rapports avec la géologie du Quaternaire. Les principaux gisements des plages quaternaires du littoral d'Estremadura et des terrasses fluviales de la basse vallée du Tage. *Comunicações Serviços Geológicos de Portugal* 24.
- BRIDGLAND, D. (2000). River terrace systems in north-west Europe: an archive of environmental change, uplift and early human occupation. *Quaternary Science Reviews* 19, pp. 1293 - 1303.
- BRIDGLAND, D. R., & WESTAWAY, R. (2008). Climatically controlled river terrace staircases : a worldwide quaternary phenomenon. *Geomorphology*, 98 (3-4), pp. 285-315.
- BRIDGLAND, D. R., ANTOINE, P., LIMONDIN-LOZOUET, N., SANTISTEBAN, J. I., WESTAWAY, R., & WHITE, M. J. (2006). The Palaeolithic occupation of Europe as revealed by evidence from the rivers: data from IGCP 449. *Journal of Quaternary Science* 21 (5), pp. 437-455.
- BRIDGLAND, D., MADDY, D., & BATES, M. (2004). River terrace sequences: templates for Quaternary geochronology and marine-terrestrial correlation. *Journal of Quaternary Science* 19 (2), pp. 203-218.
- CABRAL, J. M. (2011). *A Radioactividade: Contributos para a História da Arte*. Lisboa: IST Press.
- CALSTEREN, P. V., & THOMAS, L. (2005). Uranium-series dating applications in natural environmental science. *Earth-Science Reviews* 75, pp. 155-175.
- CANTI, M. (2001). What Is Geoarchaeology? Re-Examining The Relationship Between Archaeology And Earth Science. *Environmental Archaeology: Meaning and Purpose*, pp. 103 -112.
- CARVALHO, J. M., MIDÕES, C., MACHADO, S., SAMPAIO, J., COSTA, A., & LISBOA, V. (2011). *Maçço Calcário Estremenho Caracterização da Situação de Referência - Relatório Interno* -. LNEG.

- CHAMBERS, J. (2003). Like A Rolling Stone? The Identification Of Fluvial Transportation Damage Signatures On Secondary Context Bifaces. *Lithics* 24, pp. 66-77.
- CLARKE, D. (1973). Archaeology : the loss of innocence. *ANTIQUITY*, XLVII, pp. 6-18.
- CORDIER, S., FRECHEN, M., & TSUKAMOTO, S. (2010). Methodological Aspects On Luminescence Dating Of Fluvial Sands From The Moselle Basin, Luxembourg. *GEOCHRONOMETRIA* 35 , pp. 67-74.
- CROSBY, B. T., & WHIPPLE, K. X. (2006). Knickpoint initiation and distribution within fluvial networks: 236 waterfalls in the Waipaoa River, North Island, New Zealand. *Geomorphology* 82 , pp. 16–38.
- CUNHA, P. P., & MARTINS, A. (2000). Transição do enchimento terciário para o encaixe fluvial quaternário, na área de Vila Velha de Rodão (sector NE da Bacia do Baixo Tejo) . *Ciências da Terra(UNL)* 14, pp. 171-182.
- CORRAL FERNANDEZ, I. (1998). Depósitos Cuaternarios en el área de Constância-Barquinha-Entroncamento y la Riba. del Belzega. In A. Cruz, & L. Oosterbeek, *Arkeos* 5 (pp. 59-144). Tomar: Centro Europeu de Investigação da Pré-História do Alto Ribatejo.
- CUNHA, P. P., ALMEIDA, N. A., AUBRY, T., MARTINS, A. A., MURRAY, A. S., BUYLAERT, J.-P., . . . ROCHA, L. (2012). Records of human occupation from Pleistocene river terrace and aeolian sediments in the Arneiro depression (Lower Tejo River, central eastern Portugal). *Geomorphology* 165-166, pp. 78-90.
- CUNHA, P. P., MARTINS, A. A., DAVEAU, S., & FRIEND, P. F. (2005). Tectonic control of the Tejo river fluvial incision during the late Cenozoic, in Ródão—central Portugal (Atlantic Iberian border). *Geomorphology* 64, pp. 271-298.
- CUNHA, P. P., MARTINS, A. A., HOUT, S., MURRAY, A., & RAPOSO, L. (2008). Dating the Tejo river lower terraces in the Ródão area (Portugal) to assess the role of tectonics and uplift. *Geomorphology* 102, pp. 43-54.

- CURA, S., & GRIMALDI, S. (2009). The intensive quartzite exploitation in Middle Tagus Valley Pleistocene open air sites: The example of Ribeira da Ponte da Pedra. In S. CURA, & S. GRIMALDI (Edits.), *Technological Analysis on Quartzite Exploitation, Proceedings of the XV World Congress UISPP (Lisbon, 4-9 September 2006)* (pp. 49-56). BAR.
- CURA, S., & ROSINA, P. (2013). Interpretação de Indústrias Líticas em Contexto Fluvial. *Almadan II Série 18*, pp. 82 - 86.
- DEHNERT, A., KRACHT, O., PREUSSER, F., AKÇAR, N., KEMNA, H. A., KUBIK, P. W., & SCHLÜCHTER, C. (2011). Cosmogenic isotope burial dating of fluvial sediments from the Lower Rhine Embayment, Germany. *Quaternary Geochronology 6*, pp. 313-325.
- DEL PIETRO, D. (2013). *Tagus Basin*. Obtido em Março de 2013, de United Nations Environment Programme DEWA/GRID-Geneva: http://www.grid.unep.ch/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=400&lang=en&project_id=19841705
- DEVEAU, S. (1995). *Portugal Geográfico*. Lisboa: Edições João Sá da Costa Lda.
- DIAS, J. A. (2000). *CHEIAS: Sistemas Fluviais*. Obtido em 5 de Março de 2012, de Geologia Ambiental : http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GA3_cheias/GA33_SistFluviais/SistFluviais.html
- DIAS, M. I., PRUÊNCIO, M. I., FRANCO, D., CURA, S., GRIMALDI, S., OOSTERBEEK, L., & ROSINA, P. (2009). Luminescence Dating of a Fluvial Deposit Sequence: Ribeira da Ponte da Pedra - Middle Tagus Valley, Portugal. In M. Dias, & M. I. Prudencio (Ed.), *Archaeometry – Proceedings of the XV UISPP* (pp. 103-113). Oxford: BAR.
- ESCUADERO, R. B., & OLMO, F. D. (1997). Resultados paleomagnéticos de la raña del Hesperico Meridional (Montoro, Cordoba). *GEOGACETA 21* , pp. 31-34.
- FERNANDES, E. M. (1999). *Estatística*. Braga: Universidade do Minho.

- FERREIRA, A. M. (2000). *Dados Geoquímicos de Base de Sedimentos Fluviais de Amostragem de Baixa Densidade de Portugal Continental: Estudo de Fatores de Variação Regional*. Aveiro: Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro. Departamento de Geociências. [texto não publicado]
- FERREIRA, C. (2009). *Contribuição Para O Estudo Das Transformações Ambientais Na Transição Para O Agropastoralismo No Alto Ribatejo*. Tomar - Vila Real: Instituto Politécnico de Tomar – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Tese de Mestrado. [texto não publicado]
- FIGUIREDO, S. (2011). Análises de Laboratório. Apresentação Powerpoint. [texto não publicado]
- GIBBARD, P. L., & LEWIN, J. (2009). River incision and terrace formation in the Late Cenozoic of Europe. *Tectonophysics*, pp. 41-55.
- GOMES, H. (2010). *Estudo Do Registo Sedimentar Da Transição Plistocénico - Holocénico Associado A Contextos Arqueológicos Do Alto Ribatejo*. COIMBRA: Universidade de Coimbra, Tese de Mestrado.
- GOSSE, J. C. (2007). Cosmogenic Nuclide Dating: Overview. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 409-411). Elsevier.
- GOSSE, J. C., & PHILLIPS, F. M. (2001). Terrestrial in situ cosmogenic nuclides: theory and application. *Quaternary Science Reviews* 20, pp. 1475-1560.
- GRANGER, D. E. (2007). COSMOGENIC NUCLIDE DATING: Landscape Evolution. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 445-452). Elsevier.
- GRIMALDI, S., & ROSINA, P. (2001). O Pleistoceno Médio final no Alto Ribatejo (Portugal Central): o sítio da Ribeira da Ponte da Pedra. In O. L. Cruz A.R. (Ed.), *Arkeos 11 - Santa Cita e o Quaternário da Região* (pp. 89-116). Tomar: CEIPHAR - Centro Europeu de Investigação da Pré-História do Alto Ribatejo.

- GRIMALDI, S., ROSINA, P., CRUZ, A. R., & OOSTERBEEK, L. (1999). A geoarcheological interpretation of some “Languedocian” lithic collections of the Alto Ribatejo (Central Portugal). In A. R. CRUZ, S. MILLIKEN, & L. P. OOSTERBEEK (Edits.), *Arkeos 5 - Human Population Origins in the Circum-Mediterranean Area: Adaptation of the Hunter-Gatherer groups to environmental Modification*, (pp. 231-243). Tomar: CEIPHAR - Centro Europeu de Investigação da Pré-História do Alto Ribatejo.
- GROSMAN, L., SHARON, G., GOLDMAN-NEUMAN, T., SMIK, O., & SMILANSKY, U. (2011). Studying post depositional damage on Acheulian bifaces using 3-D scanningq. *Journal of Human Evolution* 60, pp. 398–406.
- GRÜN, R. (2007). Electron Spin Resonance Dating. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 1505- 1515). Elsevier.
- GUERIN, C. (2002). Biochronologie. In J.-C. Miskovsky, *Géologie de la préhistoire: Methodes, Techniques, Aplications* (pp. 1080-1084). Paris: Association pour l'étude de lenvironnement géologique de la préhistoire.
- GUIA, M. M. (2011). *Rio Tejo ou Tajo - Informação Resumida*. Obtido em 5 de Março de 2013, de Rios Ibericos Internacionas: Viagens Aventura da Nascente até à Foz : <http://riosibericos.com/rio-tejo-ou-tajo-resumo/>
- ENGLISH HERITAGE (2007). *Geoarchaeology: Using earth sciences to understand the archaeological record*. English Heritage.
- HOFFMANN, D. L., PIKE, A. W., WAINER, K., & ZILHÃO, J. (2013). New U-series results for the speleogenesis and the Palaeolithic archaeology of the Almonda karstic system (Torres Novas, Portugal). *Quaternary International* 284, pp. 168 - 182.
- HOSFIELD, R. T., CHAMBERS, J. C., MACKLIN, M. G., BREWER, P., & SEAR, D. (2000). INTERPRETING SECONDARY CONTEXT 'SITES': A ROLE FOR EXPERIMENTAL ARCHAEOLOGY. *Lithics* 21, pp. 29-35.
- HOSFIELD, R., & CHAMBERS, J. (2003). Flake Modifications During Fluvial Transportation: Three Cautionary Tales . *Lithics* 24, pp. 57-65.

- HOSFIELD, R. T. & CHAMBERS, J. C. (2004) –*The Archaeological Potential of Secondary Contexts*. University of Southampton
- IVY-OCHS, S., & KOBER, F. (2007). Cosmogenic Nuclide Dating: Exposure Geochronology. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 436-445). Elsevier.
- JULL, A. J. (2007). DATING TECHNIQUES. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 453-459). Elsevier .
- KARS, R. H., & WALLINGA, J. (2009). IRSL dating of K-feldspars: Modelling natural dose response curves to deal with anomalous fading and trap competition. *Radiation Measurements 44*, pp. 594–599.
- LAL, D. (2007). COSMOGENIC NUCLIDE DATING: Cosmic Ray Interactions in Minerals. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 419-436). Elsevier.
- LAURE, J.-P. (2009). Morphodynamic evolution of the Orb River (Languedoc, France): evidence of eustatic, tectonic and climatic controls. *JOURNAL OF QUATERNARY SCIENCE 24*, pp. 294–310.
- LIAN, O. B. (2007b). Optically-Stimulated Luminescence. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 1491-1505). Elsevier.
- LIAN, O. B. (2007a). Thermoluminescence. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 1480-1491). Elsevier.
- LISIECKI, L. E., & RAYMO, M. E. (2005). A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records. *PALEOCEANOGRAPHY 20*.
- MADDY, D. (1997). Uplift-driven valley incision and river terrace formation in southern England. *JOURNAL OF QUATERNARY SCIENCE 12*, pp. 539–545.
- MARTINS, A. A. (1999). *Caracterização Morfotectónica e Morfossedimentar da Bacia do Baixo Tejo (Pliocénico e Quaternário)*. Évora: Universidade de Évora. Tese de Doutoramento. [texto não publicado]

- MARTINS, A. A. (2001). O nível de Mora - Lamarosa e os primeiros terraços (T1) no troço E-W do Tejo. Enquadramento Geomorfológico e Estratigráfico. *Estudos do Quaternário* 4, pp. 15-27.
- MARTINS, A., & CUNHA, P. (2009). Terraços do rio Tejo em Portugal, sua importância na interpretação da evolução da paisagem e da ocupação humana.
- MARTINS, A. A., CUNHA, P. P., HUOT, S., & MURRAY, A. & BUYLAERT, J. P. (2009a). Geomorphological correlation of the tectonically displaced Tejo River terraces (Gavião-Chamusca area, central Portugal) supported by luminescence dating. *Quaternary International*, 199, pp. 75-91.
- MARTINS, A. A., CUNHA, P. P., ROSINA, P., OOSTERBEEK, L., CURA, S., GRIMALDI, S., . . . MATOS, J. (2010b). Geoarchaeology of Pleistocene open-air sites in the Vila Nova da Barquinha-Santa Cita area (Lower Tejo River basin, central Portugal). *Proceedings of the Geologists Association* 121, pp. 128-140.
- MARTINS, A. M., CUNHA, P. P., BUYLAERT, J.-P., HUOT, S., MURRAY, A. S., DINIS, P., & STOKES, M. (2010a). K-feldspar IRSL dating of a Pleistocene river terrace staircase sequence of the Lower Tejo River (Portugal, western Iberia). *Quaternary Geochronology* 5, pp. 176-180.
- MARTINS, A., CUNHA, P. P., MATOS, J., & GUIOMAR, N. (2009b). Quantificação da incisão do rio Tejo no sector entre Gavião e Chamusca, usando os terraços fluviais como referências geomorfológicas. *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, VI, pp. 83-86.
- MERRITTS, D. J. (2007). Terrace Sequences. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 694-704). ELSEVIER.
- MERRITTS, D. J., VINCENT, K. R., & WOHL, E. E. (1994). Long river profiles, tectonism, and eustasy: A guide to interpreting fluvial terraces. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH* VOL. 99, pp. 14031-14050.
- MISHRA, S., WHITE, M., BEAUMONT, P. A., BRIDGLAND, D., LIMONDIN-LOZOUET, N., SANTISTEBAN, J., . . . WHITE, T. (2007). Fluvial deposits as an archive of early human activity. *Quaternary Science Reviews* 26, pp. 2996–3016.

- MORENO, D., FALGUÈRES, C., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., DUVAL, M., VOINCHET, P., BENITO-CALVO, A., . . . ARSUAGA, J. L. (2012). ESR chronology of alluvial deposits in the Arlanzón valley (Atapuerca, Spain): Contemporaneity with Atapuerca Gran Dolina site. *Quaternary Geochronology* 10, pp. 418-423.
- MOZZI, P. (1998). Evoluzione Geomorfologica della bassa del fiume Nabão. In Cruz, Oosterbeek, & P. d. Reis (Edits.), *Quaternário e Pre-historia do Alto Ribatejo (Portugal)* (Vol. IV, pp. 37-58). Tomar: CEIPHAR - Centro Europeu de Investigação da Pré-História do Alto Ribatejo.
- MOZZI, P., AZEVEDO, M. T., NUNES, E., & RAPOSO, L. (2000). Middle Terrace Deposits of the Tagus River in Alpiarça, Portugal, in Relation to Early Human Occupation. *Quaternary Research* 54, pp. 59–371 .
- MOZZI, P., RAPOSO, L., CRUZ, A., OOSTERBEEK, L., & REIS, R. (1999). Morphostratigraphy of Quaternary deposits and archaeological record: the case of the Tejo and Nabão valleys (Ribatejo, Portugal). In A. Cruz, S. Miliken, L. Oosterbeek, & C. Peretto, *Human Population Origins in the Circum-Mediterranean Area: Adaptation of the Hunter-Gatherer groups to environmental Modifications, série ARKEOS* (Vol. V, pp. 63-84). Tomar: CEIPHAR - Centro Europeu de Investigação da Pré-História do Alto Ribatejo.
- MURTON, J. B., & BELSHAW, R. K. (2011). A conceptual model of valley incision, planation and terrace formation during cold and arid permafrost conditions of Pleistocene southern England. *Quaternary Research* 75 , pp. 385–394.
- OOSTERBEEK, L., GRIMALDI, S., ROSINA, P., CURA, S., CUNHA, P. P., & MARTINS, A. (2010). The earliest Pleistocene archaeological sites in western Iberia: Present evidence and research prospects. *Quaternary International* 223-224, pp. 399-407.
- PAIS, J., CUNHA, P. P., & LEGOINHA, P. (2010). Litostratigrafia do Cenozóico de Portugal. In J. M. Neiva, R. A. C., L. M. Victor, F. Noronha, & M. Ramalho, *Ciências Geológicas: Ensino e Investigação* (Vol. I, pp. 365-376.).

- PAIS, J., CUNHA, P., PEREIRA, D., LEGOINHA, P., DIAS, R., MOURA, D., . . .
GONZÁLEZ-DELGADO, J. (2012). *The Paleogene and Neogene of Western Iberia (Portugal). A Cenozoic record in the European Atlantic domain*. Springer.
- PENA DOS REIS, R. (1998). Estratigrafia e Controlos Depositionais dos Terraços Fluviais Quaternários, na região Tomar Entroncamento. In A. Cruz, L. Oosterbeek, & R. Pena dos Reis, *Quaternário e Pré - História do Alto Ribatejo (Portugal)* (pp. 21-35). TOMAR: Centro Europeu de Investigação da Pré-História do Alto Ribatejo.
- PEREIRA, T., & BENEDETTI, M. M. (in press). A model for raw material management as a response to local and global environmental constraints. *Quaternary International* , pp. 1-14.
- PIMENTEL, N. L., & AZEVEDO, T. M. (1990). Terraços Fluviais e Remobilização das Rañas: O Exemplo Do Rio Sado (Baixo-Alentejo) . *Cuaternario y Geomorfologia* 4, pp. 119-129.
- RAPOSO, L. (1995). Ambientes, territorios y subsistencia en el Paleolítico medio de Portugal . *Complutum* 6, pp. 57-77.
- RAPOSO, L., & CARDOSO, J. L. (1998). *Sítio do Paleolítico Médio da Conceição (Alcochete)* (Vol. 74). Lisboa: Centro de Estudos e Monitorização Ambiental.
- RAPOSO, L., & SANTONJA, M. (1995). The earliest occupation of Europe: the Iberian Peninsula. In Roebroeks, & v. Kolfschoten (Edits.), *The Earliest Occupation of Europe* (pp. 7-25). Leiden: University of Leiden Press.
- REPKA, J. L., ANDERSON, R. S., & FINKEL, R. C. (1997). Cosmogenic dating of fluvial terraces, Fremont River, Utah . *Earth and Planetary Science Letters* 152, pp. 59–73.
- RIBEIRO, O. (1943). Novas observações geológicas e morfológicas nos arredores de Vila Velha de Ródão. *Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto* 32, pp. 1-24.

- RIBEIRO, O., & LAUTENSACH, H. (1991). *Geografia de Portugal* (Vols. II - O Ritmo Climático e a Paisagem). Lisboa: Edições João Sá da Costa Lda.
- RIBEIRO, O., & LAUTENSACH, H. (1991). *Geografia de Portugal* (2º ed., Vols. I - A Posição Geográfica e o Território). Lisboa: Edições João Sá da Costa, Lda.
- ROBERTS, R. G. (1997). Luminescence Dating In Archaeology: From Origins To Optical. *Radiation Measurements* nº 5/6, XXVII, pp. 819-892.
- ROSINA, P. (2004). *I Deposit Quaternari nella Media Valle del Tago (Alto Ribatejo - Portugal Central) e le industrie litiche associate*. Ferrara: Universidade de Ferrara. Tese de Doutoramento. [texto não publicado]
- ROSINA, P. (2011). Os Terraços Fluviais No Alto Ribatejo. Apresentação Powerpoint. [texto não publicado]
- ROSINA, P., CURA, S., GRIMALDI, S., GOMES, J., & OOSTERBEEK, L. (2010). The Middle – Upper Pleistocene Open-air Site of Ribeira da Ponte da Pedra (Middle Tagus Basin, Central Portugal). In *ArchaeoPress*. BAR, UISPP.
- ROSINA, P., GOMES, H., CARRONDO, J., OOSTERBEEK, L., CURA, S., & GOMES, J. (2009). Análise sedimentológica dos depósitos coluvionares do sítio arqueológico da Ribeira da Atalaia. Contribuição para uma interpretação geoarqueológica. In *Livro de Resumos da VII Reunião do Quaternário Ibérico* (pp. 215-218). Faro.
- ROSINA, P., OOSTERBEEK, L., JAIME, A., & CURA, S. (2005). Archaeological sites associated with tagus middle valley deposits (Alto Ribatejo-Portugal). In Santoja, P. Gonzáles, & Machado (Edits.), *Geoarqueologia y Património en la Peninsula Iberica y el Entorno Mediterráneo*. (pp. 273-282). Soria: ADEMA.
- ROSINA, P., VOINCHET, P., BAHAIN, J.-J., CRISTOVÃO, J., & FALGUÈRES, C. (Submissão). Dating the onset of river terrace formation using ESR geochronology Lower River Tagus, Portugal
- SANTISTEBAN, J. I., & SCHULTE, L. (2007). Fluvial networks of the Iberian Peninsula: a chronological framework. *Quaternary Science Reviews* 26, pp. 2738-2757.

- SCHAEFER, J. N., & LIFTON, N. (2007). Cosmogenic Nuclide Dating: Methods. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 412-419). Elsevier.
- SHELLMANN, G., BEERTEN, K., & RADTKE, U. (2008). Electron Spin Resonance (ESR) dating of Quaternary materials. *Eiszeitalter und Gegenwart Quaternary Science Journal* 57, pp. 150-178.
- SCHREVE, D., & BRIDGLAND, D. (2002). Correlation of English and German Middle Pleistocene fluvial sequences based on mammalian biostratigraphy. *Netherlands Journal of Geosciences / Geologie en Mijnbouw* 81 (3-4), pp. 357-373.
- SILVA, P., ZAZO, P., BARDAJÍ, T., BAENA, J., LARIO, J., & ROSAS, A. (2009). Tabla Cronoestratigráfica del Cuaternario de la Península Ibérica, v.2. AEQUA.
- SKINNER, A. R. (2011). Current topics in ESR dating. *Radiation Measurements* 46, pp. 749-753.
- STEIN, J. K. (2001). A Review of Site Formation Processes and Their Relevance to Geoarchaeology. In P. Goldberg, V. T. Holliday, & R. Ferring, *Earth Sciences and Archaeology* (pp. 37 - 51). New York: Rluwer Academic / Plenum publishers .
- STOKES, M., CUNHA, P. P., & MARTINS, A. A. (2012). Techniques for analysing Late Cenozoic river terrace sequences. *Geomorphology* 165–166 , pp. 1 - 6.
- SUGUIO, K. (2001). *Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente= Futuro?)*. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Graficas Lda. .
- TEXIER, P. J. (2000). À. Propos Des Processus De Formation Des Sites Prehistoriques. *Paleo*, pp. 379 - 386.
- THOMPSON, W. G. (2007). U-Series Dating. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 3099-3004). Elsevier.
- TORRES, T., COBO, R., CORTES, A. G., HOYOS, M., & ALONSO, P. G. (1994). Cronoestratigrafía de los depósitos fluvio-kársticos del Cerro de la Oliva (Patones, Madrid). *GEOGACETA* 15 , pp. 90-93.

- TWYMAN, R. M. (2007). K/Ar And Ar/Ar Dating. In S. A. Elias, *Encyclopedia of Quaternary Science* (pp. 1313-1317). Elsevier.
- VAN DER SCHRIEK, T., PASSMORE, D. G., ROLÃO, J., & STEVENSON, A. C. (2007). Estuarine–fluvial floodplain formation in the Holocene Lower Tagus valley (Central Portugal) and implications for Quaternary fluvial system evolution. *Quaternary Science Reviews* 26, pp. 2937–2957.
- VAN STRIEN, W. (s.d.). *FLUVIAL SEQUENCE STRATIGRAPHY*. Obtido em 29 de Setembro de 2013, de Exploration Production & Geology : <http://www.epgeology.com/articles/fluvial-sequence-stratigraphy.html>
- VIS, G.-J., KASSE, C., & VANDENBERGHE, J. (2008). Late Pleistocene and Holocene palaeogeography of the Lower Tagus Valley (Portugal): effects of relative sea level, valley morphology and sediment supply. *Quaternary Science Reviews* 27 pp. 1682-1709.
- VOINCHET, P., BAHAIN, J. J., ANTOINE, P. (s.d). Les formations fluviales. Apresentação Powerpoint. [texto não publicado]
- VOINCHET, P., BAHAIN, J. J., FALGUÈRES, C., LAURENT, M., DOLO, J. M., DESPRIÉE, J., . . . CHAUSSÉ, C. (2004). ESR dating of quartz extracted from Quaternary sediments application to fluvial terraces system of northern France. *Quaternaire* 15, pp. 135-141.
- VOINCHET, P., DESPRIÉE, J., TISSOUX, H., FALGUÈRES, C., BAHAIN, J.-J., GAGEONNET, R., . . . J-M, D. (2010). ESR chronology of alluvial deposits and first human settlements of the Middle Loire Basin (Region Centre, France). *Quaternary Geochronology* 5, pp. 381-384.
- WANG, Z. (2010). NEW RESEARCHES IN EROSION AND FLUVIAL PROCESSES. In U. d. Stellenbosch, *11th Symposium on River Sedimentation - River Sedimentation and Sustainable Use of River Systems*. Sun Media(Pty).
- WESTAWAY, R., BRIDGLAND, D. R., SINHA, R., & DEMIR, T. (2009). Fluvial sequences as evidence for landscape and climatic evolution in the Late Cenozoic: A synthesis of data from IGCP 518. *Global and Planetary Change* 68, pp. 237–253.

- WINTLE, A. (2010). Future Directions Of Luminescence Dating Of Quartz. *GEOCHRONOMETRIA* 37, pp. 1-7.
- ZANDER, A., & HILGERS, A. (2013). Potential and limits of OSL, TT-OSL, IRSL and pIRIR₂₉₀ dating methods applied on a Middle Pleistocene sediment record of Lake El'gygytgyn, Russia. *Clim. Past* 9, pp. 719-733.
- ZBYSZEWSKI, G. (1953). Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000, Noticia Explicativa da Folha 31-A Santarém. . Serviços Geológicos de Portugal.