

Xeográfica, Revista de Xeografía, Territorio e Medio Ambiente  
Nº 7, 2007, 107-133, ISSN 1578-5637

## Geomorfologia e morfotectónica de relevos quartzíticos: a megaestrutura de Caldas de S. Jorge – Águeda, NW de Portugal

José Teixeira<sup>1</sup>, Alberto Gomes<sup>2</sup>, Helder I. Chaminé<sup>3,1</sup>, Fernando T. Rocha<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Aveiro / <sup>2</sup> Universidade do Porto /

<sup>3</sup> Instituto Superior de Engenharia do Porto

**RESUMO.** Este trabalho tem como objectivo a apresentação de uma síntese geomorfológica e morfotectónica regional dos relevos quartzíticos do domínio estrutural de Caldas de S. Jorge–Águeda (Maciço Ibérico, NW de Portugal). Estes relevos configuram dois importantes alinhamentos topográficos, descontínuos, com orientação geral meridiana, constituídos por rochas de idade paleozóica inferior. A expressão morfoestrutural dos ramos quartzíticos está intimamente relacionada com a faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar. Os levantamentos de campo efectuados permitiram reconhecer e cartografar, pela primeira vez, novos afloramentos quartzíticos do Ordovícico, a Norte de Águeda, onde se encontram relevos associados a escarpas de falhas ao longo de antigas zonas de falhas regionais. Desse modo, obteve-se informação inédita e vital para um melhor entendimento do complexo limite geotectónico da faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar.

*Palavras-chave:* Geomorfologia, morfotectónica, relevos quartzíticos, faixas de cisalhamento, NW de Portugal.

**ABSTRACT.** This study aims at presenting a geomorphological and morphotectonical characterisation of the quartzite relief of the Caldas de S. Jorge–Águeda structural domain (Iberian Massif, NW Portugal). These quartzite outcrops take the form of a narrow NNW-SSE strip of early Palaeozoic age, which is included in a major crustal-scale strike-slip zone, the so-called Porto–Coimbra–Tomar shear zone. The geomorphologic and geotectonical surveys led us to newly describe and mapping the Ordovician quartzite relief structure to the North of Águeda town, and show that the large-scale relief is strongly associated with the existence of

Recibido: 27 de abril de 2007.

Aceprado: 14 de septiembre de 2007.

scarps along inherited regional fault zones. These results suggest that relief development in this region was mainly controlled by tectonics through fault reactivation.

*Keywords:* Geomorphology, morphotectonics, quartzite relief, shear zones, NW Portugal.

## Introdução

A interpretação morfológica de relevos estruturais abrangendo aspectos resultantes da tectónica e da erosão diferencial, constitui uma temática de interesse para muitos investigadores ligados às geociências (e.g., Ribeiro, 1943; Tricart, 1957; Mainguet, 1972; Klein, 1973; Rebelo, 1975; Brum Ferreira, 1978; Vidal Romaní & Twidale, 1998). As cristas quartzíticas são talvez, uma das formas estruturais mais relevantes que evidenciam a importância da resistência à erosão nos maciços rochosos. De facto, a elevada resistência das bancadas quartzíticas quando comparada com as rochas envolventes destaca-se, geralmente, pela formação de relevos que marcam a paisagem, com elevações rigidamente alinhadas, em regra, alongadas e assumindo a forma de crista.

Em Portugal, as rochas quartzíticas que configuram relevos estruturais imponentes correspondem, na maioria das situações, a rochas de idade ordovícica (Arenigiano) que sofreram intenso dobramento no ciclo Varisco. Estas rochas são comumente referidas na literatura geológica da Península Ibérica como *quartzitos Armoricanos* (e.g., Romano & Diggens, 1973/74; Ribeiro, 1974). A complexa história geológica a que estes dobramentos foram sujeitos conduziu à formação de um relevo do tipo Apalachiano, com sinclinais e/ou anticlinais arrasados pela acção dos diversos episódios tectónicos e erosivos posteriores. Actualmente, na maior parte dos casos, são os flancos destas dobras que constituem a ossatura de relevos destacados com uma orientação geral NW-SE a NNW-SSE.

Nas áreas onde abundam rochas quartzíticas, por contraste com outros contextos litológicos, os cursos de água apresentam um traçado e perfil longitudinal intimamente relacionados com estruturas geológicas planares (e.g., falhas, fracturas, planos axiais de dobras, etc.). A rede de drenagem é, em regra, mais condicionada por estas estruturas nas litologias quartzíticas que noutras rochas, ao mesmo tempo que exhibe inaptações típicas à barreira de dureza que estes materiais rochosos implicam. Quando os cursos de água atravessam rochas quartzíticas, normalmente, a passagem é bem marcada no seu perfil longitudinal, com a formação de cataratas, cascatas, rápidos ou apenas ressaltos, sendo este último tipo de morfologia a mais comum. As explicações clássicas relacionavam estas irregularidades no perfil, predominantemente, com factores litológicos, e raramente, com factores geotectónicos. Mais recentemente, os factores geotectónicos ganharam importância e são ponderados novos aspectos, tais como, faixas de cisalhamento associadas a litologias quartzíticas e a influência dos níveis de

maior competência no retardamento da erosão regressiva exercida pelos cursos de água, materializados, geralmente, por camadas geológicas com uma assinatura tectónica.

## Objectivos e métodos

Este trabalho tem como objectivo a apresentação de uma síntese da cartografia geomorfológica e morfotectónica regional dos relevos quartzíticos do domínio estrutural de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro–Águeda. Este artigo é uma versão revista e expandida da caracterização geomorfológica estrutural preliminar apresentada em Chaminé *et al.* (2004) e Teixeira *et al.* (2006), bem como incorpora informação dos trabalhos inéditos de maior fôlego de Teixeira (2006) e de Gomes (2007).

Para tal, recorreu-se a uma abordagem multidisciplinar que, numa primeira fase, consistiu na revisão e/ou levantamento da cartografia geológica e geomorfológica para destringir o enquadramento geotectónico e morfológico regional. Além disso, procedeu-se à execução de estudos de fotointerpretação da região em estudo, recorrendo a fotografia aérea (escalas aproximadas 1/15.000, 1/33.000), imagem de satélite (Landsat 5 e Landsat 7) e informação altimétrica da Missão Espacial da *Shuttle Radar Topography Mission*, para apoiar a interpretação da fracturação regional, dos lineamentos tectónicos e da morfologia estrutural da área em apreço. Na inventariação e no tratamento dos dados recorreu-se ao desenvolvimento de um projecto baseado num sistema de informação geográfica (SIG). Na cartografia dos elementos geomorfológicos recorreu-se, nomeadamente, às terminologias e simbologias propostas por Brum Ferreira (1981), Peña Monné (1997), Joly (1997) e Martín-Serrano (2005).

Numa segunda fase, foram seleccionados afloramentos chave nos quais se efectuaram, nomeadamente, estudos cartográficos, geomorfológicos e geológicos. Durante a fase de trabalho de campo, foi utilizado o esclerómetro portátil (vulgarmente conhecido em geotecnia por *martelo de Schmidt*), com o qual se efectuou uma avaliação da resistência mecânica do material-rocha à compressão uniaxial simples (e.g., ISRM, 1978a; ASTM, 2001; Aydin & Basu, 2005; ISRM, 2007). O esclerómetro portátil tem sido também amplamente utilizado em estudos de geomorfologia (e.g., Goudie, 2006; Blanco Chao *et al.*, 2006). Os valores determinados podem constituir uma pista extremamente valiosa para o estudo do grau de alteração/resistência dos maciços, na definição de superfícies geomorfológicas com características geomecânicas semelhantes, bem como para o estudo da comparação e correlação litológica dos materiais rochosos caracterizados. Os ensaios no terreno foram registados numa ficha de campo, contabilizando as medições de dez pontos de impacto (R, ressalto ou “rebound”) para cada ensaio, ao longo dum perfil linear. Cada ensaio foi devidamente referenciado num painel fotográfico previamente realizado para o efeito. Estes ensaios foram distribuídos uniformemente pelos painéis estudados, recorrendo à técnica de

amostragem linear aplicada a maciços rochosos (e.g., Chaminé & Gaspar, 1995; Martins *et al.*, 2006) mediante a utilização de uma fita graduada de 25 m. Foram considerados, assim, um total de 67 pontos, distribuídos ao longo de quatro perfis na região entre S. João da Madeira e Vale de Cambra, a saber: Cimo de Vila (24 pontos), Carregosa (12 pontos), Bustelo (4 pontos) e Nogueira do Cravo (27 pontos). Na selecção dos pontos atendeu-se às recomendações da ISRM (1978a,b, 1981, 2007), ou seja, limpeza da zona do ensaio, verificação da proximidade de fissuras, grau de rugosidade da superfície e eliminação da patine de rocha meteorizada. Os dados foram uniformizados, tendo em conta a distância ao início do perfil ensaiado, considerando-se sempre o seu início como o limite cartográfico quartzito/micaxisto (falha de expressão regional que materializa a faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar). Tal estudo foi efectuado em perfis perpendiculares ou ligeiramente oblíquos à orientação principal das cristas quartzíticas. Foi efectuado uma cartografia expedita, recorrendo à técnica de amostragem linear aplicada aos taludes quartzíticos, dos quatro perfis seleccionados onde se diferenciou os blocos quartzíticos intensamente tectonizados (BT – “Blocos tectonizados”, com o estado da fracturação e o grau de alteração acentuado) dos menos deformados (BQ – “Blocos Quartzíticos”, pouco alterados e grau de fracturação mais espaçado).

## Geomorfologia e Morfotectónica

### *Os relevos quartzíticos na Beira litoral, a Norte do Buçaco: breve síntese*

Os afloramentos quartzíticos na Península Ibérica inserem-se normalmente em contextos litológicos dominados por rochas metassedimentares. A sua elevada resistência à erosão comparativamente às rochas vizinhas implica que as rochas quartzíticas se salientem na paisagem, originando relevos imponentes. Os afloramentos quartzíticos do Ordovícico estão muito bem representados em Portugal (fig. 1), tendo já sido estudados, quer na perspectiva geológica quer na geomorfológica, por vários investigadores (e.g., Delgado, 1877, 1908; Freire de Andrade, 1938/40; Ribeiro, 1943; Soares de Carvalho, 1945, 1946a,b, 1947; Rebelo, 1975; Romano & Diggens, 1973/74; Ribeiro, 1974; Romano, 1982, 1991; Couto *et al.*, 1997; Coke, 2000).

Na Beira Litoral, afloram dois importantes conjuntos de quartzitos do Ordovícico. Um dos mais importantes constitui a Serra do Buçaco e elevações que a prolongam para Sudeste (Ribeiro, 1949; Rebelo, 1985; Daveau *et al.*, 1985/86). Este conjunto é formado por uma estrutura em sinclinal largo (*ca.* 4km de largura média), com orientação geral NW-SE, em que a zona axial é ocupada por unidades geológicas do Silúrico e os flancos pelos terrenos de idade ordovícica (Delgado, 1908; Carrington da Costa, 1950). A competência dos quartzitos, aliada à presença de escarpas de falha, gera aqui paisagens acidentadas de rara beleza. O soerguimento colocou à mesma

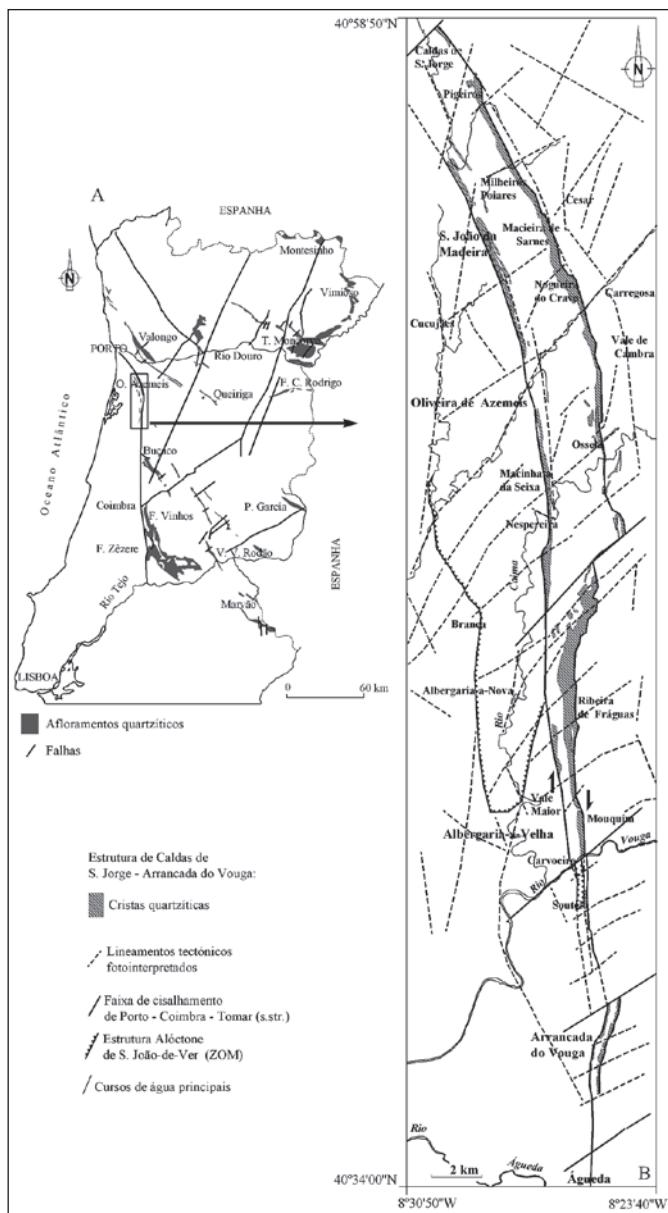


Figura 1. Enquadramento morfotectónico dos alinhamentos quartzíticos da área de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro–Águeda. A) Afloramentos quartzíticos do Norte-Centro de Portugal (adaptado de Teixeira, 1981); B) Esboço geotectónico interpretativo do domínio estrutural de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro–Águeda.

altitude quartzitos e xistos, estes últimos substancialmente menos resistentes que os materiais quartzíticos. Este sinclinal é cortado pelo rio Mondego (em Penacova) e pelo rio Ceira (na Senhora da Candosa), em gargantas apertadas, adaptando-se a diversas falhas regionais que cortam os quartzitos (Rebello, 1985).

A norte de Águeda e até ao vale do Rio Douro, ocorre outro conjunto quartzítico que relativamente aos demais afloramentos do Ordovícico em Portugal se distingue por apresentar uma orientação média NNW-SSE (Chaminé *et al.*, 2004). Este domínio geotectónico, que toma a designação de Caldas de S. Jorge-Águeda, será o objecto do nosso estudo. Na literatura das geociências e na cartografia geológica publicada, era aceite que este domínio quartzítico terminava na margem direita do rio Vouga, junto à povoação de Carvoeiro e que não haveria continuidade para sul, até à Serra do Buçaco (e.g., Ribeiro, 1860; Delgado, 1908; Teixeira, 1981; Severo Gonçalves, 1974; Ribeiro *et al.*, 1995; Figueiredo, 1996; Chaminé, 2000). No entanto, em estudos recentes de Chaminé *et al.* (2004), Teixeira *et al.* (2006), Gomes *et al.* (2004, 2007) e, posteriormente, com os levantamentos geológicos/geomorfológicos no âmbito dos trabalhos de investigação de Teixeira (2006) e de Gomes (2007) constatou-se a existência de uma estreita faixa de afloramentos quartzíticos a Sul do rio Vouga, desde a localidade de Soutelo (SE de Albergaria-a-Velha, margem esquerda do rio Vouga) até Norte de Águeda, configurando elevações com alguma proeminência (fig. 1), junto da localidade de Arrancada do Vouga (Chaminé *et al.*, 2004; Teixeira *et al.*, 2005, 2006). O domínio de Caldas de S. Jorge-Águeda é estruturalmente complexo e muito segmentado (Chaminé, 2000; Chaminé *et al.*, 2004). A megaestrutura principal é composta por uma sinforma ampla, com uma largura média de 2,5km, em que o flanco Este é o mais possante. Esta sinforma é bem visível a norte de Ossela, mas a Sul desta localidade a estrutura apresenta-se muito descontínua e tectonizada o que, em parte, deriva da sua proximidade à faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar.

### ***Enquadramento regional***

Do ponto de vista geológico a região entre Caldas de S. Jorge e Arrancada do Vouga integra-se numa complexa faixa metamórfica (fig. 2), com direcção geral NNW-SSE, que se prolonga desde os arredores do Porto (Foz do Douro) até Tomar, passando por Espinho e Albergaria-a-Velha, Coimbra, Espinhal e Alvaiázere, e que se designa por faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar (e.g., Gama Pereira, 1998; Chaminé, 2000; Chaminé *et al.*, 2003a,b).

Os afloramentos quartzíticos nesta área configuram dois alinhamentos topográficos, descontínuos, com orientação geral meridiana, desde as cercanias de Caldas de S. Jorge até à localidade de Carvoeiro (margem direita do rio Vouga), materializando uma megaestrutura em sinforma, a de Caldas de S. Jorge-Carvoeiro (Ribeiro *et al.*, 1995;

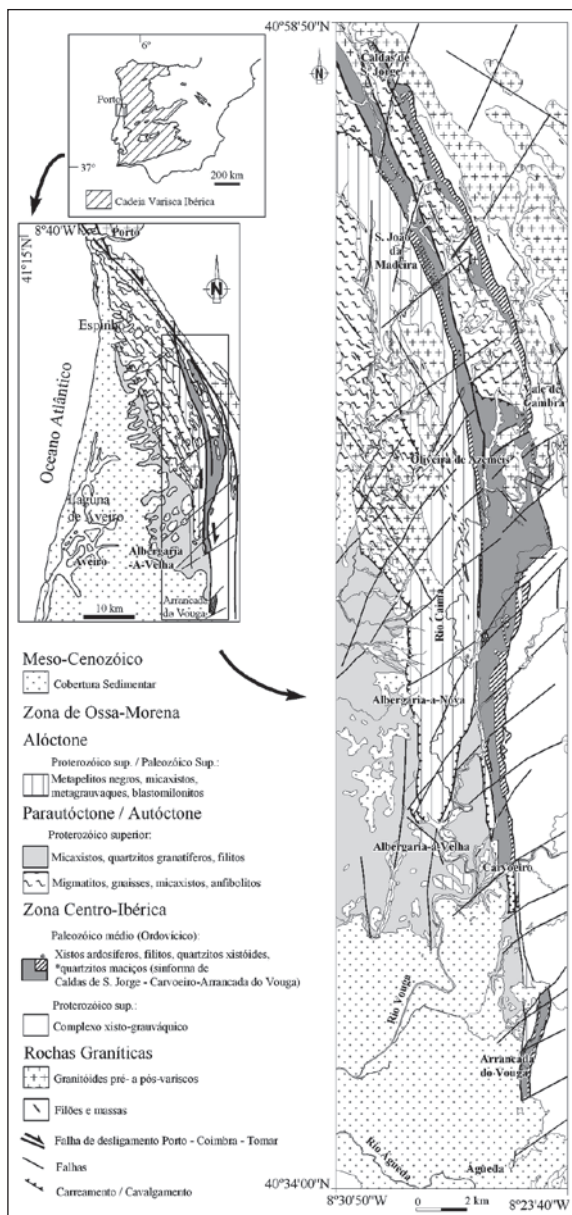


Figura 2 – Esboço geológico regional da área entre Caldas de S. Jorge e Águeda, faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar (adaptado de Chaminé, 2000; Chaminé *et al.*, 2004; Gomes *et al.*, 2007).

Chaminé *et al.*, 1995; Chaminé, 2000). Esta estrutura define, como se referiu anteriormente, a faixa de cisalhamento de Porto–Albergaria-a-Velha (*s.str.*) ou “faixa blastomilonítica de Oliveira de Azeméis” (Ribeiro *et al.*, 1980), composta por um conjunto de acidentes de 1ª e de 2ª ordem, com *ca.* 80 km de extensão e *ca.* 2,5km de largura (Chaminé, 2000). A sua expressão geológica é materializada pelo contacto mecânico entre as unidades tectonoestratigráficas da Zona de Ossa-Morena (ZOM) com as unidades do Paleozóico inferior da Zona Centro-Ibérica (ZCI) — *ramo oeste da faixa de cisalhamento de Porto-Albergaria-a-Velha* — e, pelo contacto tectónico, entre as unidades do Paleozóico inferior e as do Complexo Xisto-Grauváquico — *ramo leste da faixa de cisalhamento de Porto-Albergaria-a-Velha* (Chaminé, 2000; Chaminé *et al.*, 2003a, 2004). A expressão morfoestrutural dos alinhamentos quartzíticos parece estar intimamente relacionada com a proximidade relativa à zona de cisalhamento principal (“*principal displacement zone*”; *cf.* Burbank & Anderson, 2001). Dessa forma, os afloramentos do ramo ocidental apresentam um grau de deformação mais intenso materializado pelo contacto mecânico com o substrato da ZOM e, por isso, formam relevos de menor expressão topográfica.

A área compreendida entre o Sul de Espinho e Aveiro abrange uma extensa área relativamente aplanada composta por aluviões actuais e areias de duna, sendo denominada por Bacia Sedimentar de Aveiro (Rocha, 1993). Estes depósitos de cobertura entre Ovar e Mira, associados a uma laguna interior e pequenos deltas dos rios que nela desagüam constituem o sistema conhecido por “Ria de Aveiro”.

Para o interior, a fachada litoral entre o Porto e Águeda desenvolve-se ao longo de uma plataforma litoral (fig. 3a) que termina numa série de colinas interiores que não ultrapassam os 350 metros de altitude (Brum Ferreira, 1978; Araújo, 1991; Araújo *et al.*, 2003; Feio & Daveau, 2004). A Norte do rio Vouga a plataforma litoral não ultrapassa, geralmente, a altitude de 180m e o contacto com os relevos interiores é muito recortado. A Sul do rio Vouga a plataforma litoral é mais extensa para o interior culminando a *ca.* de 200m. Os relevos que dominam a plataforma litoral apresentam uma série de níveis de erosão, pouco desenvolvidos ou mal conservados, escalonando-se entre 200m e 300m de altitude (fig. 6).

A Leste dos relevos que marginam a plataforma litoral, segundo um corredor meridiano entre S. João da Madeira e Vale de Cambra, o relevo é dominado por colinas formadas por rochas metassedimentares e quartzíticas, rigidamente alinhadas, com orientação NNW-SSE. Entre elas e, lateralmente, definem-se áreas deprimidas com a mesma orientação (fig. 3B e 3C), com características morfológicas do tipo alveolar que dada a sua coalescência, acabam por definir corredores erosivos. Segundo alguns autores (e.g., Brum Ferreira, 1978; Rochette Cordeiro, 1992a,b, 2004) a origem destas áreas deprimidas estará associada à presença de rochas cristalinas, ao papel da alteração diferencial e à intensa fracturação que o substrato exhibe.



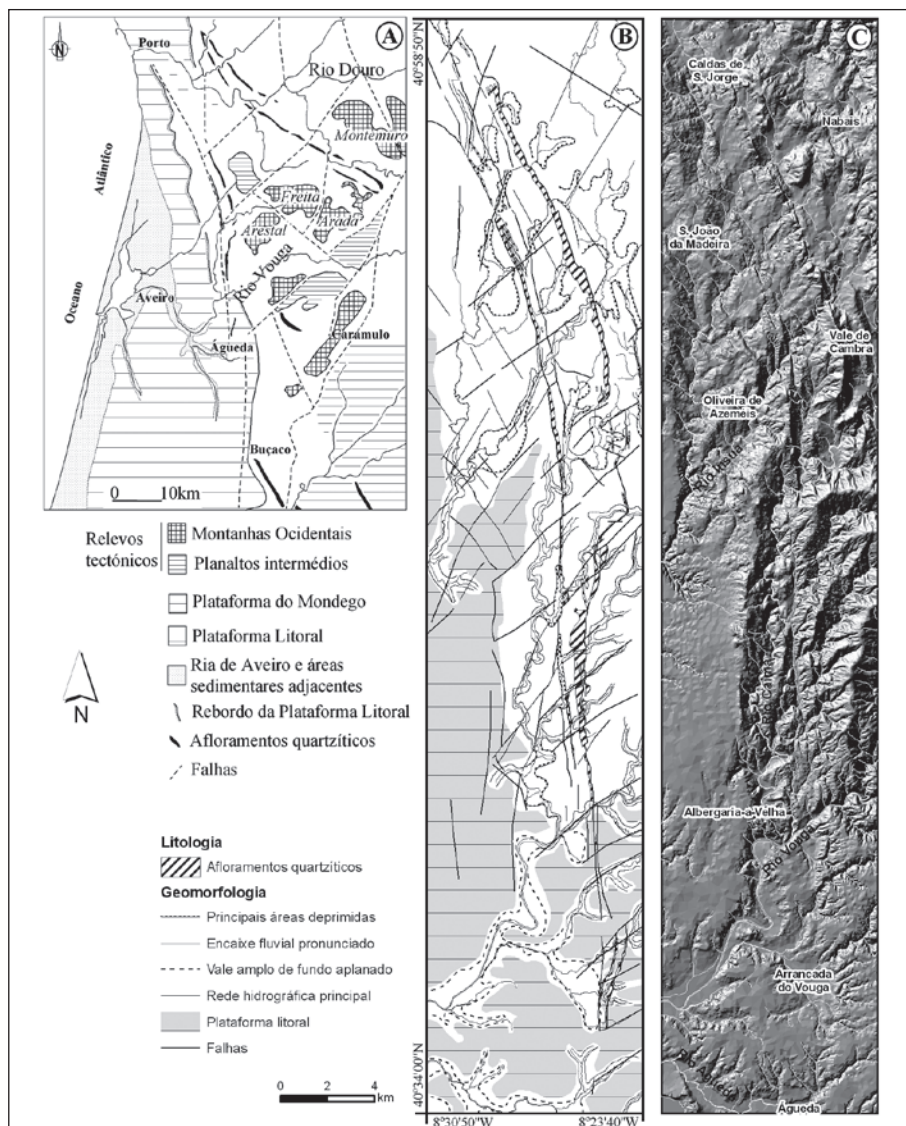


Figura 3. Quadro morfológico. A) Enquadramento geomorfológico regional; B) Esboço geomorfológico de síntese da área entre Caldas de S. Jorge e Águeda; C) Modelo digital de terreno, do tipo relevo sombreado, gerado a partir da digitalização das curvas de nível à escala 1/25.000, com resolução da grelha de 10m.

A sul de Vale de Cambra o relevo é muito irregular e o encaixe da rede hidrográfica é uma constante, salientando-se o vale muito encaixado do Rio Caima que segue a direcção da faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar. A oriente destes relevos encontra-se o maciço da Gralheira (serras da Freita, da Arada e de S. Macário) e a serra do Arestal, ou seja, o conjunto complexo de elevações enquadrado pelos rios Douro e Paiva, a Norte, e a parte terminal do rio Vouga, a Sul, com cotas que variam entre os 1100m e os 750m (Girão, 1922; Ribeiro *et al.*, 1943).

A organização da rede de drenagem reflecte a tectónica da área, especialmente, dos sistemas de fracturação regional (i.e., NW-SE a NNW-SSE, NE-SW a NNE-SSW e W-E), impondo os traços morfoestruturais principais à região (Brum Ferreira, 1978; Gomes & Barra, 2001; Araújo *et al.*, 2003; Chaminé *et al.*, 2003a,b). Assim, estas estruturas maiores produzem uma compartimentação tectónica que guia a instalação das linhas de água, e consoante a litologia e a estrutura observam-se redes hidrográficas, em geral, do tipo rectangular e/ou dendrítico. A organização da rede de drenagem evidencia um contraste morfoestrutural entre as elevações quartzíticas —*relevos de resistência* (e.g., Rebelo, 1975, 1984)— e a plataforma litoral, demonstrando uma certa independência em relação à disposição do relevo e à sua natureza litológica (Brum Ferreira, 1978). Uma parte significativa da rede de drenagem corre inadaptada às cristas quartzíticas, como são exemplos, o rio Caima, o rio Antuã e o curso do rio Vouga, a Sul de Albergaria-a-Velha. Os vales encaixados seguem direcções preferenciais que sugerem uma instalação ao longo de estruturas tectónicas importantes com orientação N-S e NE-SW.

### ***Os relevos quartzíticos entre Caldas de S. Jorge e Arrancada do Vouga***

A geomorfologia da faixa entre Caldas de S. Jorge e Águeda é dominada, como se referiu, por afloramentos quartzíticos. Considerando o afastamento entre os dois alinhamentos quartzíticos, a continuidade e/ou a interrupção dos mesmos, a expressão topográfica e a morfologia associada, foi possível definir três compartimentos morfotectónicos regionais (fig. 4), a saber: i) de Caldas de S. Jorge ao vale do rio Caima (Ossela); ii) do vale do rio Caima ao vale do rio Vouga (Carvoeiro); iii) do vale do rio Vouga (Soutelo) ao rio Águeda.

Recorrendo à fotointerpretação de fotografia aérea, foi possível elaborar um mapa de síntese de lineamentos tectónicos (fig. 4), no qual se pode observar a importância que os lineamentos tectónicos com direcção NW-SE assumem no primeiro sector, passando a uma direcção mais próxima de N-S no segundo sector, reflectindo claramente as direcções do acidente principal, a faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar. O terceiro sector apresenta uma dispersão maior nas direcções dos lineamentos principais, assumindo as direcções do quadrante NW uma preponderância mais significativa.

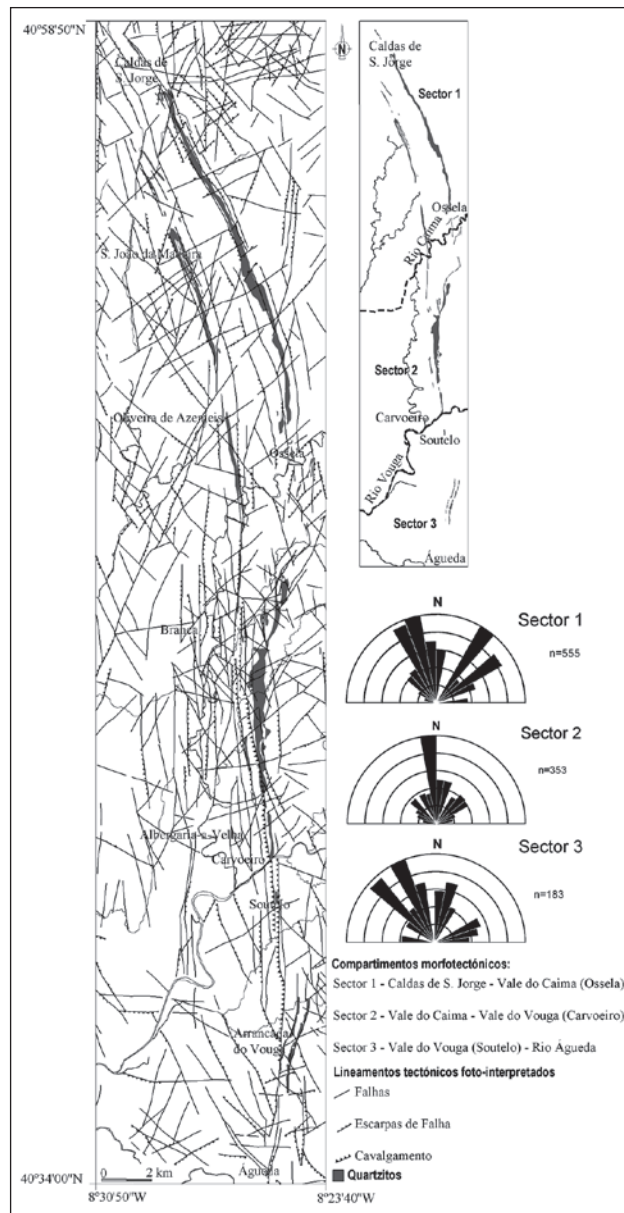


Figura 4. Fracturação regional fotointerpretada da área entre Caldas de S. Jorge e Águeda.

**Quadro 1 – Distribuição por classes hipsométricas das áreas a diferentes altitudes, na área em estudo (Sup – Superfície; SupAc- Superfície Acumulada; %Ac – Percentagem acumulada).**

	Sup (km <sup>2</sup> )	SupAc (km <sup>2</sup> )	%	% Ac
0-100	120,33	120,33	15,5	15,50
100-200	151,33	271,66	19,5	34,98
200-300	138,30	409,96	17,8	52,80
300-400	128,25	538,21	16,5	69,31
400-500	115,19	653,41	14,8	84,15
500-600	76,35	729,75	9,8	93,98
>600	46,75	776,51	6,0	100,00

Globalmente, predominam as direcções do quadrante NW (NW-SE a NNW-SSE), e também as direcções conjugadas, com orientação próxima de NE-SW, relacionadas provavelmente com o sistema de falhas regionais associadas ao mega-acidente tectónico regional, a falha de Verin-Régua-Penacova (Teixeira, 2006; Teixeira *et al.*, 2006; Gomes *et al.*, 2007). A fotointerpretação revela ainda que os afloramentos quartzíticos são muito perturbados por lineamentos tectónicos que os cortam transversalmente, com especial ênfase para os acidentes de direcção média NE-SW. Também se verifica que os afloramentos assumem uma disposição paralela ao corredor de deformação principal, materializado pelos lineamentos mais longos de orientação NNW-SSE a N-S.

O quadro 1 apresenta a distribuição por classes hipsométricas das áreas a diferentes altitudes, na área em estudo. Seguidamente, apresenta-se uma análise morfológica pormenorizada, em termos longitudinais e transversais de cada um dos sectores em que a área de estudo foi sub-dividida, com particular enfoque no primeiro e último sector (fig. 5).

### ***Sector 1: Caldas de S. Jorge – Rio Caima***

O sector 1 compreende a área desde Caldas de S. Jorge até ao vale do rio Caima, próximo da localidade de Ossela (fig. 5). Em traços muito gerais, este sector caracteriza-se por duas faixas de colinas quartzíticas distanciadas entre si *ca.* 2,5 km, definindo elevações destacadas e rigidamente orientadas. Salientam-se dois alinhamentos quartzíticos, paralelos, topográfica e litologicamente bem definidos, nos quais o ramo oriental evidencia maior expressão morfológica (v.g. Pereiro, 515m). A maior espessura do alinhamento oriental reflecte-se na dificuldade dos cursos de água em ultrapassar a barreira quartzítica, o que é normalmente materializado por um vale em garganta de paredes quase verticais (e.g., Carregosa e v.g. Pedra Má). As superfícies arrasadas do topo das colinas estão bastante degradadas e o ramo oriental evidencia um basculamento para Norte, facto também evidenciado pelas passagens dos cursos de água se fazerem a cotas mais elevadas à medida que se ruma para Sul (fig. 5A-L1).

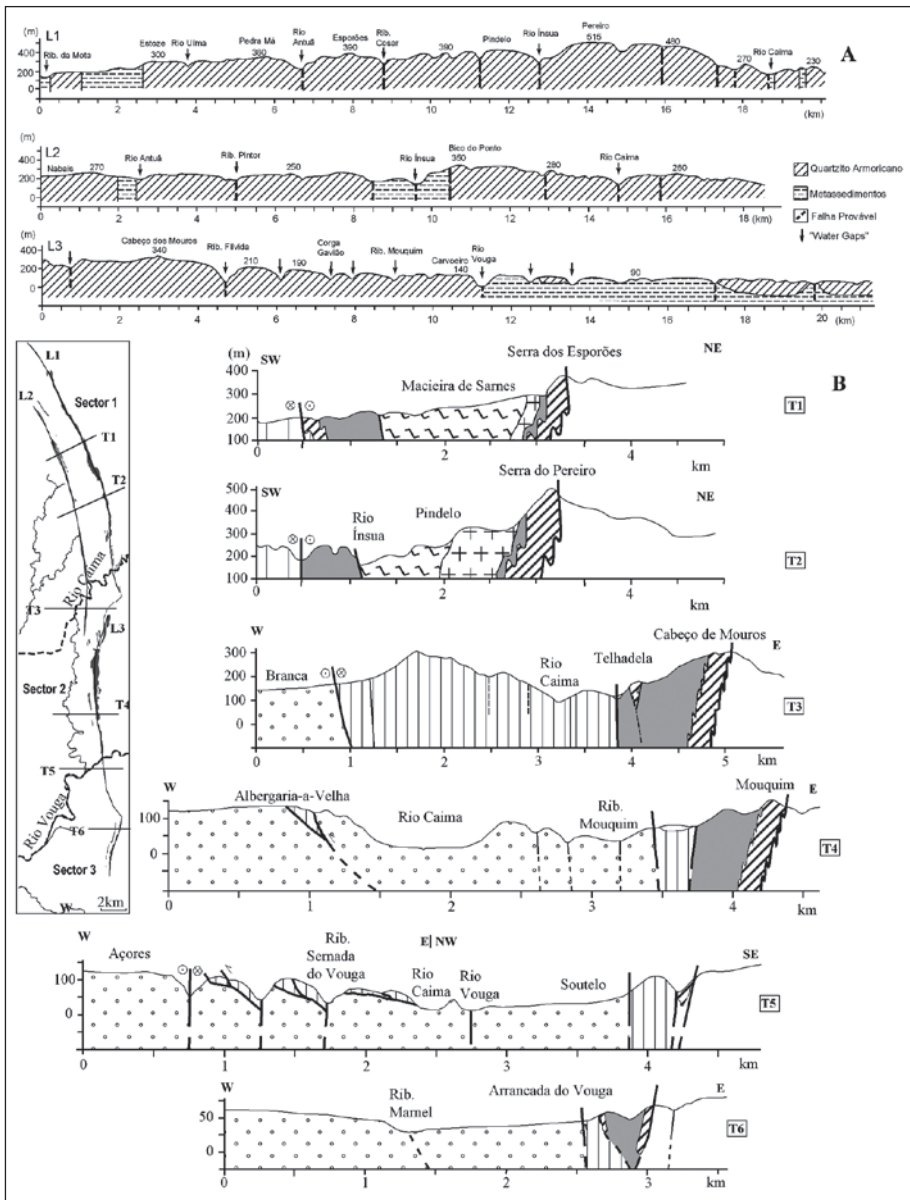


Figura 5. Perfis geológicos longitudinais ao longo dos alinhamentos quartzíticos e perfis transversais ao longo das cristas quartzíticas. Para a legenda dos perfis confrontar com a legenda da figura 2.

Os afloramentos quartzíticos iniciam-se nas proximidades da localidade de Caldas de S. Jorge, junto à povoação de Tagilde, num afloramento descontínuo, com cerca de 1km de extensão, e de 50 a 100 metros de largura máxima, cujas cotas mais altas rondam os 180 a 205 metros, constituindo o primeiro afloramento do ramo oriental.

Desde a localidade de Estoze até à Serra de Pereiro, as elevações quartzíticas definem três grandes blocos basculados para Norte e separados pela passagem de cursos de água (fig. 5A). A instalação dos cursos de água deve aproveitar falhas transversais (com orientação aproximada NE-SW) com importante rejeito vertical, o que em parte é justificado pelo desnível altimétrico do topo dos interflúvios, como acontece no vale do Ínsua em que se estabelece uma diferença de 100 metros entre o topo arrasado da serra de Pindelo e a serra de Pereiro. A Sul desta crista, os topos quartzíticos estão abatidos devido à falha regional NE-SW que desloca a Serra da Freita dos níveis do Planalto de Nabais, como se pode verificar no esboço morfológico da fig. 3A. A movimentação tectónica ao longo desta falha, é especialmente visível pela perturbação generalizada no alinhamento dos afloramentos quartzíticos a montante do alvéolo de Ossela (fig. 7). O rio Caima e seus afluentes aproveitam também esta perturbação lito-tectónica para estabelecerem os seus vales, geralmente amplos e de fundo algo aplanado.

Como se pode verificar pela figura 7, a forma alongada da depressão de Ossela está relacionada com a existência de um substrato granitóide facilmente alterável e os limites Norte e Sul são impostos por escarpas de falha que definem as fronteiras do *graben* onde se desenvolve a área deprimida. Para Sul desta área deprimida a perturbação estrutural dos afloramentos quartzíticos continua visível, mas os afloramentos readquirem uma direcção geral N-S.

Os primeiros afloramentos do ramo ocidental surgem, por sua vez, 4 km a Sul dos afloramentos do ramo oriental, próximo da localidade de Nadais (fig. 5A, perfil L2). Os afloramentos são descontínuos, o topo arrasado mais regular e a altitude do cimo das elevações quartzíticas não ultrapassa os 270 metros. O atravessamento das cristas pelo rio Ínsua constitui a grande quebra na continuidade dos afloramentos quartzíticos. Esta passagem é marcada por um vale assimétrico e pelo encosto do rio a uma escarpa de falha de direcção NE-SW com um desnível altimétrico de aproximadamente 100 metros. Para Sul da crista do Bico do Ponto, as elevações quartzíticas basculam e mergulham para Sul incorporando a passagem erosiva e tectónica do rio Caima.

Os perfis longitudinais (fig. 5A, perfis L1 e L2), realizados ao longo do topo das cristas quartzíticas para o primeiro sector, demonstram que as superfícies arrasadas do topo estão bastante degradadas e que os vários compartimentos evidenciam basculamentos diferenciados. É notória também a ocorrência de uma certa regularidade no estabelecimento das passagens dos cursos de água de ordem superior (*'water gaps'*), em que os entalhes mais profundos surgem afastados com intervalos regulares de, aproximadamente, 5 a 6 km.

A intersecção dos dois ramos quartzíticos pelos cursos de água, para além da sua expressão vertical já referida (gargantas estreitas), reveste-se de outras particularidades morfológicas. O ramo oriental do afloramento quartzítico impõe um degrau vincado no perfil longitudinal dos principais cursos de água, constituindo um obstáculo importante à erosão regressiva, criando, em consequência, um nível de base mais alto na topografia local (Brum Ferreira, 1978) como se pode verificar no perfil transversal T1.

Tal como foi referido na metodologia, durante o trabalho de campo foi usado um esclerómetro portátil, que permitiu avaliar de forma expedita, em afloramento, a resistência do material rochoso. Assim, os valores de ressalto (R) obtidos nos ensaios esclerométricos (fig. 6) revelam, em regra, uma heterogeneidade no comportamento dos quartzitos, no que respeita a este factor geomecânico, contrariamente aos valores uniformemente elevados que seriam de esperar. À primeira vista, ressaltam logo as importantes descontinuidades tectónicas que acompanham as cristas quartzíticas, com orientação média NNW. Foram ainda identificados uma série de planos de descontinuidades com orientações aproximadas ou com direcções conjugadas.

Os resultados obtidos mostram que no geral os pontos pertencentes aos blocos quartzíticos (BQ) apresentam valores de ressalto (R) significativamente mais elevados do que os blocos tectonizados, BT (fig. 6A, B, C). Para além disso, os valores de R para os BT são fortemente influenciados pela sua distância ao contacto cartográfico; quanto maior a distância dos BT ao contacto geotectónico mais elevada é a sua resistência, conforme indicado pelos valores do coeficiente de correlação ( $r$ , fig. 6B). O mesmo não se verifica para os BQ. Conforme podemos observar na figura 6D a variação de R observada é independente da distância a que os BQ se encontram do limite geotectónico.

## ***Sector 2: Rio Caima – Rio Vouga***

O sector 2 abrange os afloramentos a Sul do alvéolo de Ossela até ao rio Vouga, em que os dois alinhamentos convergem, perdendo gradualmente definição cartográfica e morfológica, apresentando-se o ramo oriental melhor conservado. A crista ocidental reduz-se a pequenos segmentos muito fragmentados e deslocados, como é exemplo a pequena crista que se desenvolve a leste da depressão tectónica de Telhadela, e o ramo oriental apresenta-se mais competente (fig. 5B, perfil T3).

Pelo perfil L3 da figura 5 verifica-se que as cristas evidenciam um basculamento geral para Sul seccionado por falhas transversais importantes, com orientação média NE-SW, nomeadamente, as que favorecem as passagens da ribeira de Fílvda e do rio Vouga. Gomes *et al.* (2007), referem que as falhas com esta direcção desempenham um papel muito importante na definição da morfologia regional, pelo menos nos tempos pós-Miocénicos, criando linhas de ruptura no relevo, soerguendo alguns blocos, provocando a subsidência de outros e, na maior parte das vezes, basculando-os.

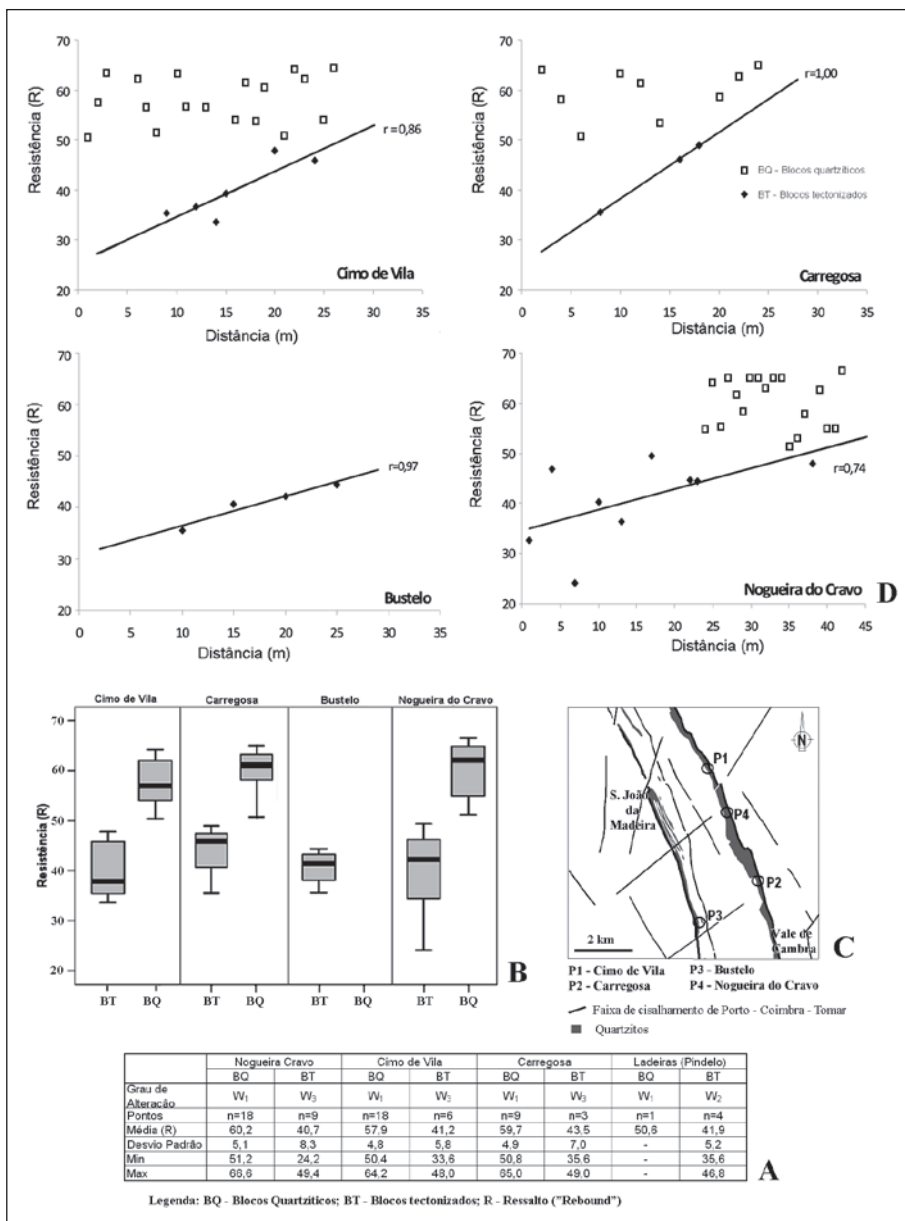


Figura 6. Estudo da resistência dos blocos quartzíticos intensamente tectonizados (BT – “Blocos tectonizados”) dos menos deformados (BQ – “Blocos Quartzíticos”). A) Quadro síntese dos parâmetros grau de alteração e valores de ressonho (R) da resistência; B) Correlação entre a distância do limite cartográfico do Quartzito ‘Armoricano’/Micaxisto (falha regional de Porto-Tomar) e a resistência do material rochoso através do ressonho (R), medido com o esclerómetro portátil; C) Resistência da superfície do material rochoso com os BQ e BT; D) Localização das áreas estudadas no sector 1.



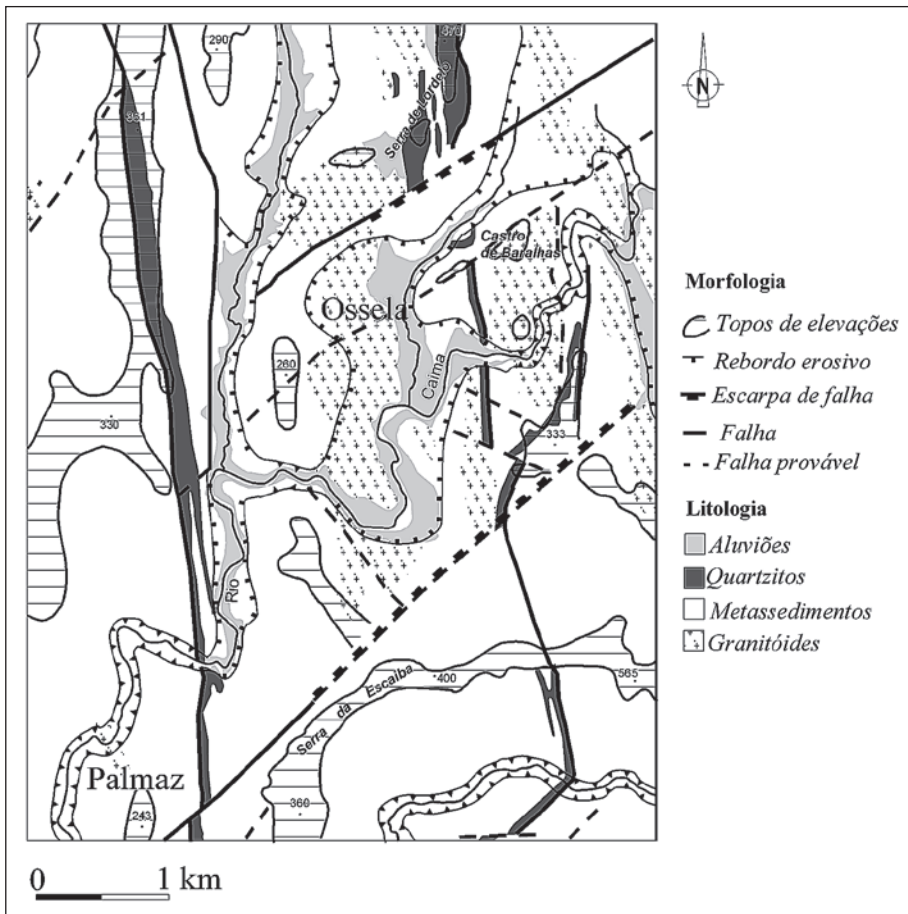


Figura 7. Esboço geomorfológico de pormenor da área de Ossela (Oliveira de Azeméis).

Neste sector, as cotas de topo não ultrapassam geralmente os 350m e os cursos de água intersectam os quartzitos a cotas que rondam os 90 a 100m. O material rochoso encontra-se bastante desagregado, em resultado da intensa tectonização que afecta o substrato quartzítico. No ramo ocidental, desde a antiga fábrica de Papel do Caima até Telhadela, os afloramentos têm uma largura mínima, inferior a 100 metros, e uma expressão topográfica muito reduzida (fig. 5B, perfil T3).

Para Sul do v.g. de Cabeço de Mouros os afloramentos quartzíticos formam uma crista isolada, com uma largura do afloramento que chega a ultrapassar os 600m. Contudo, as cotas máximas são aqui mais reduzidas que a Norte; no v.g. de Cabeço de Mouros alcançam apenas os 345m. Até ao rio Vouga as cristas são cortadas por cursos

de água de pequena extensão, mas já com encaixes apreciáveis. É o caso do Ribeira da Filvida e das Corgas de Coval e da Ribeira de Gavião. As cotas máximas a que se situam os afloramentos quartzíticos neste local não ultrapassam os 200m.

O vale profundamente encaixado do Vouga estabelece-se numa fronteira estrutural importante, materializada pela diferença litológica entre as margens. Tal como outros cursos de água de menor importância, ele rasga esta área num curso muito rectilíneo com a direcção NE-SW, como se pode verificar na figura 3. A ligeira diferença altimétrica entre os topos das duas margens reforça a origem tectónica deste vale.

### ***Sector 3: Rio Vouga – Norte de Águeda***

O sector 3 compreende a área desde o rio Vouga até Arrancada do Vouga (Norte do rio Águeda), correspondendo a uma série de afloramentos descontínuos e de fraca expressão morfológica com a excepção das cristas quartzíticas de Arrancada do Vouga que desenvolvem uma pequena colina com 95 metros de altitude (fig. 5A, perfil L3).

A espessura dos afloramentos quartzíticos é reduzida (inferior a 100m, no ramo oriental), registando os materiais quartzíticos intensa deformação essencialmente por achatamento puro. Este terceiro sector inicia-se com o pequeno afloramento, nas cercanias do vale do Cai-Água próximo à povoação de Soutelo, com pouca expressão topográfica mas grande significado geotectónico. Este pequeno afloramento, registado e cartografado em Fevereiro de 2004, aquando da construção da Auto-Estrada A25, revelou uma estrutura com 2-3 metros de largura que se apresentava ladeada por uma potente caixa de falha argilitizada (*“fault-gouge”*). Aqui, os quartzitos não surgem no topo da elevação. Ao invés disso, foram cartografados a cerca de 20 metros de profundidade, e apenas foram revelados nos taludes das escavações das obras de passagem da referida Auto-Estrada. De facto, esta descoberta, entretanto publicada em Chaminé *et al.* (2004), Teixeira *et al.* (2006) e Teixeira (2006), revela claramente o valor das preocupações de Delgado (1905, 1908), quando estranhava o modo como terminavam bruscamente os afloramentos quartzíticos na margem Norte do Rio Vouga, não apresentando uma solução de continuidade para Sul. Compreendemos que seria muito difícil, talvez mesmo impossível a visualização de tal afloramento, uma vez que este se encontra numa posição estrutural profunda em relação à superfície topográfica.

Junto à Ribeira do Marnel, próximo da localidade de Brunhido, foi cartografado também novo afloramento, com duas cristas paralelas a definirem uma sinforma apertada, que se estendem até um pouco a Sul da localidade de Arrancada do Vouga (Teixeira *et al.*, 2006; Teixeira, 2006). As altitudes não ultrapassam os 150 metros, enquanto a largura dos afloramentos não ultrapassa os 100 metros. A possança das cristas é relativamente reduzida (quase sempre inferior a 100m, no ramo oriental), registando os materiais quartzíticos intensa deformação (fig. 5B).

As direcções preferenciais de fracturação que ocorrem neste terceiro sector registam-se nas direcções próximas de N-S. No entanto, as direcções ENE-WSW e NW-SE apresentam também uma expressão importante. Estas últimas direcções, sobretudo as ENE-WSW são particularmente importantes na definição dos blocos, seccionando as cristas quartzíticas da Unidade de Arrancada do Vouga, na estrutura em sinforma de Soutelo–Arrancada do Vouga, facto que se encontra de acordo com as ideias de Gomes *et al.* (2007).

Tal como já foi dito, os afloramentos quartzíticos assumem, nesta área, dimensões bastante reduzidas, passando quase despercebidos em termos topográficos. Tal facto não é alheio à possança que as cristas quartzíticas têm neste sector, sempre inferior a 100 metros. A intensa fracturação e dobramento patentes nestes afloramentos, aliada à possança reduzida, conduzem necessariamente a uma expressão topográfica bastante reduzida.

Para Sul, junto à localidade de Arrancada do Vouga (fig. 8), a dimensão do afloramento do ramo Oriental é a maior de todo o conjunto de afloramentos da estrutura em sinforma de Soutelo–Arrancada do Vouga, atingindo cerca de 150 metros de largura. Como tal, este surge destacado topograficamente, ladeado por uma pequena ribeira afluente da Ribeira do Gorgulhão. Nesta área, e na proximidade das cristas, as linhas de água parecem aproveitar as linhas de fragilidade tectónica para o atravessamento das cristas, fazendo-o na maior parte dos casos, na direcção ENE-WSW a NE-SW (fig. 8). Tal facto explicará também o forte encaixe da pequena ribeira que atravessa as cristas neste local, apresentando o seu vale um encaixe de cerca de 50 metros. Um valor impressionante para uma ribeira que nasce a cerca de 2 km de distância e que drena uma área de apenas 3 km<sup>2</sup>. Para Sul da localidade de Arrancada do Vouga, a definição dos afloramentos perde-se, quer em termos topográficos, quer mesmo cartográficos. O relevo não reflecte, nesta área, a presença de afloramentos que lhe confirmam o alinhamento rígido mas, no entanto, foi possível identificar e cartografar o alinhamento das cristas quartzíticas e dos materiais envolventes, até cerca de 2 km a Sul de Arrancada do Vouga.

A figura 9 apresenta alguns aspectos de campo das litologias e da deformação das unidades quartzíticas, da área em estudo.

## Conclusões

Os principais resultados deste estudo, na região entre Caldas de S. Jorge-Albergaria-a-Velha e Águeda, permitem: i) organizar um conjunto de dados inéditos e refinar o traço cartográfico do limite geotectónico local, entre a ZOM e a ZCI; ii) estabelecer um esquema do arranjo e da compartimentação morfotectónica regional; iii) os levantamentos geotectónicos e geomorfológicos de terreno previamente efectuados e, alguns em curso, permitiram interpretar e cartografar, pela primeira vez, novos afloramentos de quartzito *Armoricano*, a Norte de Águeda.

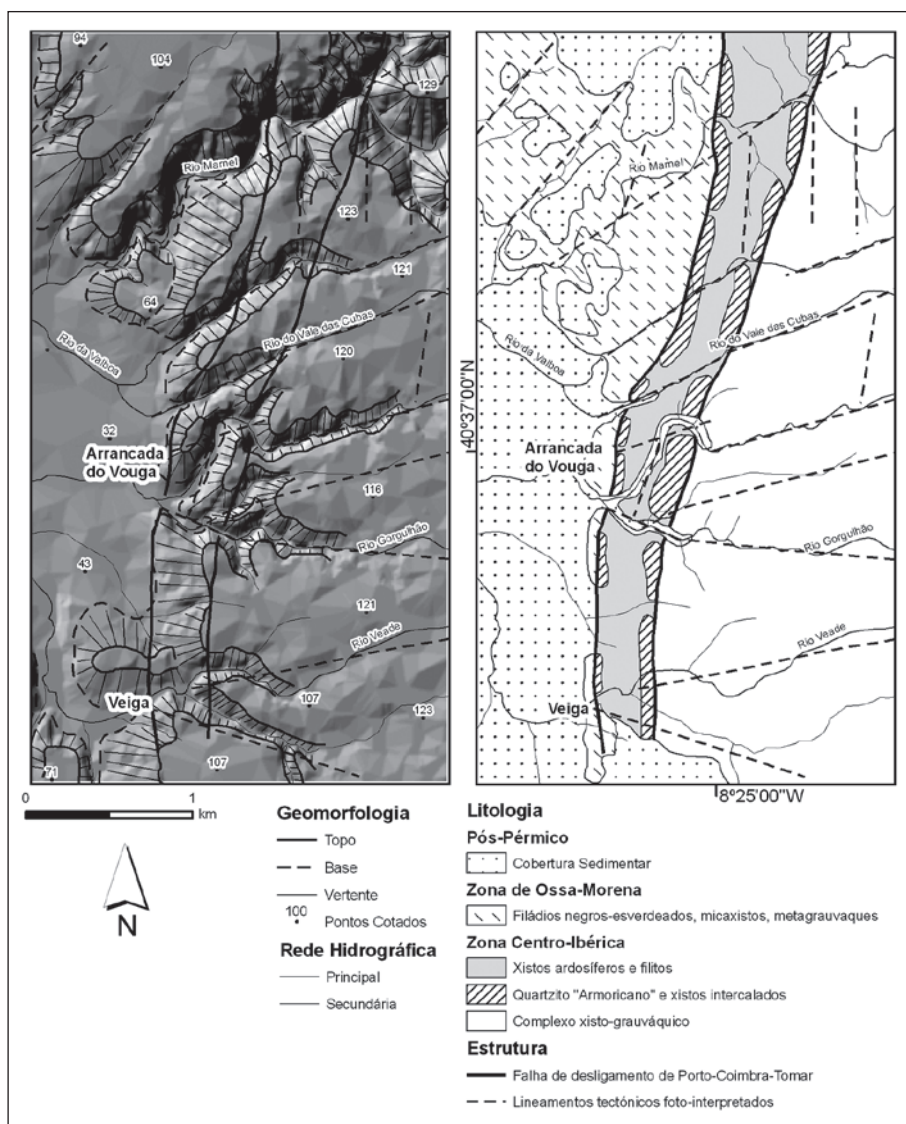


Figura 8 – Esboço geomorfológico e geológico da área entre Brunhido e Arrancada do Vouga (base geológica adaptada de Chaminé *et al.*, 2004).

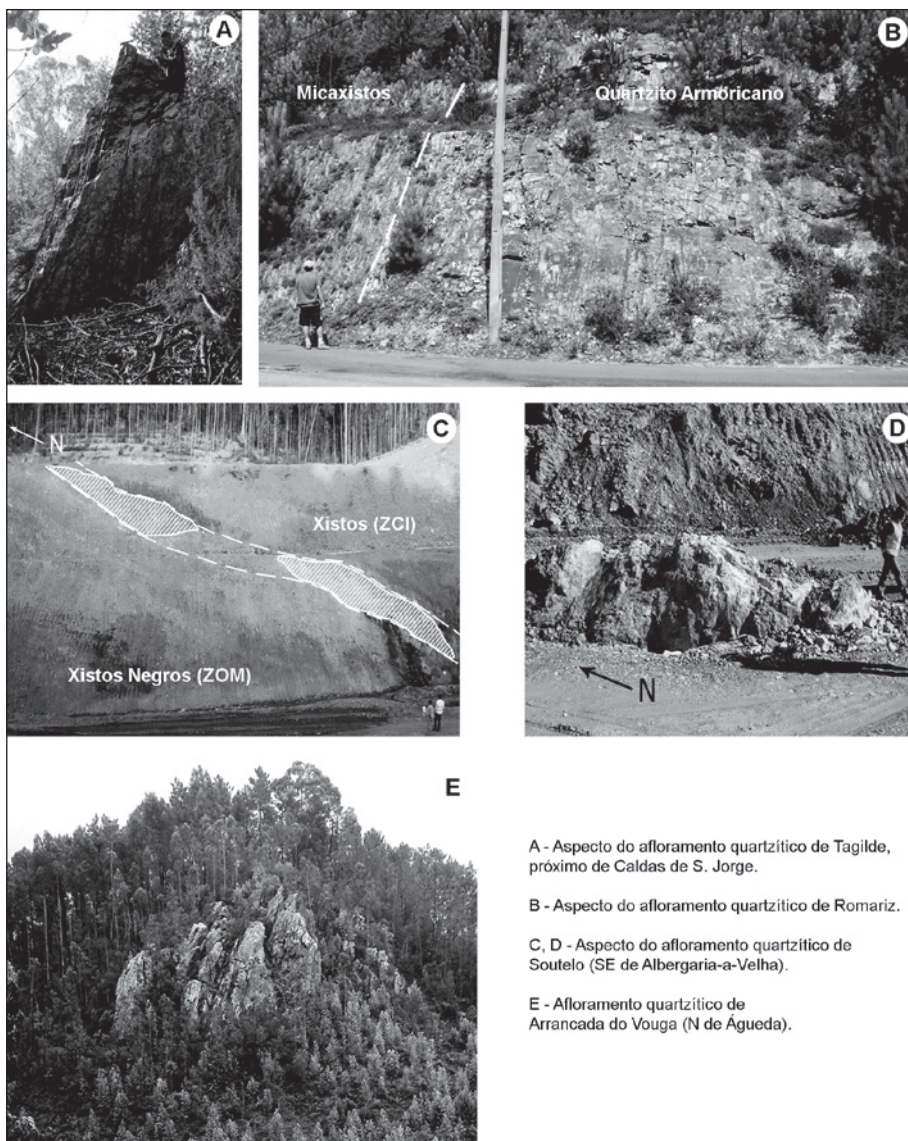


Figura 9 – Aspectos de campo das litologias e da deformação patente nas unidades quartzíticas, da área entre Caldas de S. Jorge e Arrancada do Vouga (Norte de Águeda).

Os relevos quartzíticos estudados configuram dois alinhamentos topográficos, descontínuos, com orientação geral meridiana, desde as cercanias de Caldas de S. Jorge até à localidade de Arrancada do Vouga (Norte do rio Águeda). A expressão morfoestrutural dos ramos quartzíticos está intimamente relacionada com a proximidade relativa à faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar. Os levantamentos de campo efectuados permitiram reconhecer e cartografar novos afloramentos quartzíticos do Ordovício, a Norte de Águeda. Desse modo, obteve-se informação inédita e vital para um melhor entendimento do complexo limite geotectónico da faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar.

A megaestrutura dos compartimentos morfotectónicos evidencia um rejeito relacionado com os sistemas de falhas, com direcção média NE-SW e NNW-SSE, associando-se o segundo à movimentação direita da faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar. Mas o primeiro sistema de fracturação parece posterior, ou seja, mais recente. Como principais rupturas morfoestruturais regionais destacamos: i) a área da passagem do rio Caima, a jusante de Vale de Cambra que sugere a possibilidade de o compartimento a Sul corresponder a um soerguimento tardio, dado que o ramo oriental se encontra intensamente deformado e desnivelado, em termos altimétricos, em relação ao compartimento a Norte; ii) a área da passagem do rio Vouga, em que os dois ramos perdem identidade e possança, na qual é possível observar e cartografar quartzitos intensamente deformados, e registar imponentes caixas de falha argilitizadas (“*fault gouge*”), com espessura métrica.

### *Agradecimentos*

Este trabalho recebeu o apoio parcial da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e de fundos do FEDER através do projecto de I&D GROUNDURBAN (POCTI/CTE-GIN/59081/2004). Este artigo é um contributo do Centro de Minerais Industriais e Argilas (MIA) da Universidade de Aveiro e do LABCARGA I&D (Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada, ISEP). As trocas de impressões tidas com G. Soares de Carvalho (Braga), A. Pérez Alberti (Santiago de Compostela), C. Palain (Nancy), L. C. Gama Pereira (Coimbra), A. Soares de Andrade (Aveiro) e P. E. Fonseca (Lisboa) foram decisivas para o refinamento de algumas das ideias deste trabalho. São devidos ainda agradecimentos aos dois revisores anónimos pela leitura crítica e sugestões ao manuscrito original.

### **Bibliografia**

- Araújo, M. A. (1991): “Evolução geomorfológica da plataforma litoral da região do Porto”. Universidade do Porto. 534 pp. [+ Vol. Anexos, 87 pp]. (Tese de doutoramento).
- Araújo, M. A. Gomes, A. A., Chaminé, H. I., Fonseca P. E., Gama Pereira, L. C. & Pinto de Jesus, A. (2003): “Geomorfologia e geologia regional do sector de Porto-Espinho (W de Portugal): implicações morfoestruturais na cobertura sedimentar cenozóica”. *Cadernos Lab. Xeol. Laxe*, A Coruña, vol. 28, pp. 79-105.

- ASTM – American Society for Testing and Materials (2001): “Standard test method for determination of rock hardness by rebound hammer method”. *American Society for Testing and Materials, ASTM Stand. 04.09* (D 5873-00).
- Aydin, A. & Basu, A. (2005): “The Schmidt Hammer in rock material characterization”. *Engineering Geology*, vol. 81, pp. 1-14.
- Blanco Chao, R., Pérez Alberti, A., Díaz, N. V. & Casais, M. C. (2006): “Alteración y abrasión en plataformas litorales: canal Beagle (Argentina) y costa NW de la Península Ibérica” In: Pérez Alberti, A. & López Bedoya, J., Eds., *Geomorfología y Territorio, Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología*, Publicacións da Universidade de Santiago de Compostela, vol. 171, pp. 323-336.
- Brum Ferreira, A. (1978): “Planaltos e montanhas do Norte da Beira: estudo de geomorfologia”. *Memórias do Centro de Estudos Geográficos*, Lisboa, vol. 4, pp. 1-374.
- Brum Ferreira, D. (1981): “Carte geomorphologique du Portugal”. *Memórias do Centro de Estudos Geográficos*, Lisboa. vol. 6, 54 pp.
- Burbank, D. & Anderson, R. (2001): *Tectonic Geomorphology*. Blackwell Science, 274 pp.
- Carrington da Costa, J. (1950): “Notícia sobre uma carta geológica do Buçaco, de Nery Delgado”. *Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa. 27 pp.
- Chaminé, H. I. (2000): “Estratigrafia e estrutura da faixa metamórfica de Espinho–Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa-Morena): implicações geodinâmicas”. Universidade do Porto. 497 pp., 3 anexos [mapas e perfis geológicos] (Tese de doutoramento).
- Chaminé, H. I. & Gaspar, A. F. (1995): “Estudo da compartimentação de maciços rochosos pela técnica de amostragem linear. Aplicação a uma travessa da Mina de Carvão de Germunde”. *Estudos, Notas & Trabalhos Inst. Geol. Min.*, Porto, vol. 37, pp. 97-111.
- Chaminé, H. I., Ribeiro, A. & Pereira, E. (1995): “Cartografia geológica e estratigrafia da faixa precâmbria do sector Espinho-Albergaria-a-Velha (ZOM)”. In: Sodrê Borges, F. & Marques, M. (coords.), *Mem. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto*, vol. 4, pp. 329-333.
- Chaminé, H. I., Gama Pereira, L. C., Fonseca, P. E., Noronha, F. & Lemos de Sousa, M. J. (2003a): “Tectonoestratigrafia da faixa de cisalhamento de Porto–Albergaria-a-Velha–Coimbra–Tomar, entre as Zonas Centro-Ibérica e de Ossa-Morena (Maciço Ibérico, W de Portugal)”. *Cadernos Lab. Xeol. Laxe*, A Coruña, vol. 28, pp. 37-78.
- Chaminé, H. I., Gama Pereira, L. C., Fonseca, P. E., Moço, L. P., Fernandes, J. P., Rocha, F. T., Flores, D., Pinto de Jesus, A., Gomes, C., Soares de Andrade, A. A. & Araújo, A. (2003b): “Tectonostratigraphy of middle and upper Palaeozoic black shales from the Porto–Tomar–Ferreira do Alentejo shear zone (W Portugal): new perspectives on the Iberian Massif”. *Geobios*, vol. 36 (6), pp. 649-663.
- Chaminé, H. I., Gomes, A., Teixeira, J., Fonseca, P. E., Pinto de Jesus, A., Gama Pereira, L. C., Soares de Andrade, A. A., Fernandes, J. P., Moço, L. P., Flores, D., Araújo, M. A. & Rocha, F. T. (2004): “Geologia, geomorfologia e estratigrafia dos domínios estruturais de Carvoeiro–Caldas de S. Jorge e de Soutelo–Arrancada do Vouga (faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar, NW de Portugal): implicações tectonoestratigráficas”. *Cadernos Lab. Xeol. Laxe*, A Coruña, vol. 29, pp. 299-330.

- Coke, C. (2000): "Litostratigrafia do Ordovício inferior do ramo sul da Serra do Marão, Norte de Portugal". *Comun. Inst. Geol. Min.*, Lisboa, vol. 87, pp. 13-34.
- Couto, H., Piçarra, J. M. & Gutiérrez-Marco, J. C. (1997): "El Paleozoico del anticlinal de Valongo (Portugal)". In: Grandal D'Anglade, A., Gutiérrez-Marco, J. C. & Santos Fidalgo, L. L., Eds., *Libro de Resúmenes y Excursiones XII Jornadas de Paleontología "Fósiles de Galicia"/ V Reunión Internacional Proyecto 351 PICG "Paleozoico inferior del Noroeste de Gondwana"*, A Coruña. pp. 270-290.
- Daveau, S., Birot P. & Ribeiro O. (1985/1986): "Les bassins de Lousã et d'Arganil: recherches géomorphologiques et sédimentologiques sur le massif ancien et sa couverture à l'Est de Coimbra". Volume I- Le Bassin Sédimentaire; Volume II- L'évolution du relief. *Memórias Centro Estudos Geográficos*, Lisboa, vol. 8, pp. 1-450.
- Delgado, J. F. N. (1877): "Terrenos paleozóicos de Portugal. Estudo sobre os bilobites e outros fósseis das quartzites da base do Systema Silúrico de Portugal". *Comissão dos Trabalhos Geológicos de Portugal*, Lisboa. 74 pp.
- Delgado, J. F. N. (1905): "Contribuição para o estudo dos terrenos paleozóicos". *Commun. Commiss. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, vol. 6, pp. 56-122.
- Delgado, J. F. N. (1908): "Système Silurique du Portugal. Etude de stratigraphie paléontologique". *Commission du Service Géologique du Portugal*, Lisbonne. 245 pp.
- Feio, M. & Daveau, S. [cords.] (2004): *O Relevo de Portugal: grandes unidades regionais*. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Coimbra, 151 pp.
- Figueiredo, A. A. (1996): "Contributo para o conhecimento das cristas quartzíticas a Leste de Oliveira de Azeméis". Universidade de Coimbra. 150 pp. (Tese de mestrado).
- Freire de Andrade, C. (1938/40): "Algumas considerações sobre a geologia dos arredores de Espinho e das Caldas de S. Jorge". *Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Lisboa*, vol. 7-8 (3ª série), pp. 23-35.
- Gama Pereira, L. C. (1998): "A faixa de cisalhamento Porto-Tomar, no sector entre o Espinhal e Alvaiázere (Portugal Central)". In: Chaminé, H. I., Dias, A. G., Ribeiro, M. A. & Borges, F. S., Coords., 4ª Conferência Anual do Grupo de Geologia Estrutural e Tectónica, GGET'98, *Geologos, Rev. Univ. Porto*, Vol. 2, pp. 23-27.
- Girão, A. A. (1922): "Bacia do Vouga: estudo geográfico". Universidade de Coimbra. 190 pp. (Tese de Doutoramento).
- Gomes, A. (2007): "Evolução geomorfológica da plataforma litoral entre Espinho e Águeda". Universidade do Porto. (Tese de Doutoramento, submetida à FLUP).
- Gomes, A. & Barra, A. (2001): "Morfologia e cobertura detrítica da plataforma litoral na área de Albergaria-a-Velha (distrito de Aveiro)". *Revista Estudos do Quaternário*, Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário, Braga, vol. 4, pp. 7-14.
- Gomes, A., Chaminé, H. I., Teixeira, J., Fonseca, P. E., Gama Pereira, L. C., Pinto de Jesus, A., Pérez Alberti, A., Araújo, M. A., Rocha, F. T. & Soares de Andrade, A. (2004): "The Porto-Albergaria-a-Velha-Águeda strike-slip zone (NW Portugal): a stratigraphic and morphotectonic outline". In: Pena dos Reis, R., Callapez, P. & Dinis, P., Eds., *Abstracts Book of the 23rd International Association of Sedimentologists Meeting: Sedimentology and Society*, Coimbra, pp. 132 (Cd-Rom).



- Gomes, A., Chaminé, H. I., Teixeira, J., Fonseca, P. E., Gama Pereira, L. C., Pinto de Jesus, A., Pérez Alberti, A., Araújo, M. A., Coelho, A., Soares de Andrade, A. & Rocha, F. T. (2007): “Late Cenozoic basin opening in relation to major strike-slip faulting along the Porto-Coimbra-Tomar fault zone (Northern Portugal)”. In: Nichols, G., Paola, C. & Williams, E., Eds., *Sedimentary processes, environments and basins: a tribute to Peter Friend. Special Publication of the International Association of Sedimentologists*. (in press)
- Goudie, A. S. (2006): “The Schmidt hammer in geomorphological research”. *Progress in Physical Geography*, vol. 30 (6), pp. 703–718.
- I.S.R.M. – International Society for Rock Mechanics (1978a): “Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks”. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* vol. 15, pp. 89-97.
- I.S.R.M. – International Society for Rock Mechanics (1978b): “Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses”. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, vol. 15 (6), pp. 319-368.
- I.S.R.M. – International Society for Rock Mechanics (1981): “Basic geotechnical description of rock masses”. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, vol. 18, pp. 85-110.
- ISRM – International Society for Rock Mechanics (2007): “The complete ISRM suggested methods for characterization, testing and monitoring: 1974-2006”. In: Ulusay, R. & Hudson, J.A., Eds., *Suggested methods prepared by the Commission on Testing Methods*, ISRM. Ankara, Turkey. 628 pp.
- Joly, F. (1997): *Glossaire de géomorphologie. Base de données sémiologiques pour la cartographie*. Armand Colin, Paris, 325 pp.
- Klein, C. (1973): *Massif Armoricaín et Bassin Parisien: contribution a l'étude géologique et géomorphologique d'un massif ancien et d ses enveloppes sédimentaires*. Ass. Pub. Près les Universités de Strasbourg, Fondation Baulig, vol. 12, pp. 1-882. (Thèse de Doctorat d'État).
- Manguet, M. (1972): *Le modelé des grès: problèmes généraux*. Institute Géographique Nationale, 3 Volumes, Paris, 657 pp.
- Martín-Serrano, A. (2005): *Mapa geomorfológico de España y del margen continental a escala 1:1.000.000*. Instituto Geológico e Mineiro de España, Madrid, 232 pp.
- Peña Monné, J. L. (1997): *Cartografía geomorfológica básica y aplicada*. Ed. Geoforma, Logroño, 227 pp.
- Rebello, F. M. S. (1975): “Serras de Valongo: estudo de geomorfologia”. *Suplementos de Biblos*, Universidade de Coimbra, vol. 9, pp. 1-194.
- Rebello, F. M. S. (1984): “Adaptações e inadaptações às cristas quartzíticas do Noroeste Português”. In: *Livro de Homenagem a Orlando Ribeiro*, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, vol. 1, pp. 321-331.
- Rebello, F. M. S. (1985): “Nota sobre o conhecimento geomorfológico da área de Coimbra (Portugal)”. *Mem. Not., Coimbra*, Vol. 100, pp. 193-202.
- Ribeiro, A. (1974): “Contribution à l'étude tectonique de Trás-os-Montes Oriental”. *Mem. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, vol. 24, pp. 1-168.
- Ribeiro, A., Pereira, E. & Severo Gonçalves, L. (1980): “Análise da deformação da zona de cisalhamento Porto-Tomar na transversal de Oliveira de Azeméis”. *Comun. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, vol. 66, pp. 3-9.

- Ribeiro, A., Pereira, E., Chaminé, H. I. & Rodrigues, J. (1995): "Tectónica do megadomínio de cisalhamento entre a Zona de Ossa-Morena e a Zona Centro-Ibérica na região de Porto-Lousã". In: Sodré Borges, F. & Marques, M., Coords., IV Congresso Nacional de Geologia, Porto. *Mem. Mus. Labor. Miner. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto*, vol. 4, pp. 299-303.
- Ribeiro, C. (1860): "Memória sobre o grande filão metálico que passa ao nascente d'Albergaria a Velha e Oliveira d'Azeméis". *Mem. Acad. Real Ciênc.*, N.S., vol. 2 (II), pp. 5-105.
- Ribeiro, O. (1943): "Novas observações geológicas e morfológicas nos arredores de Vila Velha de Rodão". *Pub. Mus. Lab. Miner. Geol. Fac. Ciênc. Porto*, vol. 32, pp. 1-24.
- Ribeiro, O. (1949): "Le Portugal central, livret-guide de l'excursion C". *Union Géographique Internationale, XVI Congres Internationale Géographique*, Lisbonne, 180 pp.
- Ribeiro, O., Almeida, J. P. & Patrício, A. (1943): "Nota preliminar sobre a morfologia do maciço da Gralheira". *Bol. Soc. Geol. Portg.*, Porto, vol. 3 (1/2), pp. 81-85.
- Rocha, F. T. (1993): "Argilas aplicadas a estudos litoestratigráficos e paleoambientais na Bacia Sedimentar de Aveiro". Universidade de Aveiro. 398 pp. (Tese de Doutoramento).
- Rochette Cordeiro, A. M. (1992a): "Alvéolos graníticos do Centro-Norte de Portugal: génese e tipologia". In: *Actas do VI Colóquio Ibérico de Geografia*, Publicações da Universidade do Porto, vol. 2, pp. 689-697.
- Rochette Cordeiro, A. M. (1992b): "O peso do factor estrutural no desenvolvimento do relevo granítico ligado à erosão diferencial (o exemplo dos alvéolos do Centro-Norte de Portugal)". In: *Actas do VI Colóquio Ibérico de Geografia*, Publicações da Universidade do Porto, vol. 2, pp. 699-706.
- Rochette Cordeiro, A. M. (2004): "Dinâmica de vertentes em Montanhas Ocidentais do Portugal Central". Universidade de Coimbra, 563 pp. (Tese de Doutoramento)
- Romano, M. (1982): "The ordovician biostratigraphy of Portugal: a review with new data and re-appraisal". *Geological Journal*, Vol. 17, pp. 89-110.
- Romano, M. (1991): "Lower to middle Ordovician trace fossils from the Central Iberian Zone of Portugal and Spain". In: Barnes, C. R. & Williams, S. H., Eds., *Advances in Ordovician geology. Geol. Surv. Can.*, vol. 90 (9), pp. 191-204.
- Romano, M. & Diggens, J. N. (1973-74): "The stratigraphy and structure of Ordovician and associated rocks around Valongo, north Portugal". *Comun. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, vol. 57, pp. 23-50.
- Severo Gonçalves, L. (1974): "Geologie und petrologie des gebietes von Oliveira de Azeméis und Albergaria-a-Velha (Portugal)". Freien Universität Berlin. 261 pp. (Tese de Doutoramento).
- Soares de Carvalho, G. (1945): "Observações para a interpretação da tectónica da região de Oliveira de Azeméis (distrito de Aveiro)". *Mem. Not.*, Coimbra, vol. 16, pp. 23-42.
- Soares de Carvalho, G. (1946a): "Considerações sobre dois perfis geológicos da região de Oliveira de Azeméis". *Arquivo Distr. Aveiro*, vol. 46, pp. 5-14.
- Soares de Carvalho, G. (1946b): "Subsídios para o estudo das formações geológicas do Distrito de Aveiro. O Alto da Pedra Aguda e uma memória de Carlos Ribeiro". *Mem. Not.*, Coimbra, vol. 15(1), pp. 5-15.

- Soares de Carvalho, G. (1947): “Microtectónica do antecâmbrico do distrito de Aveiro”. *Mem. Not.*, Coimbra, vol. 19, pp. 17-44.
- Teixeira, C. (1981): *Geologia de Portugal, Precâmbrico-Paleozóico*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 629 pp.
- Teixeira, J. (2006): “Geomorfologia e morfotectónica de relevos de resistência quartzíticos do megadomínio estrutural de Caldas de S. Jorge-Águeda (NW de Portugal): implicações na gestão de georrecursos”. Universidade de Aveiro. 163 pp. (Tese de mestrado).
- Teixeira, J.; Gomes, A.; Chaminé, H.I.; Fonseca, P. E.; Coelho, A. & Rocha, F. T. (2005): “Large-scale relief development related to tectonic uplift of a Proterozoic-Palaeozoic basement: the Caldas de S. Jorge-Águeda domain (Iberian Massif, NW Portugal)”. In: Gutiérrez, F., Gutiérrez, M., Desir, G., Guerrero, J., Lucha, P., Marín, C. & García-Ruiz, J. M., Eds., *Sixth International Conference on Geomorphology: Geomorphology in regions of environmental contrast*, Zaragoza (Spain), Abstracts volume. pp. 301.
- Teixeira, J., Gomes, A., Araújo, M. A., Chaminé, H. I., Fonseca, P. E., Gama Pereira, L. C.; Pinto de Jesus, A., Coelho, A., Soares de Andrade, A. & Rocha, F. T. (2006): “Relevos quartzíticos do domínio estrutural de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro–Águeda (NW de Portugal): uma caracterização geomorfológica e geotectónica preliminar”. *Actas do 2º Congresso Nacional de Geomorfologia, Geomorfologia: Ciência e Sociedade, Publicações da APGEOM*, Coimbra, Vol. 3, pp. 77-83.
- Tricart, J. (1957): “Comparaison entre les conditions de façonnement des lits fluviaux en zone tempérée et zone intertropicale”. *C. R. Académie Science France*, Vol. CCXLV, pp. 555-557.
- Vidal Romani, J. R. & Twidale, C. R. (1998): *Formas y paisajes graníticos*. Monografías, Universidade da Coruña, vol. 55, 415 pp.