

# AVANÇOS NO CONHECIMENTO SOBRE A EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL QUATERNÁRIA DO LITORAL NORTE DE PORTUGAL

---

RICARDO J. CARVALHIDO

---

DIAMANTINO PEREIRA

---

JOSÉ BRILHA

---

## I - INTRODUÇÃO

O trabalho que se apresenta resultou da bolsa de doutoramento concedida pela FCT para concretização do projeto “O Litoral Norte de Portugal (Minho-Neiva): evolução paleoambiental quaternária e proposta de conservação do património geomorfológico” (Carvalhido, 2012), tendo permitido avanços em vários domínios do conhecimento geológico do Litoral Norte de Portugal, nomeadamente na geomorfologia, na evolução paleoambiental, na neotectónica e nas questões do património geomorfológico. A eleição desta área de trabalho contraria o desinvestimento científico das últimas décadas, patente no reduzido número de publicações, essencialmente teses académicas (Alves, 1989; Meireles, 1992; Alves, 1995; Alves, 1996; Ribeiro, 2003), responsável pela existência de lacunas no conhecimento comparativamente às regiões litorais limítrofes de Galiza e Neiva-Aveiro, patente no elevado número de publicações nacionais e internacionais sobre estas áreas: Granja (1990), Granja & Carvalho (1991, 1992), Granja & Carvalho (1993), Granja & Carvalho (1995), Carvalho *et al.* (1995), Granja & Groot (1996), Granja *et al.* (1996), Carvalho & Granja (1997), Groot & Granja (1998), Granja *et al.* (1999), Araújo *et al.* (2003), Carvalho & Granja (2003), Araújo *et al.* (2005), Carvalho *et al.* (2006), Thomas *et al.* (2008), Araújo (2008), Araújo & Gomes (2009), Granja *et al.* (2010), Ribeiro *et al.* (2010), Ribeiro *et al.* (2011), Pérez-Alberti *et al.* (1998), Alonso & Pagés (2000, 2007), Blanco Chao *et al.* (2002), Blanco Chao *et al.* (2003), Fábregas Valcarce *et al.* (2003), Blanco Chao *et al.* (2007), García-Amorena *et al.* (2007), Pérez-Alberti *et al.* (2009).

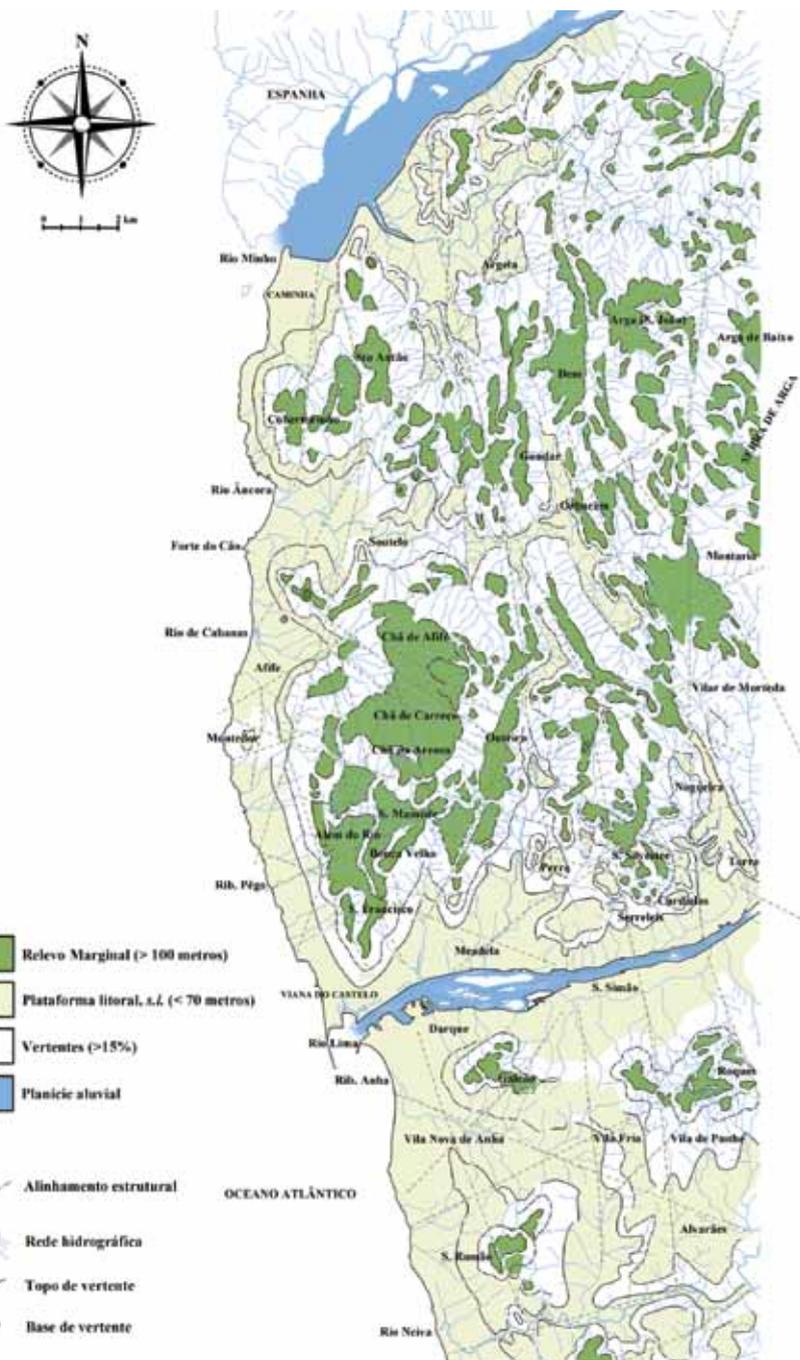


Fig. 1 - A Plataforma Litoral e o Relevo Marginal do Litoral Norte (Carvalho, 2012).

A Plataforma Litoral prolonga-se para o interior dos vales fluviais. A Plataforma Litoral (s.s.) é uma subunidade da Plataforma Litoral (s.l.), representada no mapa, definida até à cota dos 20 m.

Os resultados apresentados neste trabalho centram-se na evolução paleoambiental e em alguns dados sobre a atividade neotectónica da área mais atlântica do território - a zona intertidal e a plataforma litoral (s.s.) entre a foz do rio Minho e a foz do rio Neiva (Fig. 1). Apesar desta faixa do território constituir uma extensa área de afloramentos, distribuídos ao longo de mais de 30 km de costa, existem poucos depósitos que testemunhem a evolução quaternária desta porção da fachada atlântica. Atendendo à disposição geográfica de parte destas evidências sedimentológicas, assume-se que a evolução subactual da paisagem, nomeadamente durante a última crise climática importante (*Pequena Idade do Gelo*), terá contribuído para a ocultação destas formações, nomeadamente pelo desenvolvimento de uma extensa cobertura dunar. A tendência de retração que a linha de costa tem mostrado nos últimos anos permitiu revelar parcialmente o importante registo sedimentar.

## II - TRABALHOS ANTERIORES

O interesse pela evolução paleoambiental do Minho iniciou-se pelo estudo dos depósitos dos terraços fluviais e marinhos por Rui de Serpa Pinto, em 1932 (*Notas para um plano de estudos geológicos entre Minho e Lima*), por Georges Zbyszewski, em 1958 (*Le Quaternaire du Portugal*) e pelo estudo dos depósitos finos costeiros - *limons* - por Léopold Berthois, em 1949 (*Contribution à l'étude des limons de la région Nord du Portugal*) na zona do Fortim da Areosa (Forte de Rego de Fontes) e na praia a norte de Vila Praia de Âncora, que identificou como *limon* de tipo 2 (com elementos grosseiros), associado a depósitos de praia antiga, a 5-10 m (Q4B). Estes sedimentos surgiram cartografados pela primeira vez na folha 9-C da Carta Geológica de Portugal, à escala de 1:50000 (Costa & Teixeira, 1957), sob a designação de *Formação Areno-Pelítica de Cobertura*, interpretados como depósitos pós-Wurm sobrepostos a sedimentos de praias antigas do Porto e de Vila Nova de Gaia. O termo foi posteriormente utilizado nas folhas de Espinho (1962), Caminha (1962), Ovar (1963) e Póvoa do Varzim (1965). A folha de Caminha (1-C) contém referência a um afloramento nas proximidades do túnel de Gondarém. Na folha de Viana do Castelo (5-C), apesar de não ter sido cartografada, a notícia explicativa refere o estudo daquela formação por Berthois (1949). O termo de Costa & Teixeira (1957) colheu desde sempre grande aceitação junto da comunidade científica, patente na sua ampla utilização e diversidade terminológica derivada (e.g. Carvalho, 1983, 1985; Alves, 1989; Granja, 1990; Alves, 1996; Carvalho & Granja, 2003; Ribeiro, 2003): *cobertura areno-pelítica*; *areno-pelítico*; *depósito areno-argiloso*, *Formação Areno-Argilosa do Litoral*; *Formação de Cobertura* ou *Formação areno-limosa*. As designações utilizadas, que

aludem a critérios granulométricos ou genéticos dos depósitos (Meireles, 1992 e Meireles & Texier, 2000 referem-se a esta formação como *coluviões*) terão contribuído para abusos nas interpretações genéticas e da idade dos sedimentos de origem continental que ocorrem na plataforma litoral (s.s.) a cotas variadas.

No início da década de 90 foram propostos dois modelos evolutivos distintos para o Quaternário do litoral minhoto - Granja (1990) e Meireles (1992), sucessivamente trabalhados nos anos que se seguiram (e.g. Granja & Carvalho, 1991, 1992; Granja & Carvalho, 1993; Meireles & Texier, 1993; Granja & Carvalho, 1995; Carvalho *et al.*, 1995; Granja & Groot, 1996; Granja *et al.*, 1996; Groot & Granja, 1998; Thomas *et al.*, 2008; Granja *et al.*, 2010).

Granja (1990) propôs um modelo baseado em 2 plataformas:

I) Plataforma alta (20-55 m) delimitada a leste por uma arriba fósil. Estão representadas três unidades litostratigráficas: o *Conglomerado de Pinhote*, o *Conglomerado do Outeiro* e as *Areias de Gatinheira - Góis*.

II) Plataforma baixa (2-10 m) constituída por duas subunidades - 1 e 2, individualizadas por provável ação da neotectónica.

Subunidade 1: associada à *Formação de Cepães* (MIS 3: 6-10m, cota do topo). É constituída por cascalho e seixos de quartzito marinhos, datados de  $36470 \pm 3815$  e  $26283 \pm 3212$  anos BP (Carvalho & Granja, 1997). A base da unidade (fluvial) foi datada de 52500  $\pm$  6400 anos BP (Carvalho & Granja, 2003).

Subunidade 2: associada a depósitos lagunares. A autora inclui neste ambiente, os corpos lacustres, periodicamente influenciados pela água do mar. Constitui a unidade da *tijuca* ( $4470 \pm 50$  a  $360 \pm 40$  anos BP), pertencente à *Formação da Aguçadoura* (Granja, 1990; Granja *et al.*, 1996; Ribeiro, 2003; Carvalho & Granja, 2003). Este ambiente ter-se-á instalado durante o Holocénico, em depressões do substrato paleozóico, protegido da influência marinha direta por um sistema de ilhas-barreira. Os dados cronostratigráficos apontam para uma instalação diacrónica deste ambiente, cuja génese terá progredido de norte (Neiva-Cávado) para sul (Apúlia-Espinho) (Ribeiro, 2003). A *Formação da Aguçadoura* (MIS1) é constituída por três unidades litostratigráficas: as areias inferiores, de origem fluvial; a *tijuca*, de origem lagunar e as areias superiores, de praia, sobrepostas por areias de duna (Granja, 1990; Granja *et al.*, 1996). Carvalho & Granja (1997, 2003) e Ribeiro (2003) reconheceram que esta unidade está ausente a norte do Lima.

Meireles (1992) propôs um modelo geomorfológico da costa minhota organizado em “(...) 10 terraços marinhos escalonados, estabelecidos em resultado de sucessivas oscilações de natureza glacioeustática e de lentos movimentos de levantamento epirogénico (...)”. Segundo o autor os terraços marinhos mais baixos, M9b (8-14 m) e M10 (3-5 m), correspondem aos estádios isotópicos 7 (penúltimo interglaciário) e 5e (último interglaciário), respetivamente, e o terraço culminante M1 (100 m) ao Pliocénico. Texier & Meireles (1987) sugerem a existência de níveis lagunares associados a níveis marinhos transgressivos posteriores ao Eemiano e contemporâneos de fases temperadas do início do Wurm (MIS 5c e 5a).

O modelo de evolução paleoambiental proposto por Meireles (1992) baseia-se nas alterações do equilíbrio biomorfológico produzidas por perturbações no padrão climático, conforme a teoria bioeresistástica de Erhart (1956) e na ausência de movimento em falhas.

Relativamente à descrição e à análise geomorfológica do relevo do Minho foram pioneiros os estudos de Machado (1930, 1935), Teixeira (1944), Lautensach (1945), Birot (1949) e Feio (1951). Machado (1935) compara o relevo do Minho a um teclado, por “(...) admitir a existência duma série de fracturas que se articulam como um teclado (...)”, colocando a tónica na existência de uma série de blocos no território minhoto animados de movimento *bradissímico positivo* e *negativo*, provados pela caracterização dos depósitos fluviais e das praias levantadas, bem como pela análise de estruturas como as *ínsuas*, os *cabos de avolucção* e *mouchões* que abundam no vasto *golfo limânico*. Teixeira (1944) refere-se às geoformas estuarinas como resultado de “(...) *graben antigos ou teriam sofrido recentemente menor elevação* (...)”, comparando a maturidade avançada do Lima (e do Cávado) relativamente ao Minho (a norte) e ao Douro (a sul), registando que “(...) *ao norte do Eixo de Vigo (bloco galego) não existem [praias levantadas] (...) em relação ao compartimento entre o Minho e o Cávado (bloco Minhoto), onde os níveis não ultrapassam os 60 metros de altura e deste em relação ao compartimento sul do Cávado (bloco duriense), onde se encontram todos os níveis do esquema clássico* (...)” (Fig. 2).

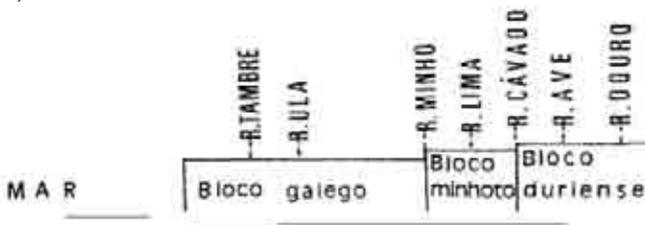


Fig. 2 - Relevo da Galiza e do norte de Portugal (região Galaico-Minho-Duriense), disposto em 3 blocos principais: bloco galego, bloco minhoto e bloco duriense, Teixeira (1944).

Feio (1951) alude também, à importância dos alinhamentos estruturais para a definição dos principais traços do relevo, refletindo sobre os “(...) restos de antigas aplanagens, principalmente na serra da Peneda e na serra de Arga. (...) Parece tratar-se de elementos derivados por rejuvenescimento lento de uma ou mais superfícies antigas (...)”. Birot (1949) defende que “(...) o contacto das altas superfícies de Trás-os-Montes com o Atlântico não pode definir-se, apenas, como uma escadaria tectónica, nem como um embutimento de níveis cíclicos afectando um bloco uniformemente levantado (...) [mas uma] deformação estrutural [derivada de] uma grande flexura [da crosta] (...) essa descida de conjunto decompõe-se em pequenos patamares separados por falhas de fraca amplitude (...)”.

Os estudos recentes, nomeadamente Cabral (1995) referem que a existirem essas fraturas, elas “(...) corresponderão ou a descontinuidades com cisalhamento muito reduzido (...) ou a falhas de movimentação vertical, sem componente de deslocamento horizontal significativa (...)”, visto que, tal como realça Ferreira (2004), “(...) elas não se traduzem em perturbação assinalável dos contactos geológicos, se se tiver como referência a cartografia geológica disponível (...)”. Cabral (1995) afirma que “(...) para a faixa litoral estima-se uma taxa máxima de levantamento compreendida entre cerca de 0.1 e 0.2 mm/ano, correspondendo a uma velocidade média nos últimos 3.5 ou 1.6 Ma, respectivamente (...)”. Relativamente às massas continentais interiores, Cabral (1995) confirma um valor de levantamento que rondará 0.13 ou 0.3 mm/ano, nos 3 ou 2 Ma, respetivamente. O mapa de movimentos verticais de Portugal Continental elaborado por este autor para o Placenciano-Quaternário, assinala o Litoral Norte como uma área sujeita a um levantamento máximo de 100 m, nos últimos 2 a 3 Ma. Estes dados correspondem a um valor de deformação vertical que varia entre 0.03 a 0.05 mm/ano, no período considerado. Outros autores, nomeadamente Granja (1999) referem-se a valores de deformação para áreas limítrofes à estudada, entre 1.4 e 3 mm/ano (3.5 a 3.2 ka e últimos 5.5 ka, respetivamente) e entre 0.04 e 0.06 mm/ano, segundo Araújo (1999).

### III - SÍNTESE DOS NOVOS DADOS

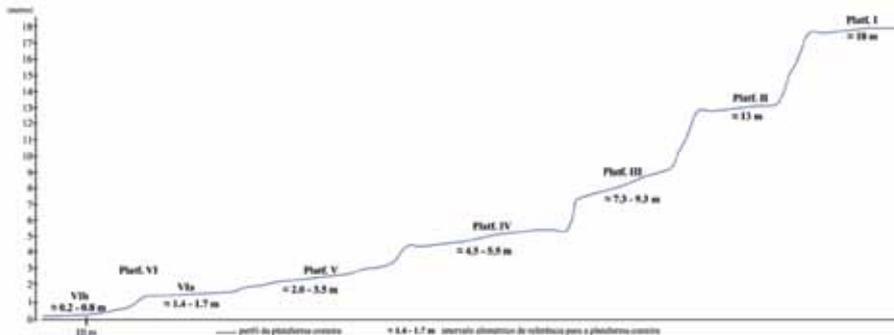
Os estudos realizados demonstraram que o Litoral Norte está estruturado em duas grandes unidades geomorfológicas: o Relevo Marginal e a Plataforma Litoral (Fig. 1). O Relevo Marginal está essencialmente preservado nas elevações montanhosas do litoral de Viana do Castelo e de Caminha, acima dos 100 metros. Organiza-se em núcleos orográficos envolvidos pela plataforma litoral (s.l.) e seu prolongamento nos vales fluviais principais, de carácter mais disperso



Fig. 4 - Plataformas costeiras preservadas em Montedor, Rego de Fontes e no Cabedelo, entre a foz do Minho e a foz do Neiva (Carvalho, 2012). A largura relativa que é apresentada para as várias plataformas costeiras reflete as características de desigualdade quanto ao seu desenvolvimento espacial, que é maior nas plataformas modeladas a cotas mais baixas. A escala horizontal é meramente indicativa e foi calibrada a partir da Plataforma IV para efeito de cálculo do exagero vertical. O perfil combina as várias plataformas costeiras identificadas no Litoral Norte (setor Minho - Neiva). Exagero vertical=3.3x.

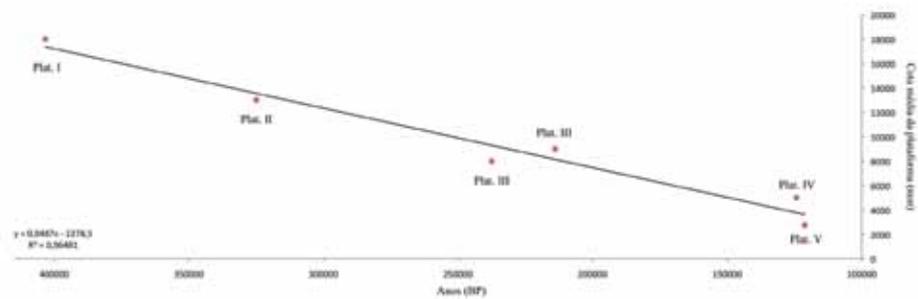
a sul do rio Lima e mais concentrado a norte, coincidentes com os maciços graníticos de Galeão, Roques e S. Romão, e de Viana do Castelo e Caminha, respetivamente. A plataforma litoral (*s.l.*) define-se abaixo dos 70 metros, embora a maioria das vezes, abaixo dos 50 metros. Distingue-se do Relevo Marginal por uma arribe bem marcada, principalmente, a norte do rio Lima onde a vertente ocidental do maciço de Viana do Castelo se ergue abruptamente sobre a curva de nível dos 60 metros, tendo-se aferido declives que ultrapassam por norma os 30% chegando, em casos excecionais a superar os 60%. A Plataforma Litoral (*s.s.*), como unidade geomorfológica incluída na Plataforma Litoral (*s.l.*) contém as superfícies rochosas da costa - plataformas costeiras - e por constituir uma zona rebaixada, em *continuum*, também o estuário e as plataformas aluviais do Lima. A Plataforma Litoral (*s.s.*) constitui a superfície de aplanamento mais baixa do Litoral Norte, designada de Superfície de Darque (Fig. 1, Fig. 3). Foram identificadas mais 6 superfícies de aplanamento acima da Superfície de Darque, definidas abaixo da Superfície de Arga (800 m): Superfície de Vila Fria (50 m), Superfície de Ola (75 m), Superfície de Faro de Anha (100 m), Superfície de Além do Rio (160 m), Superfície de S. Mamede (270 m) e Superfície de Sta Luzia (460 m) (Fig. 3).

Os estudos altimétricos da Plataforma Litoral (*s.s.*) foram realizados por DGPS e permitiram a identificação de 5 plataformas costeiras preservadas acima do valor altimétrico de referência para a preia-mar (+1.87 m): 18 metros (plataforma I), 13 metros (plataforma II), 7.3-9.3 metros (plataforma III), 4.5-5.5 metros (plataforma IV) e 2.0-3.5 metros (plataforma V) (Fig. 4). Sobre as plataformas costeiras apresentadas foram identificadas unidades sedimentares com características sedimentológicas variadas, à exceção da plataforma costeira I (18 metros), onde não foram observados sedimentos.



De acordo com os diversos dados obtidos, consideramos provável que as 6 plataformas costeiras que constituem a Superfície de Darque, identificadas abaixo dos 20 metros, correspondam aos sucessivos interglaciários que são conhecidos entre o atual (MIS1) e o MIS11. São relevantes para esta proposta os dados cronostratigráficos obtidos, a caracterização litológica e geomorfológica desta porção do território (barreira atlântica a partir da qual o relevo desce em direção à plataforma continental), e os dados conhecidos para o comportamento tectónico da região, que apontam para levantamento generalizado no Quaternário.

Os dados obtidos mostram que a altimetria das plataformas costeiras e a datação isotópica sugerida apresenta excelente correlação ( $R^2 \approx 96\%$ ), associada a um declive positivo igual a 0.0487 (Fig. 5). A interpretação destes dados sugere levantamento generalizado da costa de Viana do Castelo, à taxa média de 0.0487 mm/ano, entre o MIS11 e o MIS1.

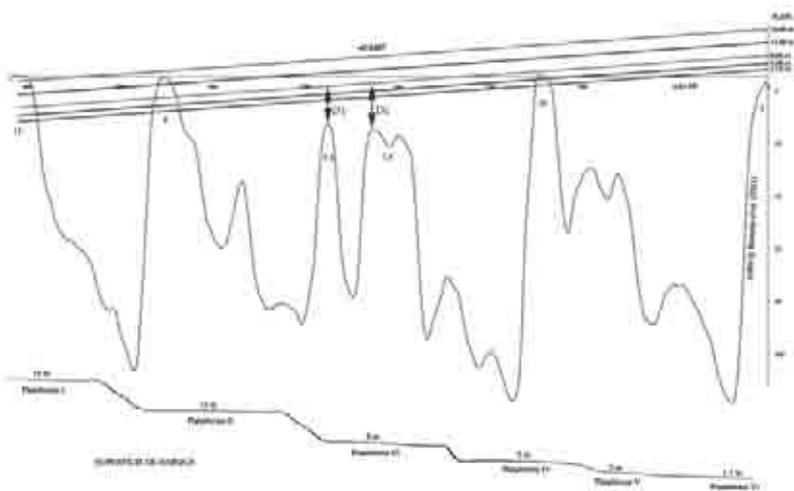


Apesar do valor de deformação estimado para as várias plataformas costeiras ter sido obtido a partir de uma reta de calibração com excelente correlação, verificou-se no cruzamento com a curva de flutuação glacioeustática (Bintanja *et al.*, 2011) que existem desvios altimétricos (D1 e D2), por vezes, muito importantes (Fig. 6).

A aplicação da *matching technique* (Lajoie, 1986; Merritts & Bull, 1989; Burbank & Anderson, 2001) permitiu propor um modelo de deformação vertical a taxa variável da costa norte de Portugal (Minho-Neiva), entre o MIS11 e MIS1 entre -0.149 mm/ano (subsidência entre o MIS9 e o MIS7.5) e +0.257 mm/ano (levantamento entre o MIS7.3 e o MIS5e). A metodologia aplicada suporta uma tendência de levantamento da zona costeira. O detalhe sugere uma tendência de abrandamento (MIS11=0.06 mm/ano a MIS5e=0.037 mm/ano). Entre o MIS9

Fig. 5 - Reta de calibração obtida por regressão linear dos dados de altimetria das plataformas costeiras com a proposta de idade isotópica (Carvalho, 2012).

Fig. 6 - Deformação vertical das plataformas costeiras da costa de Viana do Castelo, entre o MIS11 e o MIS1, calculada a partir de regressão linear (Adaptado de Carvalho, 2012).



e o MIS7.3 o método identifica subsidência, provavelmente responsável pela modelação da plataforma costeira dos 8 metros (MIS7.5) e pela instalação de um novo nível de praia, cerca de um metro acima (MIS7.3). Esta sequência particular foi observada na estação de amostragem da Estrada Real (Moledo) e regista a particularidade do MIS7 que possui dois ótimos climáticos, de igual intensidade. Vai ainda ao encontro do facto da Plataforma III evidenciar uma expressão vertical maior comparativamente às restantes plataformas costeiras.

Quadro I - Unidades litostratigráficas propostas para o Litoral Norte - setor Minho/Neiva (Carvalho, 2012). A datação de algumas unidades litostratigráficas foi refinada através dos dados de datação isotópica disponíveis para a margem NO da Ibéria (MD01-2447, NGRIP members, 2004) e das relações estratigráficas estabelecidas entre níveis datados. Os valores foram refinados a partir do intervalo de erro da datação de cada amostra. A referência usada para ajustamento (quando aplicável) está indicada entre parêntesis. A apresentação das unidades está organizada por terraços.

Os estudos realizados sobre as formações litorais e que permitiram compreender a evolução paleoambiental do Litoral Norte, compreenderam etapas de campo e de laboratório que se foram sucedendo, e complementando. Foram identificadas e amostradas 11 estações de amostragem, entre os 2 e os 13 m. A interpretação dos dados de campo (essencialmente a estratificação, a presença de bioturbação, de fragmentos de carvão e de ferruginização) e dos dados laboratoriais resultantes da aplicação de uma bateria de 7 testes fixos (granulometria, classificação morfoscópica e morfometria, mineralogia da fração arenosa leve, teor de matéria orgânica, teor de carbonatos e pH) permitiu esclarecer alguns aspetos relacionados com o ambiente deposicional de cada unidade litostratigráfica. A determinação dos parâmetros sedimentológicos, estratigráficos, geoquímicos, morfológicos e biológicos dos níveis amostrados, permitiu concluir pela apresentação de 16 unidades litostratigráficas, que representam a evolução dos meios deposicionais instalados sobre o Litoral Norte, setor Minho/Neiva, no decorrer do período temporal verificado entre o interglaciário MIS9 e o presente (Quadro I).

Unidade litostratigráfica	Modelo	Idade (MIS)	Datação (ajustado a...)	Altimetria (m)	Estrato (s)	Terraço
Areias de Galeão	Duna	1	do ano 1780 ao 1800	20.0 - 160.0	GAL50.2, GAL100, GAL160	Todos
Areias da Ribeira da Areia	Fluvial	1	do ano 1590 ao 1650	50.0	GAL50.1	≈ 50 m
Areias superiores de S. Sebastião	Aluvial		>220 ka	14.00 - 16.00	CP2, CP9, CP5	
Areias e Siltes de S. Sebastião	Estuário	9 (?)		13.00	CP4, CP3, CP8	≈ 13 metros
Conglomerados e Areias de S. Sebastião	Praia		>210 ka	13.00	CP1	
Areões da Ribeira de Portela	Fluvial	3	28 ka (MD01-2447)	7.5	PNB1	
Conglomerados superiores da Estrada Real	Praia	7.3 (?)	220 ka (GRIP, MD01-2447)	9.00	MM2SES	≈ 8 metros
Conglomerados inferiores da Estrada Real	<i>Debris-flow</i>	7.4 (?)	220-230 ka (GRIP, MD01-2447)	9.00	MM1SES	
Areias da Estrada Real	Lacustre	7.5 / 7.4 (?)	230-235 ka (GRIP, MD01-2447)	8.20	MB2.1SES, MB2.2SES	
Conglomerados e Areias de Rego de Fontes	<i>Grain / Debris-flow</i> e Solifluxão	2/1	<13240 anos cal BP (em relação a PN23)	2.0 a 7.0	MOL250, MD77, PNB3, VPA4	
Siltes da Cambôa do Marinheiro	Lacustre	2	13080 (PN23) a 20380 (MD29) anos cal BP	2.0 a 8.2	VPA3, CM20, MD29, MD-16, MD-26, PNB2, PN23, PN60	
Areias superiores de S. Domingos	<i>Grain-flow / Mud-flow</i>	3	MOL170 - 55 a 57ka GELFA1.2 - 54 ka MALC52 - 47 a 50 ka (MD01-2447)	1.70 a 13.50	MOL170, MOL205, GELFA1.3, MALC24, MALC52, CM64	≈ 3 metros
Areias e Siltes de S. Domingos	Lagoa interdunar / Lagoa	4 / 3	MD-39 - 53 a 59 ka VPA2 - 64ka (MD01-2447)	2.65 a 4.20	MOL65, MOL105, MOL150, VPA2, MD-39, CM83, MALC110, MALC84	
Areias de Sto Isidoro	Fluvial	4 (?)	CM105 - 65 ka (MD01-2447)	1.10 a 3.40	VPA1.2, CM105, MD-64, MD-50	
Areias da Ronca de Montedor	Duna	4	70 ka (MD01-2447)	2.60 a 4.20	MOL0, MOL35, MALC9.1	
Conglomerados e Areias do Forte do Cão	Praia	5	MIS 5e (>66±5 ka, MOL0)	3.00 a 5.0	GELFA2, MOL-60, MOL-37	

Em meio continental diferenciaram-se derrames do tipo proximal (*debris-flow*, *grain-flow* e *mud-flow*), fluxos canalizados (drenagem fluvial) e meios confinados, admitindo-se que possam estar representadas condições pantanosas e lagoas interdunares. Os meios de transição estão representados por níveis de praias cascalhentas e arenosas, por dunas e estuário (Fig. 7). Entre as unidades litostratigráficas identificadas, 14 estão preservadas em 3 terraços identificados às cotas médias aproximadas de 3 metros, 8 metros e 13 metros. As restantes unidades litostratigráficas são consideradas históricas, por terem sido datadas entre 1590 e 1800: as *Areias de Galeão*, dunares, observadas em todas as superfícies-terraço entre a Superfície de Darque e a Superfície de Além do Rio, e as *Areias da Ribeira da Areia*, de origem fluvial, preservadas na superfície-terraço de Vila Fria (50 m).

Os dados são apresentados em quadros-síntese que agregam os principais indicadores laboratoriais e de campo obtidos nos vários níveis que constituem cada unidade litostratigráfica, de acordo com o critério de posição estratigráfica (Quadro II a Quadro XVII).

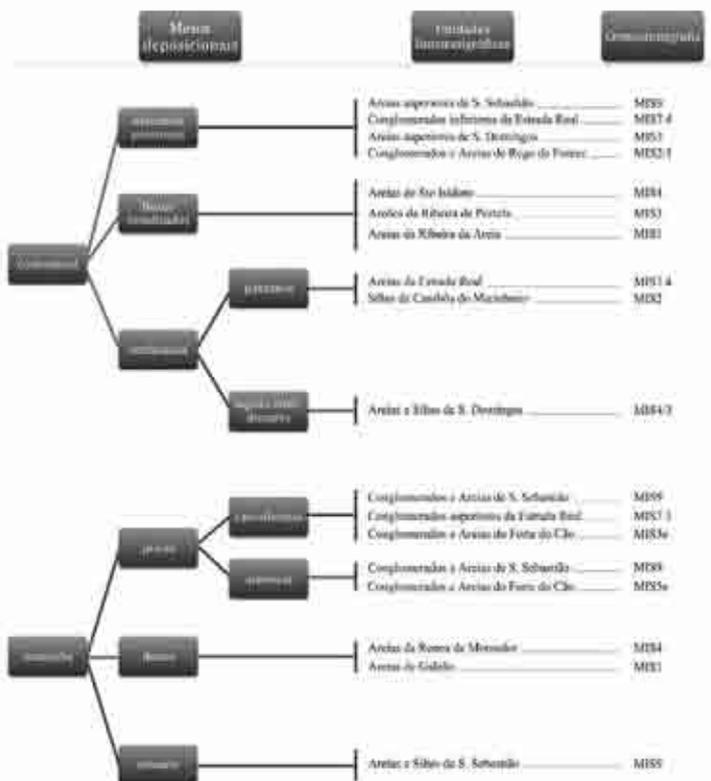


Fig. 7 - Meios deposicionais, unidades litostratigráficas e cronostratigrafia dos depósitos sedimentares identificados na costa do Litoral Norte, entre o Minho e o Neiva (Carvalho, 2012). A tipologia dos meios deposicionais é baseada em Selley (1976).

## Terraço dos 13 metros

### 1. Areias superiores de S. Sebastião

A unidade é interpretada como associada à instalação de um meio fluvial localizado que reverte para algum confinamento. Evolui para o topo com em escassez hídrica, patente num padrão de derrame proximal com marcada viscosidade. Clima com características oxidativas e boa cobertura vegetal (Quadro II).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>k</sub>	K <sub>c</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Areias superiores de S. Sebastião	-	F	AMG-AM	MC	A+	M-L	1-10	0.5-1.7	5.3-5.5	sim	não	sim	0.2-0.4	0-2	15-80	0.2-0.9	A

Nota de legenda: Visher (1969) - L (lacustre), CT (corrente turbidítica), F (fluvial), D (duna), P (praia) // Média - AR (areão), AMG (areia muito grossa), AG (areia grossa), AM (areia média), AF (areia fina), AMF (areia muito fina), SMG (silte muito grosso), S (silte) // Desvio-padrão - BC (bem calibrado), MBC (moderadamente bem calibrado), MDC (moderadamente calibrado), MC (mal calibrado), MMC (muito mal calibrado) // Assimetria (Sk) - GA+ (grande assimetria positiva), A+ (assimetria positiva), S (simétrica), A- (assimetria negativa), GA- (grande assimetria negativa) // Curtose (KG) - Platicúrtica (P), M (mesocúrtica), L (leptocúrtica) // TMO (teor de matéria orgânica) // TC (teor de carbonatos) // Bio (presença de bioturbação) // Carvão (presença de fragmentos de carvão) // IM (índice morfométrico) // ND (grãos não-desgastados) // ND/AC (rácio ND/AC) // IAHM (índice de agitação hidrodinâmica do meio).

Quadro II - Síntese dos dados de referência das Areias superiores de S. Sebastião (Carvalho, 2012).

Descrição	A sequência inicia-se com areias subarcóicas mal calibradas. Figuras de canal na base, de largura < a 50 cm, preenchidas com sedimentos de granulometria alternante com organização granodrecrescente. IM variável (0.32 a 0.40) e grãos BB+AB superior a 80%. Os níveis do topo da unidade têm estrutura maciça, IM muito baixo (0.22) e percentagem de grãos AB+BB próxima dos 20%. Fósseis vegetais de feto-comum neste nível.
Fácies	Sequência de areia muito grossa a areia média, mal calibrada, de cor vermelha-escura, muito ferruginizada. Figuras de enchimento de canal, na base. Estrutura maciça no topo. Ravina todas as unidades subjacentes. Identificou-se conteúdo fossilífero na amostra do topo da unidade (CP5).
Informação palinológica	Não disponível.
Modelo	Aluvial: instalação de um canal fluvial efêmero, compatível com inundação episódica. Para o topo evolui para fluxos com caráter de derrame proximal ( <i>grain-flow</i> ).
Estrato-padrão: CP2	
Idade radiométrica de referência	≈ 280-330 ka
MIS	MIS 9 ?
Cota de referência (m)	≈ 14.00 - 16.00

## 2. Areias e Siltes de S. Sebastião

A unidade foi interpretada como a instalação do estuário do rio Lima a norte da sua posição atual, numa situação idêntica à atualmente identificada na foz do rio Cávado. O nível inferior da unidade é interpretado como deposição associada à *maré enchente* (*ebb sand* - Folk, 1965), o nível médio ao *estofa da maré* (*ebb mud* - Folk, 1965) e o nível superior à *vazante* (*flood sand* - Folk, 1965) (Quadro III).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Areias e Siltes de S. Sebastião (sequência superior)	Superior	P*	AG	MMC	GA+	M	1	1.89	6.03	não	não	sim	0.40	0	10	0.4	B
	Médio	P*	S	MMC	A+	P	3	1.98	6.32	não	não	sim	0.37	0	12	0.3	C
	Inferior	P	AM	MDC	A+	M	1	1.10	6.02	não	não	sim	0.42	0	36	1	A

Quadro III - Síntese dos dados de referência das *Areias e Siltes de S. Sebastião* (sequência superior) (Carvalho, 2012).  
Nota de legenda (ver Quadro II).

Descrição	Sucessão alternada de níveis de areia média, silte muito grosso e areia grossa, com predomínio das lentes de areias sobre as de silte, que ocorrem em lenticulas intercaladas. Dados compatíveis com <i>flaser bedding</i> .
Fácies	Meio sujeito a fluxos intermitentes, alternando entre alta e baixa energia: deposição associada à maré enchente (CP4 - <i>ebb sand</i> ), ao estofa da maré (CP3 - <i>ebb mud</i> ) e à vazante (CP8 - <i>flood sand</i> ).
Informação palinológica	Não disponível.
Modelo	Estuário: canais ou áreas confinadas de caráter lagunar, com influência tidal. Configura-se a migração para norte do estuário do Lima, à semelhança do que se verifica atualmente no estuário do Cávado.
Estrato-padrão: CP8, CP3, CP4	
Idade radiométrica de referência	≈ 280-330 ka
MIS	MIS 9 ?
Cota de referência (m)	≈ 13.00

### 3. Conglomerados e Areias de S. Sebastião

A unidade foi interpretada como instalação de um meio de praia de elevada energia (nível inferior de S. Sebastião e nível do Hospital da Gelfa) substituído por um meio de praia de energia moderada (nível superior de S. Sebastião) (Quadro IV).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>w</sub>	K <sub>w</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Conglomerados e Areias de S. Sebastião	-	P	AF	BC	S	M	1	0.80	5.42	não	não	sim	0.38	0	30	0.5	A

Descrição	<p>A unidade está preservada em dois afloramentos: em S. Sebastião ocorre num nível arenoso de espessura não superior a 150 cm (não aflorante), assente sobre o substrato granítico/Formação de Desejosa e sobre o nível conglomerático, de fina espessura, do Hospital da Gelfa.</p> <p>Na Gelfa foi identificada uma sucessão de níveis conglomeráticos, clasto-suportados, com alternância granulométrica marcada. Os níveis são constituídos essencialmente por clastos de quartzito bem rolado com MPS e pendor variável entre camadas (entre 1.5 e 7.0 cm, e entre 5.5° e 9.0°, respetivamente). Observa-se ravinamento da sucessão por um nível conglomerático grosseiro, também constituído por seixos de quartzito, bem rolados, mas com MPS superior (16 cm). A imbricação dos clastos revela um depósito de características bimodais, constituído por duas populações de direção complementar (diferença=180°).</p>
Fácies	<p>Nível superior (S. Sebastião): areia fina bem calibrada, com rubefacção, estratificação <i>wavy</i>;</p> <p>Nível inferior (Hospital da Gelfa): conglomerado clasto-suportado (MPS=16 cm), imbricação de clastos (quartzitos).</p>
Informação palinológica	Não disponível.
Modelo	Praia: instalação de uma praia de elevada energia (cascalhenta) substituída por uma praia de média energia (arenosa).
Estrato-padrão: CP1	
Idade radiométrica de referência	= 280-330 ka
MIS	MIS 9 ?
Cota de referência (m)	= 13.00

Quadro IV - Síntese dos dados de referência dos Conglomerados e Areias de S. Sebastião (Carvalho, 2012). Nota de legenda (ver Quadro II).

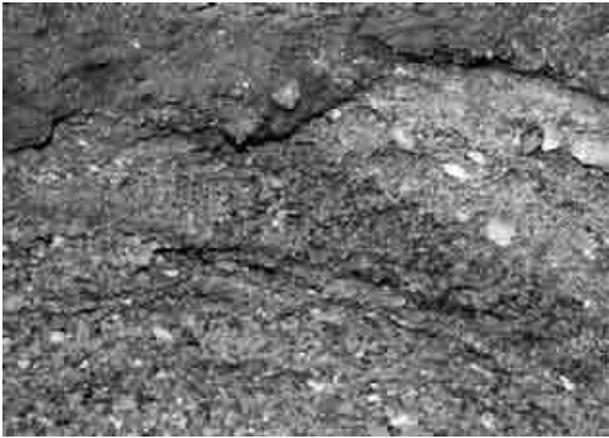
## Terraço dos 8 metros

### 4. *Areões da Ribeira de Portela*

A unidade foi interpretada como um meio fluvial com drenagem localizada, caracterizado por um fluxo competente, pontualmente em regime turbulento (Quadro V).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>x</sub>	K <sub>c</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Areões da Ribeira da Portela	-	F*	AR	MC	A+	P	1	0.75	6	não	sim	sim	0.22	0	69	0.7	A

Quadro V - Síntese dos dados de referência dos *Areões da Ribeira de Portela* (Carvalho, 2012).  
Nota de legenda (ver Quadro II).

Descrição	Areão subarcóxico, mal calibrado, com estratificação cruzada de baixo ângulo. Ferruginização. Baixo IM (0.22) e baixo rácio ND/AC. Lenticulas de material pior calibrado e com maior angulosidade.
Fácies	Drenagem proximal competente, com oscilação energética ocasional em regime de turbulência.
Informação palinológica	Não disponível.
Modelo	Fluvial (canal da ribeira de Portela?).
Estrato-padrão: PNB1	
Idade radiométrica de referência	≈ 28 ka
MIS	MIS 3
Cota de referência (m)	≈ 7.5

### 5. Conglomerados superiores da Estrada Real

A unidade foi interpretada como uma praia de elevada energia (Quadro VI).

Descrição	Conglomerado clasto-suportado, composto por quartzitos bem rolados (MPS=25 cm). Matriz constituída por silte muito grosso, muito mal calibrado, com boa contribuição de grão BB e provenientes de fluxo eólico (= 60%). Observa-se subpopulação importante de grãos recém-introduzidos no ciclo sedimentar, com transporte muito localizado, ocasionalmente em regime turbulento. O IM é relativamente baixo (0.32). Não se observam fragmentos líticos na matriz, que se mostra ferruginizada para o topo. Os clastos de quartzito apresentam-se imbricados em resultado de um fluxo orientado N104°-N130°, com duplo sentido (pendor para NO e SE).	
Fácies	Elevada energia. Ravinou parcialmente os <i>Conglomerados inferiores da Estrada Real</i> .	
Informação palinológica	Não disponível.	
Modelo	Praia de cascalho estabelecida à cota aproximada de 9 metros.	
Estrato-padrão: MM2SES		
Idade radiométrica de referência		≈ 220 ka
MIS		MIS 7.3 ?
Cota de referência (m)		9.00

Quadro VI - Síntese dos dados de referência dos *Conglomerados superiores da Estrada Real* (Carvalho, 2012).

## 6. Conglomerados inferiores da Estrada Real

A unidade foi interpretada como resultante de *debris-flow* (Quadro VII).

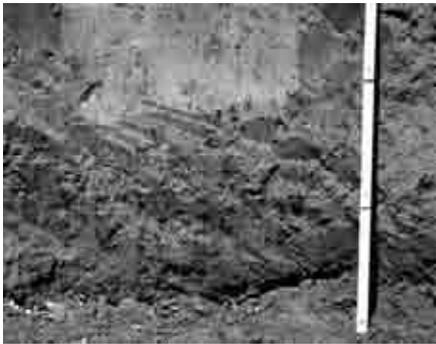
Quadro VII -  
Síntese dos dados  
de referência dos  
Conglomerados  
inferiores da Estrada  
Real (Carvalho,  
2012).

Descrição	Conglomerado clasto-suportado (pontualmente matriz-suportado), muito heterométrico, composto por quartzitos bem rolados e blocos graníticos, alguns bem rolados (MPS=87 cm). A matriz de areia fina, extremamente mal calibrada, é constituída por elevada quantidade de fragmentos líticos e feldspatos ( $\approx 45\%$ ). IM muito baixo (0.19) e baixa contribuição de grãos BB+AB ( $\approx 10\%$ ). Ravina as <i>Areias da Estrada Real</i> . O conglomerado matriz-suportado surge associado a granitóides com comportamento <i>anchor</i> , observando-se <i>stoss</i> múltiplo heterométrico e de composição variada.
Fácies	Mobilização de arenas graníticas e de terraço marinho; variação da disponibilidade hídrica no meio deposicional - estruturas <i>stoss</i> sugestivas de disponibilidade hídrica; aspetos de arrasto de blocos envolvidos em solifluxão, compatível com sobressaturação do substrato.
Informação palinológica	Não disponível.
Modelo	<i>Debris-flow</i> .
Estrato-padrão: MM1SES	
Idade radiométrica de referência	>220 (MB2.1SES)
MIS	MIS 7.4 ?
Cota de referência (m)	$\approx 9.00 - 13.00$

## 7. Areias da Estrada Real

Os dados foram interpretados como relativos à instalação de um corpo lacustre pouco confinado, com bom arejamento, alimentado a partir de fontes continentais com associação a fluxos sedimentares pouco organizados. Evolui para o topo no sentido do confinamento, patente na maior acumulação de matéria orgânica, no incremento de carbonatos por acumulação de catiões presentes no lixiviado e pelo desaparecimento das condições de oxidação do meio (anóxia?) (Quadro VIII).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>i</sub>	K <sub>c</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Areias da Estrada Real	-	L'/CT	AMF	MMC	A+	P	2-5	1.1-1.3	5.5	sim	sim	sim	0.28-0.29	0-2	80-82	1	B

Descrição	Areia muito fina, muito mal calibrada, grauvacóide. Dois níveis sedimentares. Baixo IM (0.28-0.29) e baixa percentagem de grãos BB+AB (= 20%). pH baixo (5.5); TC elevado. As características distintivas prendem-se com o aumento do TMO para o topo da unidade e o surgimento de carvão. Desaparecem os núcleos ferruginosos característicos do nível da base. Rácio ND/AC compatível com drenagem de fontes proximais em regime de elevada viscosidade.
Fácies	Alimentação a partir de fluxos proximais de drenagem difusa; meio progressivamente confinado, tendo em conta o desaparecimento das condições de oxidação verificadas no nível inferior.
Informação palinológica	<i>Vorticella sp.</i> , <i>Rhizosolenia morphotype</i> . Organismos aquáticos de água doce.
Modelo	Lacustre.
Estrato-padrão: MB2.2SES, MB2.1SES	
Idade radiométrica de referência	≈ 230-235 ka
MIS	MIS 7.5 a 7.4 ?
Cota de referência (m)	≈ 8.20

Quadro VIII - Síntese dos dados de referência das *Areias da Estrada Real* (Carvalho, 2012).  
Nota de legenda (ver Quadro II).

## Terraço dos 3 metros

### 8. Conglomerados e Areias de Rego de Fontes

Considera-se que a unidade representa a instalação de fluxos gravíticos de grãos (*grain-flow*) (nível da Cambôa do Marinheiro), com acréscimos energético pontuais (estruturas canalizadas de Rego de Fontes), evoluindo para derrames proximais de elevada viscosidade - *debris-flow* (nível conglomerático de Rego de Fontes) e solifluxão (nível de Sto Isidoro). As fácies mostram variação na disponibilidade hídrica: água líquida disponível a sobressaturação (Quadro IX).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>L</sub>	K <sub>c</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Conglomerados e Areias de Rego de Fontes (níveis arenosos)	-	CT	AF-AMF	MMC	AS+	P	4-6	1.0-1.1	5.9-7.5	sim	não	não	0.26-0.28	0-5	>75	0.9-1.3	A/B

Quadro IX - Síntese dos dados de referência dos Conglomerados e Areias de Rego de Fontes (níveis arenosos) (Carvalho, 2012). Nota de legenda (ver Quadro II).

Descrição	Unidade heterométrica com níveis conglomeráticos e arenosos, preservados na costa em setores específicos. Níveis de reduzida espessura (< 70 cm). Os níveis conglomeráticos ocorrem em Sto Isidoro (parcialmente desmantelado) e em Rego de Fontes. São conglomerados clasto-suportados, constituídos essencialmente por calhaus de quartzito bem rolados, cobertos por pátina ferruginosa. Ocorrem sobre o nível arenoso, representado por leitos de areia grossa, muito mal calibrada (estruturas canalizadas de Rego de Fontes) e camadas de areia fina, a muito fina, muito mal calibrada, com estrutura maciça (níveis de Sto Isidoro, da Cambôa do Marinheiro e da Portela da Areosa - não aflorante). O conteúdo orgânico deste nível varia entre 4% a 6%. O IM é baixo (0.26 a 0.28) e os grãos ND sempre em percentagem superior a 74%. O litótipo é areia grauvacóide, com conteúdo lítico até 5%.
Fácies	Em termos globais a disponibilidade hídrica progride no sentido da escassez: de água líquida disponível a sobressaturação. Dados compatíveis com lençóis de água líquida em situação de confinamento, revertendo para derrames proximais do tipo <i>debris-flow</i> (imbricação de clastos, MPS=56 cm, nível de Rego de Fontes) e solifluxão (arrastamento de crioclastos, MPS=170 cm - nível de Sto Isidoro).
Informação palinológica	<i>Desmidiaceae</i> ( <i>Closterium sp.</i> e <i>Cosmarium sp.</i> ). Algas de água doce presentes no nível arenoso da unidade.
Modelo	<i>Grain-flow</i> , <i>Debris-flow</i> e solifluxão.
Estrato-padrão: MD77	
Idade radiométrica de referência	<13 ka
MIS	MIS 1/2
Cota de referência (m)	= 2.0 a 7.0

### 9. Siltes da Cambôa do Marinheiro

Os dados são compatíveis com a instalação de corpos lacustres em depressões da plataforma litoral, com reduzida profundidade e diferentes graus de confinamento. O abastecimento terá estado dependente de fluxos pouco competentes, em regime de reduzida turbulência, eventualmente associados a águas de fusão primaveril (elevado confinamento) (e.g. nível da Cambôa do Marinheiro), intercalados por episódios de drenagem mais competente, relacionada com maior disponibilidade hídrica que se converte em níveis mais grosseiros e com pior calibração (reduzido confinamento) (e.g. nível de Rego de Fontes) (Quadro X).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>L</sub>	K <sub>c</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Siltes da Cambôa do Marinheiro	-	L/CT	S	MMC	S a AS-	P-M-L	5-10	1.6-1.9	6.3-7.8	sim	sim	não	0.23-0.37 0.45 - 0.48	0.30	<60	0.3-1.0	C/D

Descrição	<p>A unidade é constituída por silte muito grosso a grosso, muito mal calibrado, de caráter grauacóide. O IM é globalmente baixo, entre 0.23 e 0.37 e está relacionado com níveis alimentados com grãos recém-introduzidos no ciclo sedimentar, transportados a partir de fluxos proximais. A distribuição dimensional destes níveis é platicúrtica.</p> <p>Na Cambôa do Marinheiro ocorre um nível de silte fino, mal calibrado a muito mal calibrado. A distribuição dimensional é leptocúrtica. O depósito apresenta IM elevado, entre 0.45 e 0.48, com grãos BB&gt;58% e AB até 15%.</p> <p>Os valores de TC, TMO e de pH apresentam alguma homogeneidade nos níveis estudados.</p>
Fácies	Instalação de um meio altamente confinado, alimentado por fluxos de reduzida competência; evolui para o topo da unidade no sentido da diminuição do confinamento, acompanhado de maior dinâmica dos fluxos associados.
Informação palinológica	<p><i>Asteraceae</i>, <i>Pinus</i> sp., <i>Ovoidites</i> sp, fungos (MD-26). Evolui no sentido do aumento da diversidade da palinoflora, com abundantes pólenes de <i>Oleaceae</i>, <i>Amaranthaceae</i>, <i>Asteraceae</i> e esporos de <i>Ovoidites</i>.</p> <p>Escassa floresta local de pinheiros com rara cobertura arbustiva. Presença de charcos. Evolui no sentido do desenvolvimento das espécies herbáceas e arbustivas, como a <i>Oleaceae</i>, o que poderá denotar alguma secura. Formação de charcos.</p>
Modelo	Lacustre.
Estrato-padrão: MD29	
Idade radiométrica de referência	≈ 13 - 20 ka
MIS	MIS2
Cota de referência	≈ 2.0 a 8.2

Quadro X - Síntese dos dados de referência dos *Siltes da Cambôa do Marinheiro* (Carvalho, 2012). Nota de legenda (ver Quadro II).

### 10. Areias superiores de S. Domingos

Os dados são compatíveis com a instalação de um meio com marcada ciclicidade energética, associada à variação da quantidade de água disponível. Os períodos de maior hidrodinamismo associam-se a figuras de canalização por mobilização de arenas e de sedimentos de terraço (*grain-flow*). Contrastam com os períodos de menor disponibilidade hídrica, em que ocorrem derrames de detritos mais finos (*mud-flow* ?) (Quadro XI).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>1</sub>	K <sub>c</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Areias superiores de S. Domingos	-	L/CT	AM-SMG	MMC	AS-	M	2-5	0.3-0.7	5.1-5.5	não	não	não	0.28-0.38	0-7	20-30 >75	0.4-0.6 0.9-1.0	B/C

Quadro XI - Síntese dos dados de referência das *Areias superiores de S. Domingos* (Carvalho, 2012). Nota de legenda (ver Quadro II).

Descrição	<p>Sequência cíclica com alternância granulométrica marcada: areia média/fina e silte grosseiro. Sedimentos grauvacóides provenientes de abastecimento localizado. Os níveis são muito mal calibrados e apresentam IM entre 0.28 e 0.38.</p> <p>Os níveis grosseiros apresentam estratificação sub-horizontal, ocasionalmente substituída por organização em canal, compatível com episódios de drenagem turbulenta.</p> <p>Os níveis finos estão associados a drenagem em escassez hídrica.</p> <p>A unidade está preservada na costa, entre Moledo (S. Domingos) e Carreço (Canto Marinho).</p>
Fácies	Sistema deposicional com flutuação marcada na quantidade de água disponível.
Informação palinológica	<p><i>Asteraceae</i> e <i>Ovoidites</i>.</p> <p>Vegetação essencialmente herbácea, pouco desenvolvida. Ambiente húmido. Formação de charcos (?).</p>
Modelo	<i>Grain-flow</i> / <i>Mud-flow</i> .
Estrato-padrão: MOL170, MOL205	
Idade radiométrica de referência	≈ 47 a 57 ka
MIS	MIS 3
Cota de referência (m)	≈ 1.70 a 13.50

## 11. Areias e Siltes de S. Domingos

Os dados sugerem a instalação de uma lagoa interdunar sob reduzido confinamento e com bom abastecimento hídrico, responsável pelo bom arejamento do meio deposicional. Influência marinha indireta importante, marcada pelo intenso abastecimento eólico. Evolui com diminuição da influência eólica e aumento do confinamento, provavelmente acompanhado de menor disponibilidade hídrica (Quadro XII).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>v</sub>	K <sub>v</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Areias e Siltes de S. Domingos	-	F/CT	AF-SMG	MC-MMC	GAS+	L+	2-8	1.0-1.6	5.0-5.5 6.7-7.3	sim	sim	não	0.25-0.31 0.45-0.55	0	15-30 70-90	0.6-0.7 1.0-1.1	B/C

Descrição	<p>Sequência de areia fina a silte grosso (níveis muito mal calibrados). O nível arenoso é empobrecido em matéria orgânica (TMO 0-3%). Apresenta bom rolamento (IM 0.44-0.55) e elevada percentagem de grãos AB+BB (70%-85%), com contribuição entre 5% e 29% de grãos AB. Conteúdo feldspático até 4%.</p> <p>Progride para um silte grosso associado a um sistema deposicional mais confinado, de traço mais continental (TMO 4-8%), com valores de IM globalmente baixos (0.25-0.31) e baixa percentagem de grãos AB+BB (10%-50%), com contribuição de 0-5% de grãos AB. Os litótipos são marcados pelo conteúdo feldspático (10%-20%).</p> <p>A unidade está preservada na costa, entre Moledo (S. Domingos) e Carreço (Canto Marinho).</p>
Fácies	<p>Nível siltooso (topo): elevado confinamento; recepção de drenagem continental com acumulação de matéria orgânica; influência eólica discreta ou ausente;</p> <p>Nível arenoso (base): reduzido confinamento; importante influência eólica, até 29% do total de grãos do depósito.</p>
Informação palinológica	<p><i>Ericaceae</i>, <i>Asteraceae</i>, <i>Plantago</i>, <i>Pinus</i> sp., <i>Concentricistes</i> sp. e <i>Ovoidites</i> sp.</p> <p>Ambiente pouco florestado, embora húmido. Presença de charcos.</p>
Modelo	Lagoa interdunar/lagoa: sistema lacustre com isolamento progressivo da influência costeira.
Estrato-padrão: MOL105	
Idade radiométrica de referência	≈ 53 a 64 ka
MIS	MIS4 / MIS3
Cota de referência (m)	≈ 2.65 a 4.20

Quadro XII - Síntese dos dados de referência das *Areias e Siltes de S. Domingos* (Carvalho, 2012). Nota de legenda (ver Quadro II).

## 12. Areias de Sto Isidoro

Os dados são interpretados como representativos de um meios fluviais pouco hierarquizados, associados a pequenas bacias hidrográficas que drenam áreas localizadas do *Relevo Marginal*. Os sedimentos transportados são essencialmente grosseiros identificando-se uma população até 10% de finos que estão implicados em fluxos de maior viscosidade. Clima quente e húmido com contraste estacional (Quadro XIII).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>x</sub>	K <sub>v</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Areias de Sto Isidoro	-	F	AMG-AM	MDC-MC	GAS+	L+	0-2	0.4-1.0	6.0-7.0	não	não	sim	0.28-0.35	0-3	55-80	0.5-1.0	A/B

Quadro XIII - Síntese dos dados de referência das *Areias de Sto Isidoro* (Carvalho, 2012). Nota de legenda (ver Quadro II).

Descrição	Representada essencialmente no setor costeiro entre Vila Praia de Âncora e Carreço (Canto Marinho). O litótipo associado é subarcóico, normalmente areias ferruginizadas a arenitos de cimento ferruginoso, este último preservado em Sto Isidoro, onde foi observada estratificação cruzada.
Fácies	Areia muito grossa a areia média, moderadamente calibrada a mal calibrada. Ferruginização em alguns níveis, por vezes constituindo cimento. Estratificação cruzada.
Informação palinológica	Não disponível.
Modelo	Fluvial: fluxo pouco viscoso, essencialmente de carácter proximal com períodos de drenagem em fluxo turbulento. Clima quente e húmido com contraste estacional.
Estrato-padrão: VPA1.2	
Idade radiométrica de referência	≈ 61±4 ka
MIS	MIS 4 (?)
Cota de referência (m)	≈ 1.10 a 3.40

### 13. Areias da Ronca de Montedor

Os dados são interpretados como instalação de um campo dunar sob condições quentes e húmidas, com contraste estacional (Quadro XIV).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>w</sub>	K <sub>c</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Areias da Ronca de Montedor	-	D/P	AM	MBC	AS+	L	0	0,6-1,4	5,3-5,4	sim	não	sim	0,47-0,56	0	<10	0-0,4	A

Descrição	Bem representada na zona de Montedor (Alcantilado e Praia de Fornelos), aflorando também na Praia de S. Domingos (Moledo). Constituída por quartzarenitos ferruginizados (rubefacção leve a intensa), de elevado IM (entre 0,47 e 0,56), com percentagens superiores a 90% de grãos de bom rolamento (AB+BB). Os níveis da base apresentam seixos de quartzito e granito bem rolados (MPS=12 cm) que se interpretaram como o resultado de galgamentos.
Fácies	Areia grosseira a média, moderadamente bem calibrada. Presença de rubefacção a ferruginização (cimento ferruginoso).
Informação palinológica	Não disponível.
Modelo	Dunas: progressivo afastamento da influência marinha.
Estrato-padrão: MALC9.1	
Idade radiométrica de referência	≈ 70 ka
MIS	MIS 4
Cota de referência (m)	≈ 2.60 a 4.20

Quadro XIV - Síntese dos dados de referência das *Areias da Ronca de Montedor* (Carvalho, 2012). Nota de legenda (ver Quadro II).

#### 14. Conglomerados e Areias do Forte do Cão

Os dados são compatíveis com a instalação de um ambiente de praia de moderada energia em Moledo (S. Domingos) e de elevada energia no Forte do Cão. Admite-se instalação de solo nas unidades suprajacentes, responsável pela bioturbação radicular observada nestes níveis (Quadro XV).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>1</sub>	K <sub>c</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Conglomerados e Areias do Forte do Cão (níveis arenosos)	-	P	AMG	MBC	S a AS+	L-L+	4-6	0.3	5.5-5.7	sim	sim	não	0.32-0.40	0	25-35	0.4-0.7	A

Quadro XV - Síntese dos dados de referência dos Conglomerados e Areias do Forte do Cão (Carvalhido, 2012). Nota de legenda (ver Quadro II).

Descrição	<p>Representada na envolvente do Forte do Cão (Gelfa), a unidade é constituída por um nível conglomerático clasto-suportado, de matriz arenosa, carbonatada. O conglomerado apresenta-se cimentado na base da unidade, instalada sobre o soco granítico, à cota ≈ 3.0 m (MPS=5 cm). Evolui para o topo, sem que se observe contiguidade estratigráfica, perdendo a cimentação e tornando-se mais grosseiro (MPS= 12 cm). A cota do topo do depósito é a 5.0 m. A extensão do nível pode ser estimada pelos alvéolos de contacto identificados nos granitos que lhe serviram de substrato.</p> <p>O nível de S. Domingos não aflora. Está em continuidade com a restante sequência sedimentar e não ultrapassa 40 cm de espessura. O depósito revela alimentação local a partir de grãos recém-erodidos da plataforma costeira, patente no conteúdo feldspático (areias com carácter subarcósico) e na presença de grãos angulosos com boleamento da superfície (20-45%).</p>
Fácies	O nível de S. Domingos (Moledo) é considerado equivalente lateral do Forte do Cão (Gelfa). Corresponde à instalação de um ambiente de praia de elevada energia (Forte do Cão) a moderada energia (S. Domingos).
Informação palinológica	Não disponível.
Modelo	Praia.
Estrato-padrão: GELFA2 & MOL-37 / MOL-14	
Idade radiométrica de referência	>71 ka
MIS	MIS 5e (?)
Cota de referência (m)	≈ 3.00 - 5.00

## Unidades históricas

### 15. Areias de Galeão

Os dados são compatíveis com a instalação de um campo dunar constituído essencialmente por grãos transportados a longa distância (Quadro XVI).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>L</sub>	K <sub>c</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Areias de Galeão	-	D*	AM	BC	S	M	<1	3-4	5-6	sim	não	não	0,56-0,57	0	2-8	1	A

Descrição	Níveis globalmente de espessura reduzida (métrica) preservados sobre as plataformas locais da Superfície de Vila Fria (50 m), Faro de Anha (100 m) e Além do Rio (160 metros). Evidências de crioturbação (crioclastos e contactos em <i>involução</i> ).
Fácies	Instalação de condições de seca, frio e vento verificadas na <i>Pequena Idade do Gelo</i> (Mínimo de Dalton).
Informação palinológica	Não disponível.
Modelo	Duna.
Estrato-padrão: GAL100	
Idade radiométrica de referência	ano 1780 a 1800 (Séc. XVIII)
MIS	MIS 1
Cota de referência (m)	≈ 20.0 a 160.0

Quadro XVI - Síntese dos dados de referência das *Areias de Galeão* (Carvalho, 2012). Nota de legenda (ver Quadro II).

### 16. Areias da Ribeira da Areia

Os dados são compatíveis com a instalação de um meio fluvial globalmente competente. Admite-se que as fontes de abastecimento sedimentar sejam depósitos eólicos a cota superior, gerados em anteriores *mínimos da Pequena Idade do Gelo* e com menor importância, areias graníticas evacuadas de vertentes locais (crioturbação?). A carbonatação das areias da unidade tem origem na dissolução de carbonatos biogénicos das areias eólicas mobilizadas e/ou na neoformação mineralógica proporcionada por acumulação de catiões drenados do maciço de Galeão (Quadro XVII).

Unidade	Nível	Visher (1969)	Média	Desvio-padrão	S <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>	TMO (%)	TC (%)	pH	Bio	Carvão	Fe O <sub>2</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub>	IM	Líticos (%)	ND (%)	ND/AC	IAHM
Areias da Ribeira da Areia	-	F*	AF	BC	A-	M	<1	3-4	6,2	não	não	não	0,46	0	24	0,8	A

Nota de legenda (ver Quadro II).

Quadro XVII - Síntese dos dados de referência das *Areias da Ribeira da Areia* (Carvalho, 2012).

Descrição	Areias quartzareníticas. Estrutura em <i>ripples</i> de corrente, com preservação de lâminas dorsais de contrafluxo.
Fácies	Fluxo rápido. Abastecimento a partir de areias dunares de terraços a cota superior. Alimentação por desagregação mecânica das vertentes locais por fenómenos de crioclastia. Observam-se crioclastos de granito no topo da unidade, na transição para as <i>Areias de Galeão</i> . O contacto entre as unidades é em <i>invólucção</i> .
Informação palinológica	Não disponível.
Modelo	Fluvial: admite-se relação com a sedimentação da ribeira da Areia.
Estrato-padrão: GAL50.1	
Idade radiométrica de referência	ano 1590 a 1650 (≈ Séc. XVII)
MIS	MIS 1
Cota de referência (m)	≈ 50 m

#### IV - DESAFIOS FUTUROS

Os resultados dos trabalhos de investigação levados a cabo nos últimos 6 anos no Litoral Norte de Portugal mostram que este território é dotado de elevada geodiversidade. Preserva elementos de elevado interesse científico em vários temas da geologia e da geomorfologia que permitem conhecer com algum detalhe os principais aspetos da evolução geomorfológica, tectónica e paleoambiental quaternárias.

A elevada fragilidade intrínseca da maioria dos geossítios, aliada à raridade de alguns dos elementos geológicos observados requer uma intervenção imediata ao nível da implementação de medidas de proteção e conservação dessas áreas. De forma a garantir as tarefas de geoconservação, bem como, numa fase posterior, assegurar a valorização, divulgação e monitorização dos geossítios, está em curso a criação do *Observatório para a Geodiversidade do Município de Viana do Castelo*, consolidando a cooperação entre o município de Viana do Castelo e os centros de investigação CGUP/CCTUM na *Estratégia de geoconservação do Município de Viana do Castelo*. Este projeto prevê, para além do aprofundamento do conhecimento geológico do território, a classificação ao abrigo do Decreto-Lei 142/2008 de 24 de Julho de áreas protegidas no litoral do Município de Viana do Castelo, como *Reserva Natural Local* e como *Monumento Natural Local: Reserva Natural Local do Alcantilado de Montedor, Reserva Natural Local das Pedras Ruivas, Reserva Natural Local das Ínsuas do Lima, Monumento Natural Local do Canto Marinho, Monumento Natural Local de Galeão e Monumento Natural Local do Penedo Furado*.

#### V - CONCLUSÕES

Consideramos que este trabalho clarificou os seguintes aspetos:

- 1) O Litoral Norte entre os rios Minho e Neiva é constituído por duas unidades geomorfológicas principais: a Plataforma Litoral e o Relevo Marginal.
  - a) A Plataforma Litoral (s.s.) é constituída pela superfície de aplanamento mais baixa que foi identificada - Superfície de Darque (VI - 0 a 20 m) - individualizada das superfícies de Vila Fria (V - 50 m) e de Ola (IV - 75 m) por uma arriba com declive até 15%. Esta arriba foi interpretada como essencialmente dependente do controlo litológico (xisto-granito) e raramente está preservada. Contribui para a noção de uma ampla superfície designada por Plataforma Litoral (s.l.).
  - b) O Relevo Marginal é limitado da plataforma litoral (s.l) a partir de uma escarpa com declive médio, superior a 45%, bem preservada a norte do Lima. Esta arriba está dependente, essencialmente, do controlo tectónico. No Relevo Marginal foram individualizadas 4

- superfícies de aplanamento: Superfície de Sta Luzia (I - 460 m), Superfície de S. Mamede (II - 270 m), Superfície de Além do Rio (III - 160 m) e Superfície de Faro de Anha (IV - 100 m).
- 2) A Superfície de Darque é constituída por 5 plataformas costeiras definidas acima da atual (<1.8 m, VI), estabelecidas às cotas médias de 3 m (V), 5 m (IV), 8 m (III.1), 9 m (III.2), 13 m (II) e 18 m (I). Sobre estas superfícies dispõem-se diversos tipos de sedimentos de ambiente de transição e continental, que documentam condições paleoambientais que foram variando entre o MIS9 (340 ka) e o MIS1 (presente). Distinguíram-se 16 unidades sedimentares que documentam os seguintes ambientes deposicionais:
    - a) Praia (*Conglomerados e Areias de S. Sebastião*, praia arenosa, MIS9, representada no geossítio de S. Sebastião, em Areosa; *Conglomerados superiores da Estrada Real*, praia cascalhenta, MIS7.3, representada no geossítio da Estrada Real, em Moledo e *Conglomerados e Areias do Forte do Cão*, praia cascalhenta, MIS5e, representada no geossítio do Forte do Cão, no lugar da Gelfa);
    - b) Duna (*Areias da Ronca de Montedor*, MIS4, presente no geossítio do Alcantilado de Montedor e *Areias de Galeão*, MIS1, representada no geossítio de Galeão, Darque);
    - c) Lagoa interdunar (*Areias e Siltes de S. Domingos*, MIS4/3, observada no geossítio de S. Domingos, em Moledo);
    - d) Lagoa (*Areias da Estrada Real*, pântano, MIS7.4, representada no geossítio da Estrada Real, observada em Moledo e *Siltes da Cambôa do Marinheiro*, pântano, MIS2, representada no geossítio da Cambôa do Marinheiro, em Carreço);
    - e) Fluxos canalizados (*Areias e Siltes de S. Sebastião*, estuário, presente no geossítio de S. Sebastião, em Areosa; *Areias de Sto Isidoro*, fluvial, MIS4, presente no geossítio de Sto Isidoro, em Vila Praia de Âncora; *Areias do Ribeiro da Portela*, fluvial, MIS3, presente em Areosa e *Areias do Ribeiro da Areia*, fluvial, MIS1, representada no geossítio de Galeão, em Darque);
    - f) Derrames proximais (*Areias superiores de S. Sebastião*, *debris-flow*, MIS9, representada no geossítio de S. Sebastião, em Areosa; *Conglomerados inferiores da Estrada Real*, *debris-flow*, MIS7.4, representada no geossítio da Estrada Real, em Moledo; *Areias superiores de S. Domingos*, *grain-flow*, MIS3, representada no geossítio de S. Domingos, em Moledo e *Conglomerados e Areias de Rego de Fontes*, solifluxão, MIS2/1, representada no geossítio de Rego de Fontes, em Areosa).
  - 3) O conteúdo sedimentar das plataformas costeiras permitiu datar a Superfície de Darque entre o Plistocénico médio e o Holocénico: MIS5 (plataforma dos 3 m e dos 5 m); MIS7 (plataforma dos 8 m e 9 m); MIS9 (plataforma dos 13 m) e MIS11 (plataforma dos 18 m).

Foi também possível definir a taxa de deformação vertical média da Superfície de Darque em  $+0.0487$  mm/ano e apurar os valores parciais de deformação vertical para cada plataforma costeira, que se determinou entre  $-0.149$  mm/ano (MIS9 - MIS7.5) e  $+0.257$  mm/ano (MIS6-MIS5e).

- 4) Estima-se que o relevo do Litoral Norte tenha evoluído de acordo com taxas de deformação vertical entre  $0.01$  e  $0.02$  mm/ano entre o Paleogénico, e o Pliocénico inferior. Determinou-se um incremento de taxa a partir do Pliocénico superior (até  $+0.03$  mm/ano), mais intensa a partir do Plistocénico médio (até  $+0.05$  mm/ano). Os dados são compatíveis e foram interpretados como a intensificação da compressão por formação de uma zona de subducção incipiente no contacto entre crosta continental e crosta oceânica, de acordo com o modelo proposto por Cabral (1995) e Ribeiro *et al.* (1996).
- 5) Identificaram-se diferenças na duração das fases de tectogénese na região, que terão sido mais longas entre o Oligocénico e o Miocénico médio, e mais curtas e frequentes a partir do Miocénico superior. Teve-se por referência o comando das arribas que separam as superfícies mais elevadas (Sta Luzia, S. Mamede e Além do Rio) que apresentam valores até 200 metros, contrastando com os das arribas das superfícies mais baixas, que não ultrapassam os 30 metros.

#### **AGRADECIMENTOS**

Agradece-se à Fundação para a Ciência e a Tecnologia a atribuição da bolsa de doutoramento SFRH/BD/16438/2004 e ao Município de Viana do Castelo a dinamização do apoio prestado ao nível financeiro e logístico, e sem o qual não teria sido possível estabelecer as principais conclusões deste trabalho. Agradece-se também o apoio financeiro suplementar prestado pelas juntas de freguesia de Darque, Monserrate, Areosa, Carreço e Afife.

## BIBLIOGRAFIA

- Alonso, A. & Pagés, J. L. (2000). *El registro sedimentario del final del Cuaternario en el litoral noroeste de la Península Ibérica. Márgenes cantábrico y atlántico*. Revista de la Sociedad Geológica de España, 23 (1): 17-29.
- Alonso, A. & Pagés, J. L. (2007). *Stratigraphy of Late Pleistocene coastal deposits in Northern Spain*. Journal of Iberian Geology 33(2): 207–220.
- Alves, A. M. C. (1996). *Causas e Processos da Dinâmica Sedimentar na Evolução Actual do Litoral do Alto Minho*. Tese de Doutoramento, Univ. Minho, 438p.
- Alves, M. I. (1989). *Aspectos mineralógicos da meteorização de xistos silúricos da região minhota (NW de Portugal)*. Geociências, Rev. Univ. Aveiro, 4 (2): 107-122
- Alves, M. I. (1995). *Materiais Plio-Quaternários do Alto Minho. Produtos de meteorização e depósitos fluviais na bacia do rio Lima e região de Alvarães*. Tese de Doutoramento, Univ. Minho, 277p.
- Araújo, M. A. (1999). *A Zona costeira de Portugal. Conceitos sobre Ordenamento e Gestão da Zona Costeira*. Associação Eurocoast-Portugal, Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (IHRH), Faculdade de Engenharia, Univ. do Porto, 12 p.
- Araújo, M. A. (2008). *Depósitos do Pleistocénico superior e do Holocénico na plataforma litoral da região do Porto: a morfologia das plataformas de erosão marinha e a tectónica recente*. Estudos do Quaternário. n.º 5 APEQ, Braga p. 17-30.
- Araújo, M. A. & Gomes, A. (2009). *The use of the GPS in the identification of fossil shore platforms and its tectonic deformation: an example from the Northern Portuguese coast*. Journal of Coastal Research, SI 56 (Proceedings of the 10th International Coastal Symposium). Lisbon, Portugal.
- Araújo, M. A.; Gomes, A.; Chaminé, H.; Fonseca, P. E.; Gama Pereira, L & Pinto de Jesus, A. (2003). *Geomorfologia e Geologia Regional do Sector de Porto-Espinho (W de Portugal). Implicações morfoestruturais na Cobertura Sedimentar Cenozóica*. Cadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe, Coruña, Vol. 28, pp. 79-105.
- Araújo, M.A.; Rodrigues, S. & Gomes, A. (2005). *Eemien and Flandrian deposits on Porto (Northern Portugal) littoral platform: the contribution of archaeology*. Sixth International Conference on Geomorphology, Abstracts volume, Zaragoza, Spain, pp. 231.
- Berthois, L. (1949). *Contribution à l'étude des limons de la région Nord du Portugal*. Com. Serv. Geol. de Portugal, T. XXIX, Lisboa, p. 121-176.
- Birot, P. (1949). *Les surfaces d'érosion du Portugal Central et Septentrional*. Rapport de la Commission pour la Cartographie des Surfaces d'Aplanissement, UGI, p. 9-116.
- Blanco Chao, R.; Costa-Casais, M.; Martínez Cortizas, A.; Pérez-Alberti, A. & Threinhale, S. (2003). *Evolution and inheritance of a rock coast: Western Galicia, Northwestern Spain*. Earth Surface Processes and Landforms, 28: 757-775.
- Blanco-Chao, R.; Costa-Casais, M.; Martínez Cortizas, A.; Pérez-Alberti, A. & Vazquez Paz, M. (2002). *Holocene evolution on Galician coast (NW Spain): an example of paraglacial dynamics*. Quaternary International, Volumes 93-94, Pages 149-159, ISSN 1040-6182, DOI: 10.1016/S1040-6182(02)00013-7.
- Blanco-Chao, R.; Pérez-Alberti, A.; Trenhaile, A.; Costa-Casais, M. & Valcarcel-Diaz, M. (2007). *Shore platform abrasion in a para-periglacial environment, Galicia, northwestern Spain*. Geomorphology, Volume 83, Issues 1-2, 15, Pages 136-151, ISSN 0169-555X, DOI: 10.1016/j.geomorph.2006.06.028.
- Burbank, D. & Anderson, R. (2001). *Tectonic Geomorphology*. Blackwell Science, Massachusetts. Burbank & Anderson, 2001)
- Cabral, J. (1995). *Neotectónica em Portugal Continental*. Memórias Inst. Geol. Mineiro, 31, 265pp.
- Carvalho, R. (2012). *O Litoral Norte de Portugal: evolução paleoambiental quaternária e proposta de conservação do património geomorfológico*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, 562 p.
- Carvalho, G. S. (1983). *Consequências do frio durante o Quaternário na faixa litoral do Minho (Portugal)*. Cuad. Lab. Xeolóxico Laxe, 5, pp. 365–380, A Coruña.

- Carvalho, G. S. (1985). *Novos índices de ambiente periglacial no litoral do Minho*. In: Actas I Reunião do Quaternário Ibérico, vol. I, 27–36, Lisboa.
- Carvalho, G. S.; Granja, H. M.; Senos Matias, M. & Moura, R. (1995). *Prospecção geofísica e indicadores de neotectónica na zona costeira do noroeste de Portugal, a norte do Furadouro*. Memórias do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico 4. 401-404. Universidade do Porto.
- Carvalho, G. S. & Granja, H. M. (1997). *Terraços versus litostratigrafia e geocronologia do Plistocénico e do Holocénico da zona costeira do Minho (Portugal)*. Estudos do Quaternário n° 1. Edições Colibri. Braga. 25-40.
- Carvalho, G. S. & Granja, H. M. (2003). *As mudanças da zona costeira pela interpretação dos sedimentos plistocénicos e holocénicos (metodologia aplicada à zona costeira do noroeste de Portugal)*. Revista da Faculdade de Letras - Geografia, I Série, vol.19: 225-236, Porto.
- Carvalho, G. S.; Granja, H. M.; Loureiro, E. & Henriques, R. (2006). *Late Pleistocene and Holocene environmental changes in the coastal zone of Northwestern Portugal*. Journal of Quaternary Science, vol. 21, 8: 859-877 pp.
- Costa, J. & Teixeira, C. (1957). *Carta geológica de Portugal na escala 1:50000*. Notícia explicativa da folha 9C - Porto. Serviços Geológicos de Portugal.
- Erhart, H. (1956). *La theorie bio-rexistesiue et les problemews biogeographiques et paleobiologiques*. Soc. Biogeogr., France, CNR (288):43-53.
- Fábregas Valcarce, R.; Martinez Cortizas, A.; Blanco Chao, R. & Chesworth, W. (2003). *Environmental change and social dynamics in the second-third millennium BC in NW Iberia*. Journal of Archaeological Science, Volume 30, Issue 7, Pages 859-871, ISSN 0305-4403, DOI:10.1016/S0305-4403(02)00264-9.
- Feio, M. (1951). *Reflexões sobre o relevo do Minho*. Notas Geomorfológicas, vol. I, Lisboa, CEG, p. 5-15.
- Ferreira, A. B. (2004). *O Noroeste (Minho e Trás os Montes Ocidental)*. In: Feio, M. & Daveau, S. (Eds.), *O relevo de Portugal*. Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Volume II, Coimbra, 111-125.
- García-Amorena, I.; Manzaneeque, F.; Rubiales, J.; Granja, H.; Carvalho, G. & Morla, C. (2007). *The Late Quaternary coastal forests of western Iberia: a study of their macroremains*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Volume 254, Issues 3-4, 22, Pages 448-461, ISSN 0031-0182, DOI: 10.1016/j.palaeo.2007.07.003.
- Granja, H. ; Carvalho, G.; De Groot, T.; Soares, A. & Parish, R. (1996). *Geochronology and recent geomorphological evolution of northwest coastal zone of Portugal*. In: Taussik, J. & Michell, J. (eds.), Partnership in Coastal Zone Management. Littoral 96: Proceedings of the 3rd International Symposium (Portsmouth, UK, EUROCOAST). Cardigan: Samara Publishing Ltd., pp. 297–308.
- Granja, H. (1990). *Repensar a Geodinâmica da Zona costeira: o Passado e o Presente: Que Futuro?. Tese de doutoramento, Universidade do Minho, 347 p.*
- Granja, H. (1992). *Zona costeira: evolução e ordenamento*. Geonovas, n° especial 1, Associação Portuguesa de Geólogos, Lisboa, 57-63.
- Granja, H. (1999). *Evidence for Late Pleistocene and Holocene sea-level, neotectonic and climate control in the coastal zone of northwest Portugal*. Geologie en Mijnbouw 77, 233–245.
- Granja, H. & Carvalho G. (1991). *Uma síntese das investigações geomorfológicas na zona costeira do Noroeste de Portugal*. Conferência sobre Problemas e Potencialidades do Litoral Português, Associação Portuguesa de Geógrafos, pp. 89–95, Lisboa.
- Granja, H. & Carvalho, G. (1992). *Dunes and Holocene deposits of the coastal zone of Portugal, north Mondego cape*. In: Carter, R.; Curtis, T. & Sheehy-Skeffington, M. (eds.), Coastal Dunes (Geomorphology, Ecology and Management for Conservation), pp.43-50, Balkema, Rotterdam.
- Granja, H. & Carvalho, G. (1993). *As datações pelo radiocarbono e o Plistocénico Holocénico da zona costeira do NO de Portugal (Síntese de conhecimentos)*. Actas da 3ª Reun.Quatern.Ibérico, p.383- 393.
- Granja, H. & Carvalho, G. (1995). *Sea-level changes during the Pleistocene-Holocene in the NW coastal zone of Portugal*. Terra Nova, 7:60-67.

- Granja, H. & Groot, T. (1996). *Sea-Level Rise and Neotectonism in a Holocene Coastal Environment at Cortegaça Beach (NW Portugal): a Case Study*. Journal of Coastal Research, 12 (1):160- 170.
- Granja, H.; Ribeiro, I.; Carvalho, G. & Matias, M. (1999). *Some Neotectonic Indicators in Quaternary Formations of the Northwest Coastal Zone of Portugal*. Phys. Chem. Earth, vol. 24, no. 4, pp 323-336
- Granja, H.; Rocha, F.; Matias, M.; Moura, R.; Caldas, F.; Marques, J. & Tareco, H. (2010). *Lagoa da Apúlia: a residual lagoon from Late Holocene (NW coastal zone of Portugal)*. Quaternary International, 221, 46–57.
- Granja, H.; Sousa, M. & Carvalho, G. (1992). *Quaternary tectonic movements in NW coastal zone of Portugal (around Cávado estuary)*. Bulletin INQUA Neotectonic Commission, Stokolm, Sweden, 15, 12-17.
- Groot, T. & Granja, H. (1998). *Coastal environments, sea levels and neotectism from cored boreholes (Northwest Portugal): preliminary results*. Journal of Coastal Research 26, 115-124.
- Lajoie, K. (1986). *Coastal tectonics*. In: Active tectonics: National Academy press, Studies in Geophysics Series, Geophysics Research Forum, pp. 95-124.
- Lautensach, H. (1945). *Formação dos terraços interglaciários de Portugal e suas relações com os problemas da época glaciária*. Sociedade Geológica de Portugal, I, 39 p.
- Machado, F. (1930). *Contribuições para o estudo da potamologia portuguesa: ensaios sobre o Lima e o Mondego*. Atlântica, 89 p.
- Machado, F. (1935). *O teclado minhoto*. Alto Minho, 1, Viana do Castelo.
- Meireles, J. (1992). *As indústrias líticas pré-históricas do litoral minhoto*. Contexto cronoes-tratigráfico e Paleoambiental. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, 763 p.
- Meireles, J. & Texier, J. (1993). *O Quaternário do Litoral do Minho. Uma síntese lito e cronostatigráfica*. Actas da 3a Reunião do Quaternário Ibérico, Coimbra. Universidade de Coimbra; 395–408.
- Meireles, J. & Texier, J. (2000). *Etude morphostratigraphique des dépôts littoraux du Minho (NW du Portugal)*. Quaternaire, 11, 1, p. 21-29.
- Merritts, D. & Bull, W. (1989). *Interpreting Quaternary Uplift rates at the Mendocino triple junction, northern California, from uplifted marine terraces*. Geology, v. 17, p. 1020-1024.
- NGRIP Members (2004). *High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the Last Interglacial period*. Nature 431, pp. 147–151.
- Pérez-Alberti, A., Blanco Chao, R. & Costa Casais, M. (1998). *Depósitos sedimentarios antiguos en la costa atlántica gallega: tipología, localización y área fuente. Un análisis comparativo*. In: Ortiz, A. & Franch, F. (eds.), Investigaciones Recientes de la Geomorfología Español. Universitat de Barcelona, Huesca; pp. 341-346. ISBN 84-87779-33-6.
- Pérez-Alberti, A.; Blanco Chao, R.; Otero, M.; García, I.; López Bedoya, J. & Valcarcel Díaz, M. (2009). *Cambios ambientais detectados na costa de Galicia durante o plistoceno e holoceno e dinâmica actual*. In: Evidencias e impactos do cambio climatico en Galicia. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela: 543-560.
- Pinto, S. (1932). *Notas para um plano de estudos geológicos entre Minho e Lima*. Anuário do Distrito de Viana do Castelo, Vol. 1.
- Ribeiro, H.; Bernal, A.; Flores, D.; Pissarra, J.; Abreu, I.; Romani, J. & Noronha, F. (2011). *A multi-disciplinary study of an organic-rich mudstone in the Middle Holocene on the northern coast of Portugal*. Comunicações Geológicas, LNEG, Volume 98, Número 1, 93-98.
- Ribeiro, H.; Jesus, A.; Mosquera, D.; Abreu, I.; Romani, J. & Noronha, F. (2010). *Estudo de um terraço de Lavadores. Contribuição para a dedução das condições paleoclimáticas no Plistocénico médio*. Revista Electrónica de Ciências da Terra, Volume 21, 1.
- Ribeiro, I. M. C. (2003). *Deformação neotectónica pós-pleistocénica na zona costeira entre os Rios Minho e Ave*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho.
- Selley, R. (1976). *Ancient sedimentary environments*. Science Paperbacks. Chapman and Hall.
- Teixeira, C. (1944). *Tectónica plio-pleistocénica do noroeste peninsular*. Boletim da Sociedade Geológica de Portugal, IV (I-II), pp. 19–40, Porto.

Texier, J. & Meireles, J. (1987). *As formações quaternárias do litoral do Minho (Portugal): propostas para uma nova abordagem climato-cronológica e dinâmica*. Cadernos de Arqueologia 4, 9–33.

Thomas, P.; Murray, A.; Granja, H. & Jain, M. (2008). *Optical Dating of Late Quaternary Coastal Deposits in Northwestern Portugal*. Journal of Coastal Research: Issue 2, supplement: pp. 134 – 144.

Zbyszewski, G. (1958). *Le Quaternaire du Portugal*. Boletim da Sociedade Geológica de Portugal, XIII (I-II), pp. 2–227.