

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

Geology, geomorphology and stratigraphy from Carvoeiro–Caldas de S. Jorge and Soutelo-Arrancada do Vouga structural domains (Porto-Coimbra-Tomar shear zone, NW Portugal): tectonostratigraphic implications

CHAMINÉ, H.I.^{1,3}; GOMES, A.²; TEIXEIRA, J.³, FONSECA, P.E.⁴; PINTO de JESUS, A.⁵; GAMA PEREIRA, L.C.⁶, SOARES de ANDRADE, A.A.⁷; FERNANDES, J.P.⁵, MOÇO, L.P.⁵; FLORES, D.⁵; ARAÚJO, M.A.² & ROCHA F.T.³

Abstract

The aim of this study is to characterise the regional tectonostratigraphy, geomorphology and geological mapping of the structural domains Caldas de S. Jorge–Carvoeiro and Soutelo–Arrancada do Vouga (NW of Portugal). These domains take the form of a narrow N–S strip of the Lower Palaeozoic age, which is included in a major crustal-scale shear zone, the Porto–Coimbra–Tomar–Ferreira do Alentejo shear zone. This is a dextral transcurrent mega-structure belonging to the Iberian Variscan belt (Portugal). The tectonostratigraphic

units (mainly formed by metasedimentary and blastomylonitic rocks) cropping out in this domain are delimited, at W and E, by dextral wrench-faults constituting the Porto–Albergaria-a-Velha–Coimbra shear zone (*s.str.*). Until very recently, the studies carried out in the Caldas de S. Jorge–Carvoeiro–Arrancada do Vouga Palaeozoic structure considered most of its metasedimentary outcrops as belonging to the “Complexo Xisto-Grauváquico” (Late Proterozoic). Actually, however, geological field studies developed in this area pointed out the need for a tectonostratigraphic revision. As a result of this revision, new stratigraphic units were described as follows in the structural domains referred: i) Caldas de S. Jorge and Arrancada do Vouga Units, constituted by massive quartzites and sandstones containing rounded pebbles of quartzite and quartz. The massive quartzite rocks are intensely deformed (milonic fabrics, shearing folds, marked stretching lineation, pseudotachylite bands); quartzite bands become less common and thinner towards the top. Caldas de S. Jorge Unit is, in part, equivalent to the Armorican Quartzite, which occurs in several areas of the Iberian Massif and is mainly considered as of Arenigian age. Locally, this unit is correlated to part of the Armorican Quartzite Fm., from Buçaco region, and to Santa Justa Fm., from Valongo region; ii) Carvoeiro and Veiga Units, a monotonous sequence of cleaved dark grey mudstones with macrofossils at relatively restricted horizons. The Carvoeiro Unit is equivalent to part of Valongo Fm. and of Fonte da Horta Fm. (Cácomes Group, Buçaco region). The fossil record from Carvoeiro Unit suggests a Llandeilian–Llanvirnian age, in good agreement with the classic Lower Palaeozoic sequences of the Central-Iberian Zone.

The highly deformed and rare macrofossils recently found in Mouquim–Carvoeiro area comprise brachiopods (*Orthis noctilio* Sh.), already identified by J. F. Nery Delgado (1908), and trilobites (CALYMENIDEA?) and echinoderms (CYSTOIDEA?), newly described in this region. This record suggests a Llandeilian–Llanvirnian age for this unit. A micropalaeontological study was also attempted. Microfossils are, usually, badly preserved and not quite abundant. Acritarchs are recognised, although their degree of preservation prevents further identification. The presence of chitinozoans, also badly preserved and generally broken, could nevertheless be ascertained. Organic petrology results show a very poor organic content. The organic particles are thermally altered and its classification resulting very difficult. They can be classified as “vitrinite-like” organoclasts, and sometimes show their vegetal origin (preservation of tissue morphology). The coalification degree is always very high, corresponding to the upper epizone (low-metamorphism) the particles being assumed as semi-graphite. The clay mineralogy and geochemistry characterisation are in good agreement with the organic petrology data.

Geodynamic implications for the Iberian Variscides of the Palaeozoic basement framework are discussed. Further research is being carried on in order to find out other evidences of this Lower Palaeozoic structure along the Porto–Coimbra–Tomar shear zone (*s.str.*). In addition, further tectonostratigraphic, biostratigraphic, organic petrology and clay mineralogy research is currently in

progress, to improve our knowledge on Caldas de S. Jorge–Carvoeiro and Soutelo–Arrancada do Vouga (Águeda) structural domains.

Key-Words: tectonostratigraphy, morphostructure, Armorican quartzite, Porto–Coimbra–Tomar shear zone, Central-Iberian Zone, NW Portugal.

- (1) Departamento de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto. Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, P-4200-072 Porto, Portugal. (hic@isep.ipp.pt)
- (2) Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto (GEDES). Via Panorâmica, s/n, 4150-564 Porto. Portugal.
- (3) Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro e Centro de Minerais Industriais e Argilas. 3810-193 Aveiro, Portugal.
- (4) Departamento de Geologia da Universidade de Lisboa e LATTEX. Ed. C6-2º piso, Campo Grande. 1749-061 Lisboa, Portugal.
- (5) Departamento de Geologia e Centro de Geologia da Universidade do Porto (GIPEGO). Praça de Gomes Teixeira. 4099-002 Porto, Portugal.
- (6) Departamento de Ciências da Terra e Centro de Geociências (GMSG) da Universidade de Coimbra. 3000-272 Coimbra, Portugal.
- (7) Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro (ELMAS). Campus Universitário de Santiago. 3810-193 Aveiro, Portugal.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Do ponto de vista geológico (figura 1) a região entre Caldas de S. Jorge (E de Espinho) e Arrancada do Vouga (N de Águeda) integra-se numa faixa metamórfica, 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 (GAMA PEREIRA, 1987; CHAMINÉ, 2000a; CHAMINÉ *et al.*, 2003c). Esta faixa, de idade proterozóica média-superior (GAMA PEREIRA, 1987; NORONHA & LETERRIER, 2000), faz parte do Terreno Autóctone Ibérico (RIBEIRO *et al.*, 1990), e inclui-se maioritariamente na Zona de Ossa-Morena (ZOM) contactando localmente a oriente, por intermédio da denominada faixa blastomilonítica de Oliveira de Azeméis (RIBEIRO *et al.*, 1979, 1980), com a Zona Centro-Ibérica (ZCI) da Cadeia Varisca Ibérica (LOTZE, 1945; JULIVERT *et al.*, 1974; DIAS & RIBEIRO, 1993). As rochas granitóides e filonianas ocupam uma área considerável na região, denunciando sobretudo eventos tectonomagmáticos concomitantes com os diversos períodos de instalação relativamente à orogenia varisca ou anterior (SEVERO GONÇALVES, 1974; NORONHA & LETERRIER, 2000; CHAMINÉ, 2000a; CHAMINÉ *et al.*, 2003c). Uma parte substancial da região, em especial, a área compreendida entre o Sul de V. N. de Gaia e Aveiro, está ocupada por depósitos de cobertura (aluviões, areias de praia e dunas actuais) de idade holocénica e/ou pliocénica; a restante área está ocupada por depósitos sedimentares (fluviais e aluviais) de idade plio-pleistocénica (ARAÚJO, 1991; ARAÚJO *et al.*, 2003).

O presente trabalho tem como objectivo apresentar uma síntese integradora, numa perspectiva regional, dos aspectos cartográficos, tectonoestratigráficos e morfoestruturais da área entre Caldas de S. Jorge–Carvoeiro e Soutelo–Arrancada do Vouga–Águeda. Para tal, recorreu-se a uma abordagem multidisciplinar que, numa primeira fase, consistiu na revisão e/ou levantamento da cartografia geológica e geomorfológica e na sistematização das diferentes unidades tectonoestratigráficas e morfoestruturais para destrinçar um enquadramento geotectónico regional assaz complexo. Numa segunda fase, foram seleccionados afloramentos chave nos quais se efectuaram, nomeadamente, estudos cartográficos, tectonoestratigráficos, geológico-estruturais, geomorfológicos, mineralógicos, petrológicos e paleontológicos. A região em estudo continua a ser alvo de uma investigação pormenorizada, numa perspectiva multidisciplinar, nas vertentes fundamental e aplicada, para uma melhor compreensão deste importante segmento morfotectónico da Península Ibérica (e.g., CHAMINÉ, 2000a,b; CHAMINÉ *et al.*, 2003b,c, *in press*; ARAÚJO *et al.*, 2003; GOMES, *in prep.*; TEIXEIRA, *in prep.*, COELHO, *in prep.*; AFONSO, *in prep.*).

2. ENQUADRAMENTO MORFOTECTÓNICO REGIONAL

2.1. Generalidades

A região emersa de Porto–Albergaria-a-Velha–Águeda caracteriza-se por um relevo aplanado correspondente a uma plataforma litoral que termina num relevo acentuado constituindo o seu rebordo interior (BRUM FERREIRA, 1978; ARAÚJO, 1991;

ARAÚJO *et al.*, 2003). A norte do rio Vouga a plataforma litoral não ultrapassa, geralmente, a altitude de 170m e o contacto com os relevos interiores é muito sinuoso e recortado. O topo da plataforma é no geral bem marcado e sinuoso, com direcção NNW-SSE e apresenta declives fracos a suaves pelo menos até ao Sul de Oliveira de Azeméis. Entre Madail e Pinheiro de Bemposta, ao longo do rio Antuã e seu afluente Ínsua, deixa de observar-se o rebordo interior da plataforma, mas a Sul dessa última localidade este volta a individualizar-se num traçado rectilíneo, com orientação N-S. 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 200 e 300m de altitude. A Leste do rebordo interior da 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, de características tipológicas próprias denominadas por alveólos, cuja origem estará ligada à presença de rochas cristalinas e ao papel da alteração diferencial (BRUM FERREIRA, 1978; ROCHETTE CORDEIRO, 1992a,b). 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 situado entre os rios Douro–Paiva e Vouga-Sul, com cotas que variam entre os 1100m e os 750m (GIRÃO, 1922; O. RIBEIRO *et al.*, 1946).

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 à região (BRUM FERREIRA, 1978; ARAÚJO *et al.*, 2003; CHAMINÉ *et al.*, 2003c). Assim, estas estruturas maiores produzem uma compartimentação tectónica que, por sua vez, condiciona a distribuição 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 independência em relação à disposição do relevo e à sua natureza litológica (BRUM FERREIRA, 1978). No entanto, a maior parte da rede de drenagem corre inadaptada às cristas quartzíticas. Por exemplo, os rios Caima, Antuã e segmentos do rio Vouga sugerem uma instalação em importantes acidentes tectónicos com orientação N-S e NE-SW.

Os rios Douro, Vouga e Águeda são os principais cursos de água da rede hidrográfica e delimitam o sector em estudo a Norte e a Sul, respectivamente. Numerosas linhas de água de segunda ordem instalam-se segundo a orientação geral NE-SW, denunciando a presença de lineamentos estruturais preferenciais. As nascentes destas ribeiras coincidem, *grasso modo*, com o limite entre a plataforma litoral e o rebordo interior da plataforma (“relevo marginal”, ARAÚJO, 1991; ARAÚJO *et al.*, 2003). Além dos lineamentos estruturais NE-SW, a rede hidrográfica põe em evidência outros

acidentes importantes, de direcção aproximada N-S, que correspondem a típicos vales tectónicos, por vezes profundamente encaixados, como é o caso dos rios Caima e Antuã, ou como se reflecte no curso do rio Vouga, a sul de Albergaria-a-Velha.

2.2. As cristas quartzíticas entre Caldas de S. Jorge e Arrancada do Vouga

A morfologia da faixa entre Caldas de S. Jorge e Carvoeiro (Albergaria-a-Velha) é dominada por importantes afloramentos quartzíticos referenciados por C. RIBEIRO (1860), DELGADO (1905, 1908) e FREIRE de ANDRADE (1937, 1938/40), e estudados, do ponto de vista geológico e geomorfológico, por SOARES de CARVALHO (1944, 1945, 1946a,b, 1947, 1949), BRUM FERREIRA (1978), SEVERO GONÇALVES (1974), REBELO (1975), DAVEAU *et al.* (1985/86), RIBEIRO *et al.* (1995), FIGUEIREDO (1996) e CHAMINÉ (2000a). Neste trabalho, apresenta-se, pela primeira vez, a continuidade da estreita faixa de rochas quartzíticas e metassedimentares do Paleozóico inferior (ZCI), desde a localidade do Soutelo (margem esquerda do rio Vouga) até aos arredores da cidade de Águeda.

Os afloramentos quartzíticos configuram dois alinhamentos topográficos (figura 2), descontínuos, com orientação geral meridiana, desde as cercanias de Caldas de S. Jorge (SE de Lourosa) até à localidade de Carvoeiro (margem direita do rio Vouga), materializando uma estrutura em sinforma, a de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro (RIBEIRO *et al.*, 1995; CHAMINÉ, 2000a). Esta estrutura define, localmente, a faixa de cisalhamento de Porto–Albergaria-a-Velha (*s.str.*) ou “faixa blastomilonítica de Oliveira

de Azeméis” (RIBEIRO *et al.*, 1979, 1980), composta por um conjunto de acidentes de 1ª e de 2ª ordem, com *ca.* de 40km de extensão e *ca.* de 5km de largura (CHAMINÉ, 2000a). A sua expressão geológica é materializada pelo contacto mecânico entre as unidades tectonoestratigráficas da ZOM com as unidades do Paleozóico inferior da 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, 2000a; CHAMINÉ *et al.*, 2003c). A expressão morfoestrutural dos ramos 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, sugerem relevos de menor expressão topográfica.

Tomando em consideração o afastamento entre os dois alinhamentos quartzíticos, a continuidade e/ou interrupção dos mesmos, a expressão topográfica e a morfologia associada, definiram-se três compartimentos morfotectónicos regionais, a saber (figuras 2 e 3):

1) De Caldas de S. Jorge ao vale do rio Caima (Pindelo):

Encontram-se dois alinhamentos quartzíticos, paralelos, bem definidos topográfica e litologicamente. No entanto, o ramo oriental evidencia maior expressão morfológica (v.g. Pereiro, 515m). As colinas quartzíticas, distanciadas entre si *ca.* 2km, definem elevações destacadas e

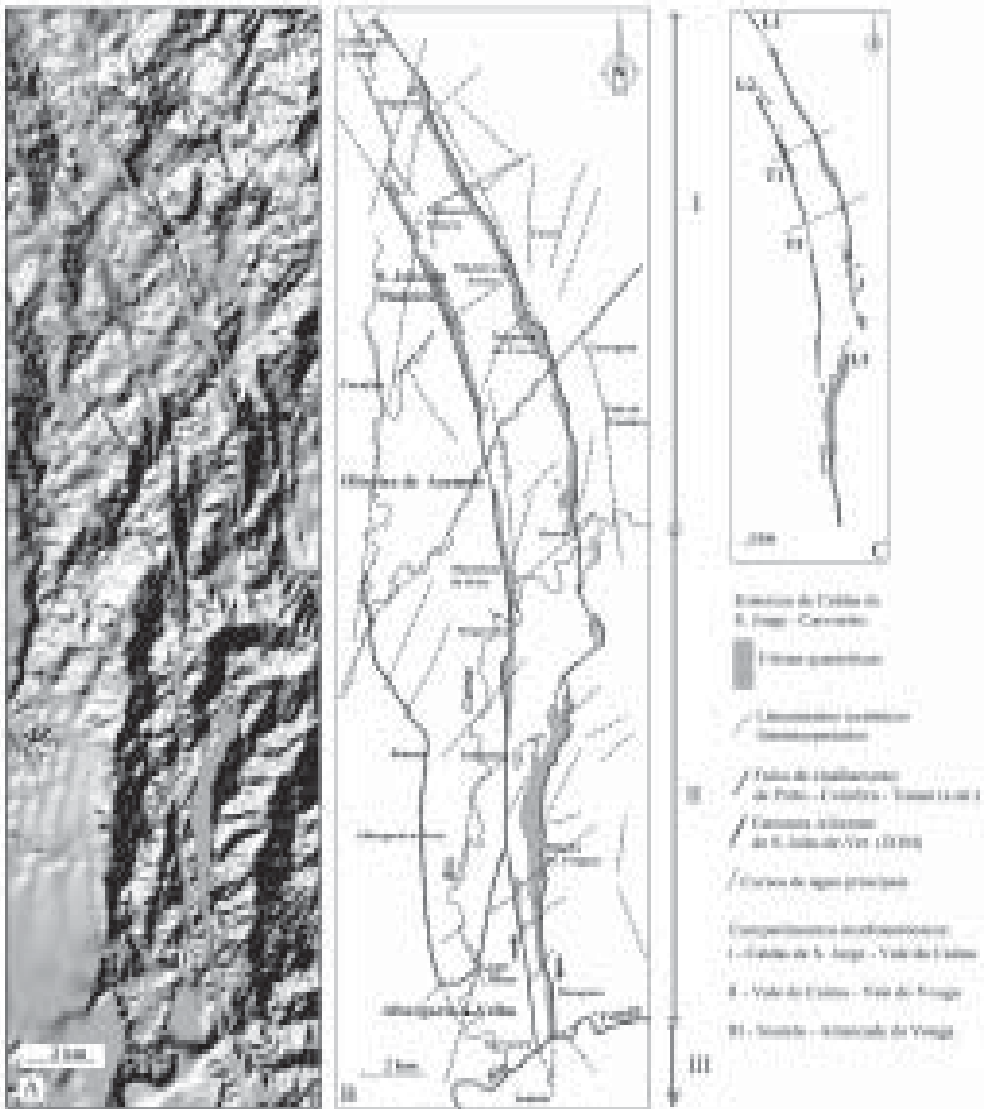


Figura 2. Enquadramento morfotectónico dos alinhamentos quartzíticos da área de Caldas de S. Jorge-Carvoeiro. A) Modelo digital de terreno, do tipo relevo sombreado, gerado a partir da digitalização das curvas de nível à escala 1/50.000 aplicando o método de “kriging”. Resolução da grelha de 50m; B) Esboço tectónico interpretativo do domínio estrutural de Caldas de S. Jorge-Carvoeiro; C) Localização dos perfis topográficos transversais (T1, T2) e longitudinais (L1, L2, L3).

rigidamente orientadas, que correspondem a duas imponentes cristas quartzíticas. Um aspecto que reflecte a maior possança do alinhamento oriental prende-se com a dificuldade dos cursos de água em ultrapassar a barreira quartzítica, que é normalmente materializada por uma garganta de paredes quase verticais (e.g., Carregosa e v.g. Pedra Má). Os perfis longitudinais (figura 3), realizados ao longo do topo das cristas quartzíticas, demonstram que as superfícies arrasadas do topo estão bastante degradadas. O ramo quartzítico oriental evidencia um basculamento para Norte que se mantém nas passagens dos cursos de água através das cristas, uma vez que estas se fazem a cotas mais elevadas, à medida que seguimos para Sul. 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 com intervalos de aproximadamente 5 a 6 km. O sector entre a ribeira de Cesar e o rio Ínsua parece ligeiramente abatido em relação ao basculamento geral, o que sugere a influência de falhas transversais, com orientação média NE-SW, sobre as cristas quartzíticas, e em parte explicará, neste local, a intersecção da crista pelo rio Ínsua.

O ramo ocidental apresenta sempre menor expressão morfológica (figura 3; perfis T2 e T3). O topo da crista é relativamente aplanado até ao rio Ínsua com altitudes que rondam os 250 a 270m. A sul, o afloramento quartzítico ganha maior importância, sobretudo a partir do v.g. do Bico do Ponto (315 m) até ao rio Caima. É curioso verificar que a passagem do rio Ínsua faz-se aqui, segundo o mesmo alinhamento que intersectou o ramo oriental. Os vales, quase sempre assimétricos, sugerem uma origem

tectónica. No geral, o alinhamento quartzítico está basculado para Sul. Contudo, as falhas transversais adquirem grande importância, seccionando a própria crista ao colocar as superfícies do topo a cotas diferentes.

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, constituindo um obstáculo importante à erosão regressiva, criando, em consequência, um nível de base local (BRUM FERREIRA, 1978). A montante, como é visível na figura 4, esta barreira de resistência promove a erosão lateral e o consequente alargamento dos vales. A jusante, na passagem pelo ramo ocidental quartzítico, não é visível qualquer alteração no perfil longitudinal. Os quartzitos não oferecem, neste caso, grande resistência à intersecção pelo curso de água. O outro resalto visível no perfil desta ribeira está relacionado com uma importante falha regional — coincidente com a estrutura denominada por "Filão Metalífero das Beiras" (C. RIBEIRO, 1860) — ramo oeste da megaestrutura do Pindelo (CHAMINÉ, 2000a).

ii) Do vale do rio Caima ao rio Vouga:

Os ramos das cristas quartzíticas estreitam e perdem definição cartográfica e morfológica (figura 3), apresentado-se o ramo oriental melhor conservado. O enquadramento morfotectónico da crista ocidental parece repetir-se num ramo único que se desenvolve para Sul de ribeira de Fráguas. Neste caso, teremos um basculamento geral para Sul que é interrompido por falhas transversais, com orientação NE-SW, de alguma importância, nomeadamente, as que

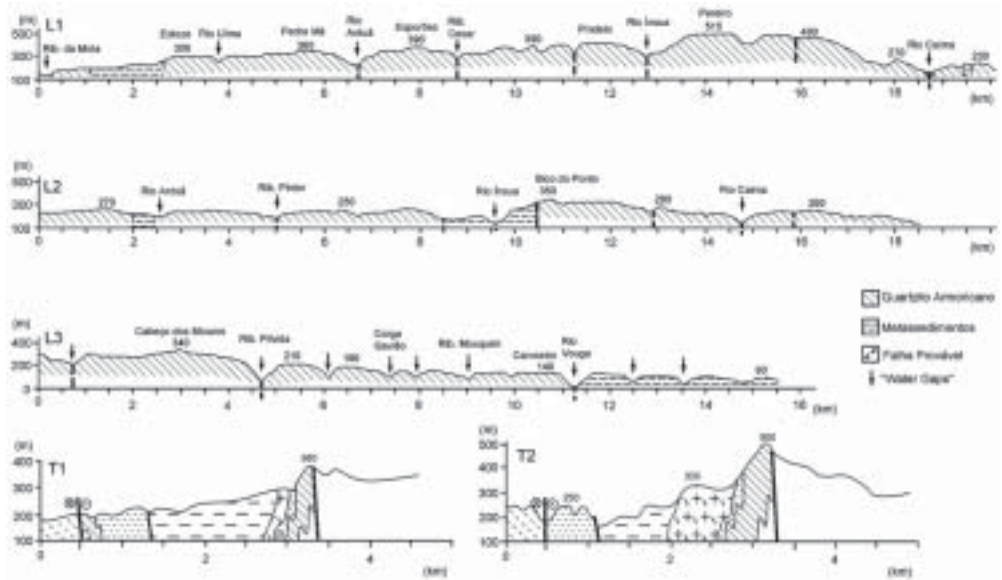


Figura 3. Perfis topográficos longitudinais ao longo dos alinhamentos quartzíticos e perfis topográficos transversais ao longo das cristas quartzíticas (compartmento morfotectónico a Norte do rio Caima). Para a legenda dos perfis T1 e T2 confrontar com a legenda da figura 1.

favorecem as passagens da ribeira de Filvida e do rio Vouga. No sector entre a ribeira de Fráguas e o rio Vouga as cristas quartzíticas quase coalescem e desempenham um papel de barreira geomorfológica à erosão. Neste sector, os cursos de água intersectam os quartzitos a cotas que rondam os 90 a 100m. O papel da “soleira” quartzítica é bem evidente neste bloco e a sua influência parece bastante uniforme. O compartimento a norte de Ribeira de Fráguas corresponde, aparentemente, a um sector soerguido (figura 4).

iii) Desde o rio Vouga ao Norte de Águeda:

São descritos, pela primeira vez, uma série de afloramentos muito descontínuos e de fraca expressão morfológica que, à excepção das cristas quartzíticas de Arrançada do Vouga, desenvolvem uma pequena elevação topográfica, na ordem dos 100m de

altitude. A possança das cristas é, relativamente, reduzida (inferior a 100m, no ramo oriental), registando os materiais quartzíticos intensa deformação.

Por fim, no caso i) e ii) as cristas quartzíticas que se definem, a despeito de constituírem elevações regionais importantes, não representam os relevos mais salientes do sector. A estrutura dos compartimentos morfotectónicos evidencia um rejeito relacionado com os sistemas de falhas, com direcção média NE-SW a NNE-SSW, associados à movimentação direita da faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar. Como principais rupturas morfoestruturais regionais destacamos (figuras 2 e 3): a) a área da passagem do rio Caima, a jusante de Vale de Cambra sugere a possibilidade do compartimento a Sul, corresponder a um soerguimento tardio, visto que o ramo orien-

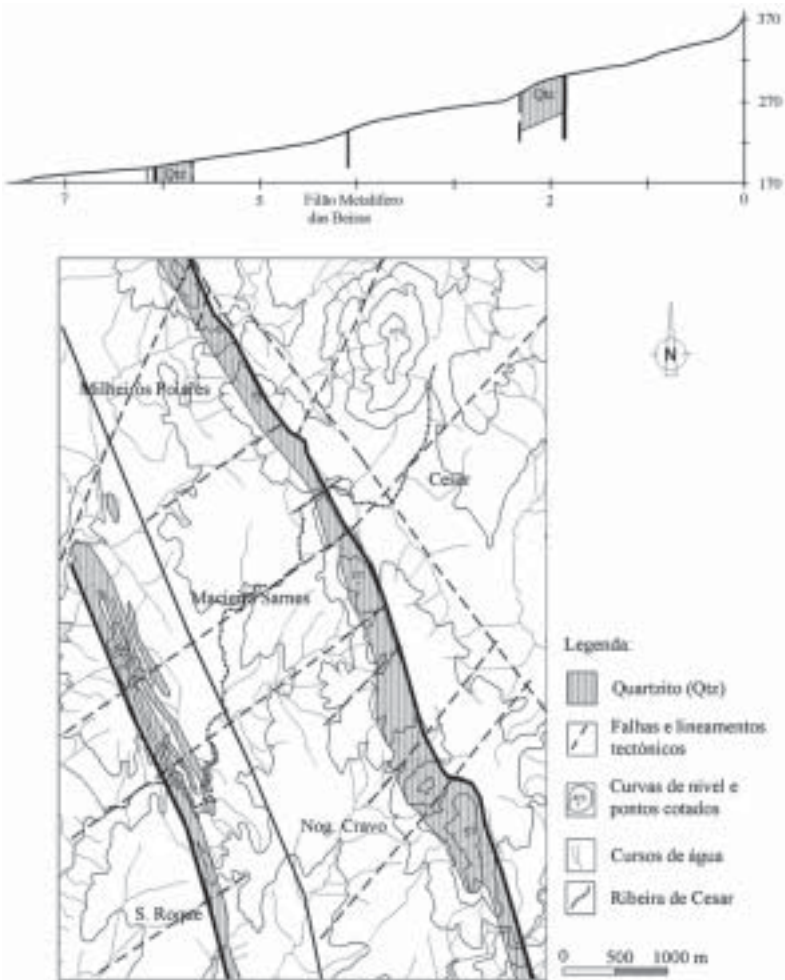


Figura 4. Perfil longitudinal da ribeira do Pintor (Leste de S. João da Madeira) e enquadramento morfotectónico da bacia hidrográfica.

tal se encontra intensamente deformado e desnivelado em termos altimétricos face ao compartimento a Norte; b) a área da passagem do rio Vouga, em que os dois ramos perdem identidade e possança, é possível observar e cartografar quartzitos intensamente deformados e registar imponentes caixas de falha argilitizadas (“fault gouge”), com espessura métrica (figura 5).

3. TECTONOESTRATIGRAFIA

3.1. Considerações iniciais

Os trabalhos de geologia de terreno efectuados por CHAMINÉ (2000a), na região de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro (Albergaria-Velha) consistiram na revisão da cartografia geológica e da tectonoestratigrafia com o objectivo de enquadrar a macroestrutura regional na faixa de cisalhamento de Porto–

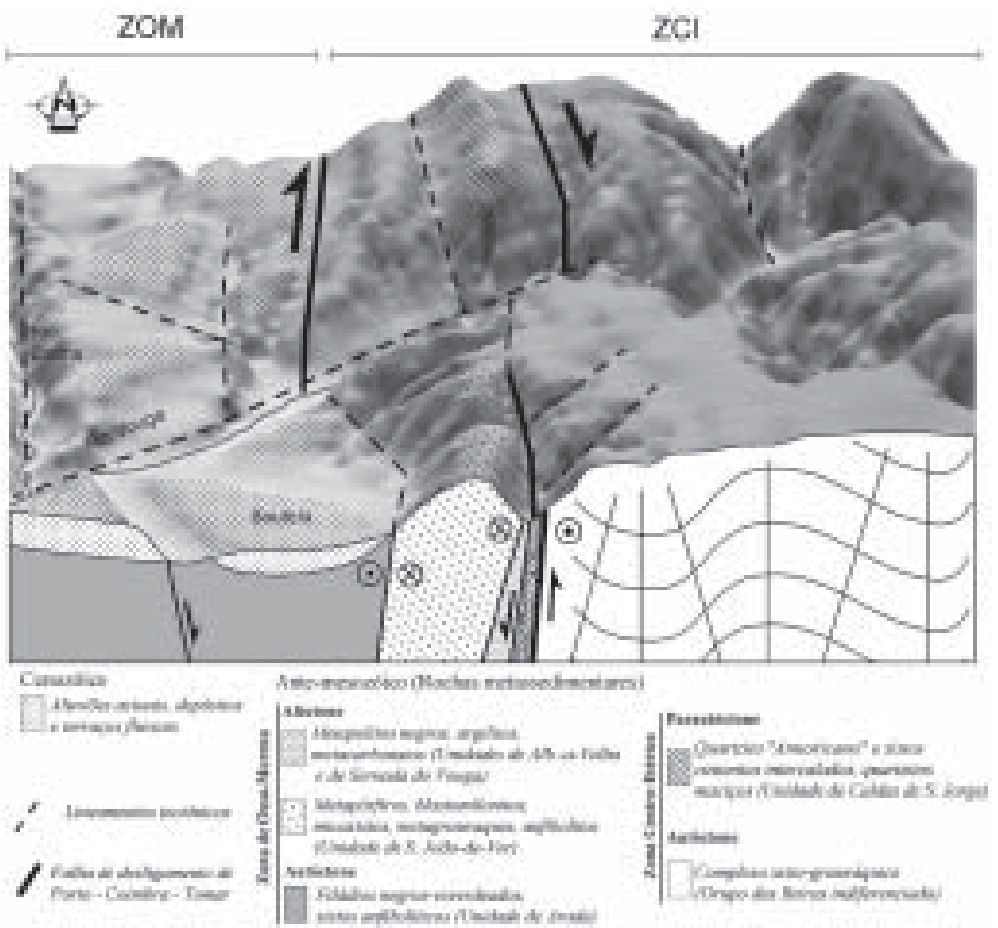


Figura 5. Bloco diagrama morfotectónico esquemático da área do Carvoeiro-Soutelo, faixa de cisalhamento de Porto-Albergaria-a-Velha (s.str.).

Coimbra-Tomar (figura 1). Convém, contudo ressaltar que a primeira proposta para a criação de uma nova unidade tectonoestratigráfica — “Unidade de Carvoeiro-Caldas de S. Jorge” — foi apresentada em RIBEIRO *et al.* (1995), em consonância com os primeiros resultados apresentados por CHAMINÉ *et al.* (1995) para enquadrar um sector mais vasto relacionado com a faixa metamórfica de Porto-Espinho-Albergaria-a-Velha. Esta revisão não só foi necessária,

como assumiu um carácter fundamental para atingir os objectivos propostos no trabalho de síntese de CHAMINÉ (2000a). Isto porque os estudos de terreno vieram mostrar que, nesta área, a maioria dos afloramentos até à altura considerados como pertencentes ao denominado “Complexo Xisto-Grauváquico” — de idade seguramente ante-ordovícica (CARRINGTON da COSTA, 1950; TEIXEIRA, 1955; SCHERMERHORN, 1955) — são, de facto, xistos

ardosíferos ou filitos acinzentados, por vezes muito deformados, atribuídos ao Ordovícico médio e quartzitos maciços do tipo Armoricano do Ordovícico inferior. Esta reinterpretação assentou, por um lado e fundamentalmente, na utilização de critérios litológicos, estratigráficos, tectónicos e cartográficos e na correlação estratigráfica com as unidades do Paleozóico (especialmente com os domínios do anticlinal de Valongo e do sinclinal do Buçaco), e por outro, e no estudo do registo macro- e micro-paleontológico, dos elementos cronoestratigráficos e do enquadramento tectónico regional, por outro.

As primeiras descrições (CHAMINÉ, 2000a) desta unidade não incluíram a sua subdivisão formal dado que os estudos tectonoestratigráficos e paleontológicos de detalhe estavam ainda numa fase inicial. Contudo, do ponto de vista informal (NACSN, 1983; ISSC, 1994) distinguiu-se, na base a Unidade do Quartzito Armoricano de Caldas de S. Jorge e, no topo, a Unidade de Carvoeiro. Estas unidades pertencem ao Paleozóico inferior, e contactam, tectonicamente, a Oeste com as unidades tectonoestratigráficas do Proterozóico superior da ZOM (CHAMINÉ, 2000a). No seu limite oriental, contactam com uma possante sequência ‘flyschóide’ do autóctone com estrutura turbidítica referenciada como Complexo Xisto-Grauváquico do Grupo das Beiras (CXG_B) indiferenciado, da ZCI (PEREIRA *et al.*, 1980; AGUADO & MARTÍNEZ-CATALÁN, 1994). Este limite geotectónico é referido, unicamente, para um entendimento do quadro tectonoestratigráfico regional e foi caracterizado, fundamentalmente, através de reconhecimentos

de campo e da análise crítica sobre estudos geológicos regionais. Assim, foram considerados dois domínios estruturais distintos para o sector, i.e., o domínio estrutural de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro e o domínio estrutural do autóctone do CXG_B. Segundo esta sistematização o domínio estrutural de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro (corresponde genericamente à designada “faixa blastomilonítica de Oliveira de Azeméis”; *cf.* RIBEIRO *et al.*, 1979, 1980) é constituído por (CHAMINÉ, 2000a): i) unidades metassedimentares imbricadas, fora de sequência estratigráfica (“out-of-sequence units”, *cf.* MORLEY, 1988), do Paleozóico inferior da ZCI; ii) rochas gnáissico-migmatíticas da ZOM (Unidade para autóctone de Pindelo); iii) granitóides blastomiloníticos muito deformados (precoces e/ou ante-variscos). As rochas aflorantes neste domínio encontram-se intensamente deformadas e foliadas, caracterizadas por uma deformação heterogénea, dúctil, por cisalhamento simples. Assim, geraram-se corredores de deformação intensa onde se podem observar a maioria dos tipos de milonitos e estruturas típicas de faixas de cisalhamento (*e.g.*, estruturas C-S, C'-S).

A deformação dúctil varisca induz também a presença de altos gradientes metamórficos que afectam as isogradas do metamorfismo regional. A deformação concentra-se numa estrutura desenraizada na sua parte basal (Megaestrutura alóctone de Carvoeiro–Caldas de S. Jorge) que provoca a sobreposição ao autóctone da ZCI, mas diminui em direcção a níveis estruturais superiores, ou seja, das litologias xistentas do Ordovícico médio da Unidade de Carvoeiro (RIBEIRO *et al.*, 1995). Nos

quartzitos maciços (Unidade de Caldas de S. Jorge), geram-se localmente petrofabricas miloníticas em corredores discretos, com distribuição heterogénea (AGUADO, 1992). O sentido de cisalhamento relativo é sistematicamente para Sul (RIBEIRO *et al.*, 1995; CHAMINÉ, 2000a) e foi inferido, com base em critérios tectónicos (*e.g.*, estruturas C-S, C'-S, dobras assimétricas cisalhantes, e estruturas sigmoides a todas as escalas).

As descrições de SHARPE (1849), C. RIBEIRO (1860), DELGADO (1905, 1908), SOUZA-BRANDÃO (1914), FREIRE de ANDRADE (1938/40), SOARES de CARVALHO (1944, 1945, 1946a,b, 1947, 1949), BRUM-FERREIRA (1978), TEIXEIRA (1955, 1981), SEVERO GONÇALVES (1974, 1984), PEREIRA *et al.* (1980), LEFORT & RIBEIRO (1980), RIBEIRO *et al.* (1980, 1995) e FIGUEIREDO (1996), fornecem preciosas indicações sobre as características litológicas, geológico-estruturais, estratigráficas e geomorfológicas dos diversos afloramentos aqui referidos. Por fim, convém ressaltar que, desde a síntese apresentada por CHAMINÉ (2000a), os trabalhos de campo e de laboratório prosseguiram com o intuito de precisar o limite cartográfico, estratigráfico e morfotectónico da faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar (*s.str.*) no sector entre Albergaria-a-Velha e Coimbra (*cf.* CHAMINÉ *et al.*, 2000a,b, 2003a,b, *in press*). Assim, os resultados do estudo ora apresentado reportam-se ao sector compreendido entre os arredores de Carvoeiro-Soutelo (SE de Albergaria-a-Velha) até às proximidades da cidade de Águeda, tomando, então, a designação de domínio estrutural de Soutelo-Arrancada do Vouga (Águeda).

3.2. As unidades tectonoestratigráficas

I. Parautóctone (Paleozóico inferior: DELGADO, 1908; CHAMINÉ, 2000a; CHAMINÉ *et al.*, 2000a)

- Domínio Estrutural de Caldas de S. Jorge-Carvoeiro

Das unidades estratigráficas definidas para o parautóctone do Paleozóico inferior da ZCI, destacamos, aqui, unicamente as Unidades de Carvoeiro e de Caldas de S. Jorge, por serem estas que contactam com as unidades da ZOM — Unidades de Lourosa, de Arada, de S. João-de-Ver e de Albergaria-a-Velha (CHAMINÉ, 2000a; CHAMINÉ *et al.*, 2003c). A Leste de Lourosa e de Albergaria-a-Velha desenvolve-se uma estreita faixa de rochas quartzíticas do tipo 'Quartzito Armoricano' e de xistos ardosíferos e filitos cinzentos, com aproximadamente 35km de extensão, com orientação geral N-S, e que se prolonga desde a localidade de Caldas de S. Jorge (SE de Lourosa) até Carvoeiro (Albergaria-a-Velha), respectivamente (figuras 1 e 2). Esta faixa corresponde a uma série de afloramentos designados por TEIXEIRA (1981) como "Ordovícico de entre Carvoeiro (Vouga) a Caldas de S. Jorge". De assinalar que TEIXEIRA (1955), já se tinha já referido a estes afloramentos e designado esta mesma faixa como "O afloramento Silúrico de Albergaria-a-Velha às Caldas de S. Jorge". DELGADO (1908) também se tinha referido, localmente, ao sinforma do Carvoeiro, e, baseando-se em critérios litológicos e paleontológicos, considerou este pequeno retalho "Silúrico" como continuação do afloramento do Paleozóico inferior do Buçaco (*e.g.*, C. RIBEIRO *et al.*, 1853; CARRINGTON da

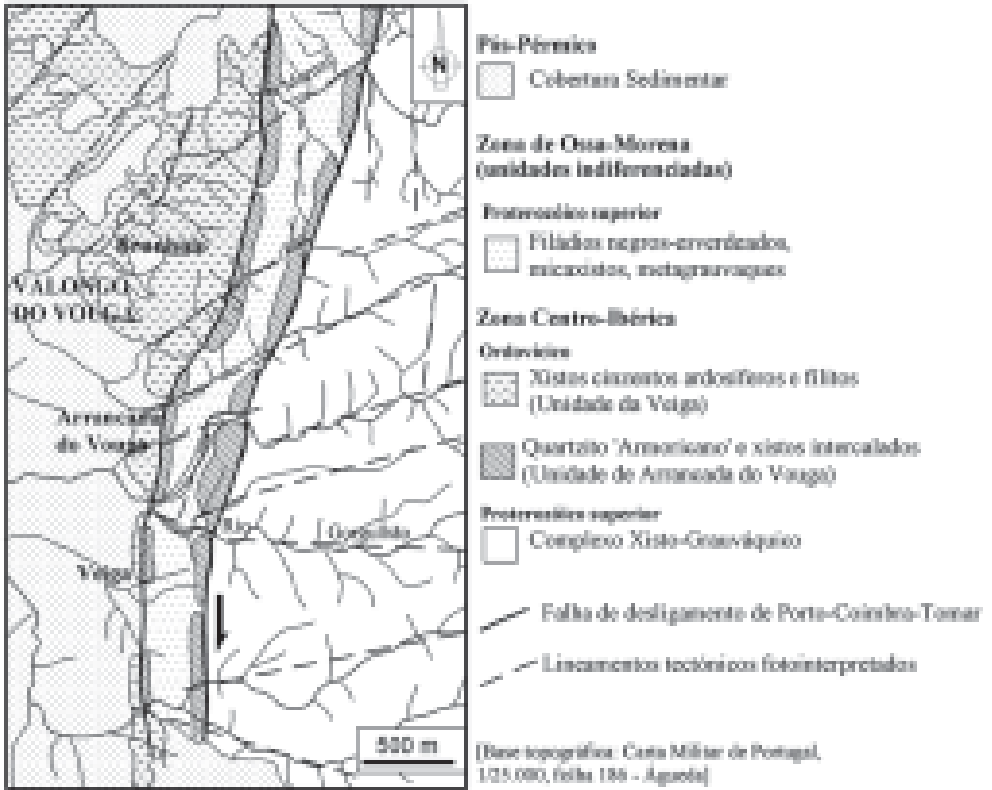


Figura 6. Esboço geológico regional da área entre Brunhido e Arrancada do Vouga (faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar).

COSTA 1950; HENRY & THADEU, 1971; TEIXEIRA, 1981; YOUNG, 1988).

Unidade de Caldas de S. Jorge

Estes quartzitos apresentam, geralmente, uma tonalidade clara, com raras intercalações xistentas, e ocorrem, habitualmente, próximo do contacto com os xistos ardosíferos e com os filitos. Ocasionalmente, esta distribuição sugere a existência de uma transição gradual. O alinhamento oriental apresenta, do lado Oeste, os xistos ardosíferos acinzentados e, do lado Leste, a sequência metassedimentar do CXG. É de referir a

extrema deformação patenteada por estes quartzitos. Em C. RIBEIRO (1860) e em TEIXEIRA (1955, 1981) pode ser encontrada uma descrição minuciosa dos diversos retalhos de afloramentos ordovícicos. Estes autores, genericamente, consideram a existência de dois alinhamentos quartzíticos, entre Caldas de S. Jorge e Carvoeiro (Albergaria-a-Velha), que correspondem claramente ao traço cartográfico do dobramento regional. RIBEIRO *et al.* (1995) e CHAMINÉ (2000a), consideram, então, uma sinforma deitada e ligeiramente mergulhante para Oeste. De referir que DELGADO (1908) já se tinha referido ao

afloramento Paleozóico inferior a Leste de Albergaria-a-Velha (Mouquim–Carvoeiro) como um sinclinal com direcção N-S.

Assim, o alinhamento quartzítico ocidental prolonga-se desde Caldas de S. Jorge até Gavião (Albergaria-a-Velha), passando por Pereiro, Nadais, Nogueira do Cravo (S. João da Madeira), Bustelo do Caima, Nespereira e Telhadela, enquanto o alinhamento oriental se estende desde Caldas de S. Jorge (Serra de Estose, próximo do Penedo do Ferro) até Carvoeiro (Albergaria-a-Velha), passando por Romariz, Cesar, Milheirós de Poiães (v.g. Pedra Má), Nogueira do Cravo (v.g. Pindelo), Carvalhal (Ossela), Vilarinho de S. Luís, Ribeira das Fráguas e Mouquim. O alinhamento ocidental destes quartzitos contacta, tectonicamente, a Oeste com as unidades da ZOM, e a Leste, os quartzitos dão lugar de forma gradual a xistos ardosíferos acinzentados escuros, surgindo, por vezes, intercalações quartzíticas e xistentas no contacto entre as duas litologias (figura 2).

Unidade de Carvoeiro

O quartzito ‘Armoricano’ (unidade de Caldas de S. Jorge) contacta, em aparente continuidade estratigráfica, com metapelitos de baixo grau metamórfico. Os xistos ardosíferos apresentam, geralmente, cor acinzentada escura a negra, mas por vezes, podem apresentar tonalidade mais clara que é devida à ocorrência de finas intercalações siltíticas. Estas rochas estão muito deformadas (cataclase intensa), especialmente nas proximidades dos acidentes cavalgantes, chegando por isso a apresentar-se como filonitos de cor escura, i.e., correspondem a corredores de deformação da faixa de cisalhamento de Porto–Albergaria-a-Velha–

Coimbra. No seio dos xistos ardosíferos existem ainda rochas com alto grau metamórfico, correspondentes à unidade de Pindelo, da ZOM (CHAMINÉ, 2000a; CHAMINÉ *et al.*, 2003c), a qual se lhes sobrepõe tectonicamente. Os xistos da unidade de Carvoeiro compreendem uma extensão considerável de afloramentos que ocorrem entre os dois alinhamentos quartzíticos, tendo sido incluídos — SEVERO GONÇALVES (1974), PEREIRA *et al.* (1980) e TEIXEIRA (1981) — nos “Xistos das Beiras” ou “Complexo Xisto-Grauváquico”. Os limites geológicos dos xistos ardosíferos fazem-se, quer a leste quer a oeste, com o quartzito ‘Armoricano’. Estes, a norte, biselam ligeiramente e próximo da localidade de Caldas de S. Jorge contactam, de modo mecânico, com os metamorfitos de alto grau da unidade de Lourosa (ZOM). A Sul, cessam abruptamente de encontro ao Rio Vouga, aflorando, numa estreita faixa, próximo às localidades de Mouquim e de Carvoeiro (Albergaria-a-Velha). Nos níveis xistentos acinzentados que afloram próximo às povoações a norte de Carvoeiro (Albergaria-a-Velha) foram assinalados por DELGADO (1908) restos fósseis, muito deformados, de “*Orthis noctilio* Sh.”; os quais também foram localizados, segundo TEIXEIRA (1955), a 1650 m para S80° E do antigo v.g. de Almalho a Leste de Albergaria-a-Velha. No decurso do presente trabalho foi reconfirmada a presença de “*xistos com Orthis noctilio* Sh.” na região de Mouquim/Gavião/Carvoeiro (em particular nas pedreiras de Mouquim).

- Domínio Estrutural de Soutelo–Arrancada do Vouga (Águeda)

Estudos recentes da região entre Albergaria-a-Velha e Águeda (CHAMINÉ,

2000a,b; GOMES, *in prep.*; TEIXEIRA, *in prep.*) levaram (figura 6): i) à constituição de uma primeira sistematização tectonoestratigráfica do substrato metassedimentar; ii) ao traçado do limite geotectónico local, entre a ZOM e a ZCI, da faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar (*s.str.*); iii) e, ao estabelecimento do arranjo morfotectónico regional da região. Os levantamentos de campo e os trabalhos laboratoriais desenvolvidos no domínio estrutural de Soutelo–Arrancada do Vouga (Águeda) proporcionaram, assim, informação inédita e vital para o melhor entendimento do complexo limite geotectónico (figura 6) da faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar (*s.str.*). A estes resultados, foram associados criticamente os elementos geológicos que se encontravam dispersos nos trabalhos de SHARPE (1849), DELGADO (1905, 1908), SOUZA-BRANDÃO (1914, 1915/16), SOARES de CARVALHO (1944, 1945, 1946a,b, 1947, 1949), CARRINGTON da COSTA (1950), SEVERO GONÇALVES (1974), COURBOULEIX (1974) e COURBOULEIX & ROSSET (1974). Na presente síntese, é apresentada uma proposta para uma sistematização estratigráfica regional — Unidade de Arrancada do Vouga e Unidade de Veiga — para este domínio estrutural. A figura 7 permite visualizar diversos aspectos das litologias e da deformação patente nas unidades que a seguir se descrevem.

Unidade de Arrancada do Vouga

Corresponde a uma estreita banda de rochas metassedimentares, intensamente deformadas, do Paleozóico inferior — estrutura em sinforma de Soutelo–Arrancada do Vouga — que materializa, localmente, o

contacto entre a ZOM e a ZCI, i.e., a faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar (*s.str.*). Foram reconhecidos uma série de afloramentos descontínuos, muito estirados e mecanizados, constituindo dois alinhamentos quartzíticos que correspondem ao traço cartográfico do dobramento regional muito apertado. Assim, os alinhamentos quartzíticos prolongam-se desde os arredores de Soutelo até Águeda (Gravanço), passando por Vale da Louriceira, Beco, Brunhido, Arrancada do Vouga e Veiga. O alinhamento ocidental destes quartzitos contacta, tectonicamente, a oeste com as unidades metapelíticas (Unidades de Arada, de S. João-de-Ver e de Albergaria-a-Velha) da ZOM (*cf.* CHAMINÉ, 2000a), e, a Leste, os quartzitos contactam, por acidente tectónico, com o CXG_B — ramos oeste e leste do megacisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar, respectivamente. O núcleo da estrutura é constituído, em regra, por material muito deformado de filitos e filonitos de tonalidade cinzenta. Os afloramentos fundamentais, analisados neste trabalho, são os cartografados na região de Soutelo (a Sul da margem esquerda do Rio Vouga), de Arrancada do Vouga (especialmente entre as ribeiras do Vale das Cubas e do Gorgulhão, onde foram reconhecidas e cartografadas imponentes cristas quartzíticas; figuras 5, 6 e 7) bem como a Sul da localidade de Veiga.

O quartzito ‘Armoricano’, intensamente deformado, apresenta uma tonalidade clara, com raras intercalações filitosas. Na maioria dos locais observou-se, no contacto mecânico entre esta litologia e os metassedimentos da ZOM, uma zona intensamente esmagada, argilizada, com caixa de falha de dimensão métrica. A geração desta estreita faixa de deformação corresponderá às diferenças

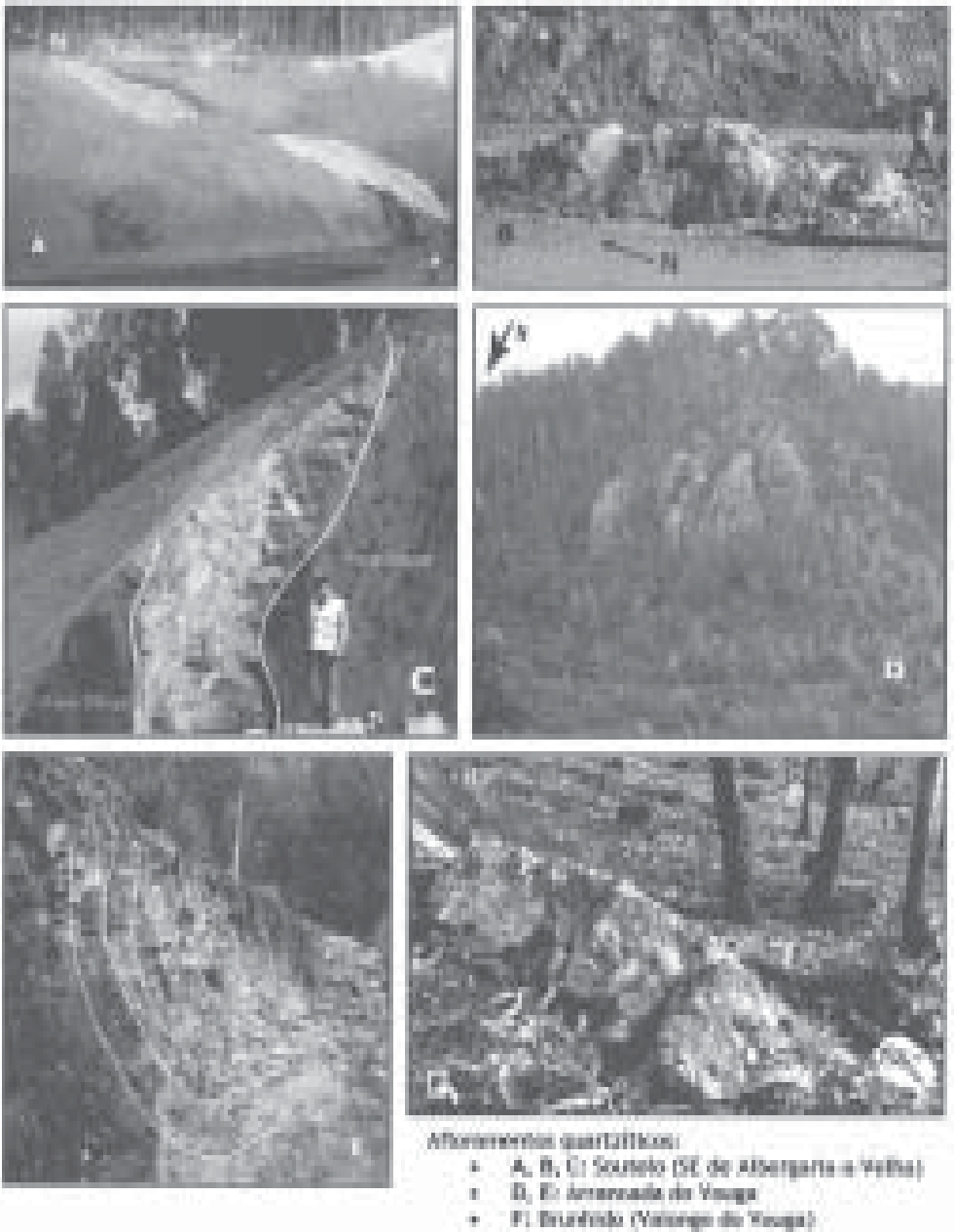


Figura 7. Aspectos de campo das litologias e da deformação patente nas unidades quartzíticas, da área entre Soutelo (Sul do Rio Vouga) e Arrancada do Vouga (Norte de Águeda). Afloramentos quartzíticos: A, B, C (Soutelo, SE de Albergaria-a-Velha); D, E (Arrancada do Vouga); F (Brunhido, Valongo do Vouga).

reológicas dos distintos materiais geológicos. Foi também observado nas rochas quartzíticas uma deformação intensa (dobramentos, lineação de estiramento muito intenso). Em lâmina delgada, nas litologias quartzíticas evidenciam uma subgranulação do quartzo com forte recristalização induzida pela intensidade da deformação.

No afloramento de Arrancada do Vouga identificou-se, à escala do afloramento e, posteriormente em lâmina delgada, a existência de estreitas bandas de pseudotaquilitos, sob a forma de veios de espessura submilimétrica a centimétrica, que recortam o maciço quartzítico. Do ponto de vista microestrutural, os pseudotaquilitos consistem numa matriz negra de granularidade muito fina e com numerosas inclusões. A sua matriz corresponde a uma massa vítrea muito escura com inclusões de quartzo, em que o tamanho do grão tende a ser constante. O contacto entre a matriz do pseudotaquilito e a rocha encaixante é abrupto e bem definido, apresentando por vezes uma forma irregular, frequentemente com reentrâncias e pequenos veios de injeção ramificados na rocha encaixante. Convém sublinhar que o estudo destas rochas é de extrema importância, visto serem um dos raros indicadores que permitem contextualizar a actividade paleossísmica regional (“paleoseismic activity” *sensu* SIBSON, 1975) em épocas ante-Mesozóica, em particular, nos episódios tardi- a pós-Variscos do Maciço Ibérico. Do ponto de vista regional, estes tectonitos estão de acordo com outras raras ocorrências já referenciadas ao longo da faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar por CHAMINÉ (2000a) e CHAMINÉ *et al.* (2003a), bem como na estrutura Alvito-Viana do Alentejo (FONSECA, 1995).

Unidade de Veiga

O núcleo da estrutura em sinforma, atrás descrita, é composto por uma estreita banda com cerca de 300m de xistos, filitos e filonitos de cor acinzentada escura. Estas rochas estão extremamente deformadas, materializando um corredor de cisalhamento. As rochas metassedimentares supracitadas são de difícil destriça cartográfica, quer devido ao grau de deformação quer ao elevado grau de alteração superficial. Não foi encontrado, até ao momento, qualquer registo paleontológico passível de identificação segura. Contudo, atendendo ao enquadramento tectonoestratigráfico e litológico regional destes materiais, deverão ser correlacionáveis com as rochas metassedimentares da Unidade do Carvoeiro.

II. Autóctone (Proterozóico superior / Câmbrio inferior [?]: San JOSÉ *et al.*, 1974; PALÁCIOS, 1983; VIDAL *et al.*, 1994a,b)

• Domínio estrutural do “Complexo Xisto-Grauváquico”

O contacto oriental das unidades do Paleozóico, marcado pelas cristas do quartzito Armoricano e/ou dos filitos negros, faz-se através de uma espessa série metassedimentar do denominado “Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordoviciano” (CARRINGTON da COSTA, 1950) — designado, posteriormente, por “Xistos das Beiras” (SCHERMERHORN, 1955) e, de novo, por “Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordoviciano” (TEIXEIRA, 1955). Anteriormente, teve outras designações, tais como “Xistos das Beiras e do Vale do Douro” (DELGADO, 1905) ou “Xistos argilosos das Beiras” (FLEURY, 1919/1922). Esta

série metassedimentar, presente em território português, cobre grande parte das Beiras, algumas zonas limitadas do Minho, e a parte leste de Trás-os-Montes e do Alto Alentejo. BERNARDO de SOUSA (1982, 1983, 1985) considera o CXG como um Super-Grupo, subdividido em duas unidades litoestratigráficas, o Grupo do Douro e o Grupo das Beiras.

O Complexo Xisto-Grauváquico foi interpretado como resultado de uma sedimentação numa estrutura de tipo aulacógeno, limitada por falhas activas, que sofreu uma inversão tectónica por transpressão direita, com dobramento e sem produção de foliação, e apresentando vulcanismo bimodal (ROMÃO & RIBEIRO, 1992). Contudo, para QUESADA (1992, 1996) a sedimentação do CXG ter-se-ia efectuado numa bacia do ante-país (“foreland basin”) desenvolvida no final da orogenia cadomiana, sendo referido como testemunho sedimentar de tal episódio o facto de as unidades mais basais do CXG (Precâmbrico superior?), as quais se encontram apenas representadas em Espanha, estarem subjacentes a uma descontinuidade interna do CXG. No entanto, RIBEIRO *et al.* (1990) interpretam a parte precâmbrica do CXG como uma sequência turbidítica sinorogénica desenvolvida sob a forma de uma bacia do ante-país no fim da orogenia cadomiana, enquanto que a parte câmbrica inferior, separada da anterior por descontinuidade sedimentar de primeira ordem, seria já o reflexo das primeiras etapas extensivas relacionadas com o orógeno cadomiano. SILVA (1996) refere-se às duas hipóteses anteriores, sobre a geração e preenchimento desta bacia, como sendo complementares, ou seja, admitindo a actuação precoce de um sentido de um cisalhamento tangencial ao orógeno,

em regime transpressivo, que gera uma bacia cuja abertura é concomitante com a colmatação.

O CXG_B a oriente das unidades do Paleozóico inferior

Os relevos de quartzito ‘Armoricano’ que marcam geomorfologicamente o flanco leste das estruturas regionais de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro–Arrancada do Vouga contactam tectonicamente com a série metassedimentar do CXG_B da ZCI (Grupo das Beiras indiferenciado). Na proximidade do contacto, o CXG_B é composto essencialmente por intercalações centimétricas de filitos e de metagrauvaques típicas de uma série ‘flichóide’. Os afloramentos do CXG_B, a oriente da faixa metassedimentar do Paleozóico inferior podem ser, genericamente, descritos como sequências metassedimentares relacionadas com sedimentação turbidítica proximal, com baixo grau metamórfico, formadas por alternâncias de xistos e de metagrauvaques. Localmente, foram referenciadas bancadas conglomeráticas e quartzíticas. Os metagrauvaques são de grão fino a médio e têm matriz quartzo-micácea abundante, a qual é constituída por clastos quartzo-feldspáticos e por raros elementos líticos (SCHERMERHORN, 1956, MEDEIROS *et al.* 1964; SEVERO GONÇALVES, 1974, PEREIRA *et al.*, 1980; AGUADO, 1992). AGUADO & MARTÍNEZ-CATALÁN (1994) propõem para o CXG desta região uma divisão em duas unidades, superior e inferior, estando a base da primeira correlacionada com a Formação de Bateiras do Grupo do Douro (BERNARDO de SOUSA, 1982).

Na região do baixo Rio Douro, a SE do Porto, a sequência turbidítica tem caracte-

rísticas algo distintas, uma vez que apresenta numerosas intercalações de metaconglomerados, contendo, entre outros, calhaus de liditos negros semelhantes aos que ocorrem na ZOM (FERREIRA da SILVA *et al.*, 1995). Estes afloramentos do CXG situados a ocidente do Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão (SCDB), dado o seu elevado grau metamórfico, são de difícil correlação com o Grupo do Douro definido por BERNARDO de SOUSA (1982). Para além disso, há ainda a considerar que os níveis conglomeráticos e quartzíticos, que são comumente utilizados como guias cartográficos para identificação do CXG, foram reconhecidos e cartografados apenas até próximo do granitóide do Monte da Virgem, em Vila Nova de Gaia, inflectindo, nas proximidades desta mancha granítica, segundo um lineamento estrutural com direcção NNE-SSW, e, terminando lenticularmente próximo a Valongo, surgindo em afloramentos dispersos ao longo do SCDB (*vide* MEDEIROS *et al.*, 1964; OLIVEIRA *et al.*, 1992b; PINTO de JESUS, 2003).

3.3. Um ensaio de correlação estratigráfica

A redefinição da estratigrafia dos domínios estruturais de Caldas de S. Jorge-Carvoeiro e de Soutelo-Arrancada do Vouga (Águeda) permitiu estabelecer um quadro de correlação local entre estes domínios e os sectores de Valongo e do Buçaco (ZCI). Com base nos estudos desenvolvidos, para cada domínio estrutural, podem considerar-se as seguintes unidades geológicas: i) Unidades de Caldas de S. Jorge e de Arrancada do Vouga (quartzito 'Armoricano' maciço e filitos intercalados); ii) Unidades de Carvoeiro e da Veiga (xistos

ardosíferos cinzentos e/ou filitos-filonitos negros).

Em termos de correlação estratigráfica com as unidades do sector de Valongo (ROMANO & DIGGENS, 1973/1974; ROMANO, 1982; COUTO *et al.*, 1997) e do Buçaco (e.g., HENRY & THADEU, 1971; YOUNG, 1988; OLIVEIRA *et al.*, 1992a), considerou-se que a parte basal da sequência estratigráfica — Unidades de Caldas de S. Jorge e de Arrancada do Vouga — corresponde à Formação de Santa Justa (Valongo) e à Formação do Quartzito Armoricano (Buçaco), enquanto que a parte superior — Unidades do Carvoeiro e da Veiga — se equipara à Formação de Valongo e à Formação da Fonte da Horta (Grupo de Cávemes; Buçaco). A figura 8 mostra a coluna estratigráfica reconstituída para os domínios estruturais supracitados, bem como a sua correspondência com as colunas esquemáticas definidas para os sectores do anticlinal de Valongo e do sinclinal do Buçaco.

Como se referiu anteriormente foram encontrados fósseis nos xistos ardosíferos da Unidade de Carvoeiro, o que apoia as correlações litológicas e estratigráficas entre a região de Caldas de S. Jorge-Carvoeiro e as regiões de Valongo e do Buçaco (figura 9). Nomeadamente, assinalaram-se na área de Mouquim-Carvoeiro restos de braquiópodes ("*Orthis noctilio* Sh.") que corroboram a primeira descrição paleontológica, feita por DELGADO (1908), na localidade do Carvoeiro (Leste de Albergaria-a-Velha). Nos mesmos níveis dos "*xistos com Orthis noctilio* Sh." foram reconhecidos e identificados, na região de Mouquim, macrófósseis, muito deformados, constituídos por um céfalo de uma trilobite (CALYMENIDAE?) e um molde interno de equinoderme (CYSTOIDEA?), bem como microfósseis, acritarcas e quitinozoários

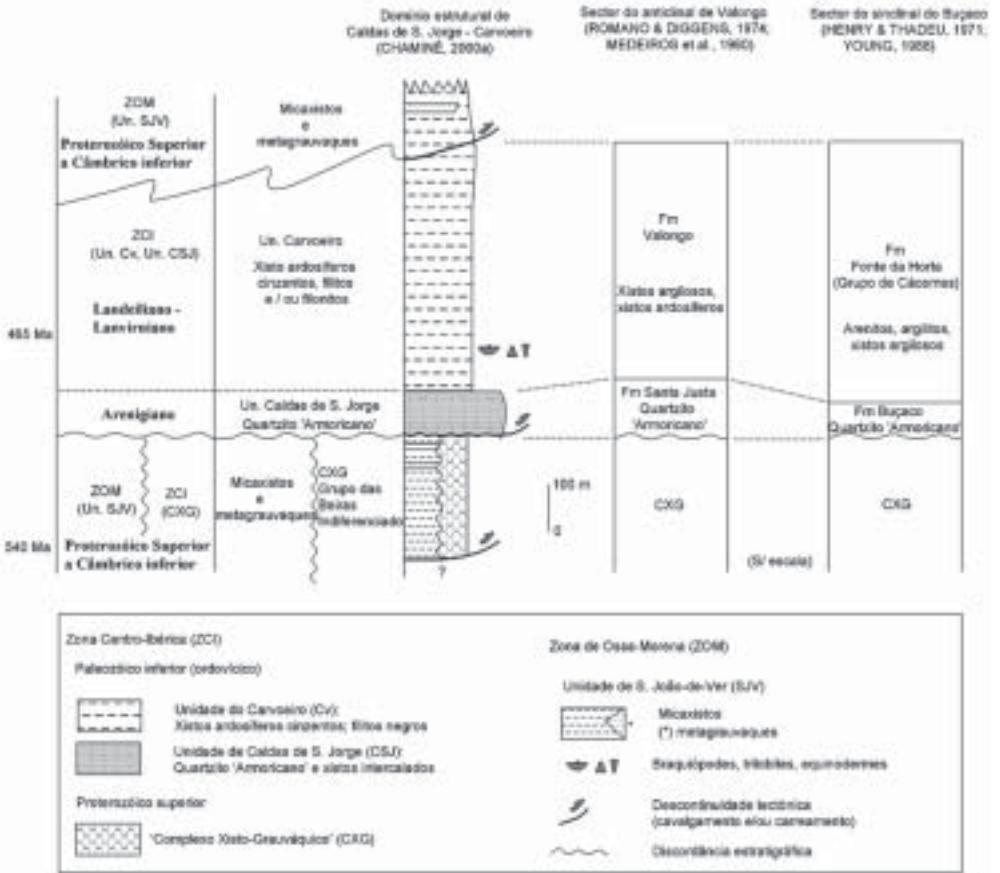


Figura 8. Coluna estratigráfica reconstituída das Unidades do Carvoeiro e de Caldas de S. Jorge e sua correspondência com as definidas para os sectores de Valongo e do Buçaco (adaptado de CHAMINÉ, 2000a).

(CHAMINÉ, 2000a; CHAMINÉ *et al.*, 2000a). O cistóide encontrado consiste, basicamente, numa teca cónica, com cerca de 60mm de comprimento e 20mm de largura máxima, com uma ligeira curvatura em forma de arco. Nos moldes externos, foram observadas ornamentações materializadas por pequenas protuberâncias e estrias longitudinais. Fósseis similares aos descritos anteriormente foram reconhecidos na região do Buçaco (C. RIBEIRO *et al.*, 1853; DELGADO, 1908) e na região de Valongo

(DELGADO, 1908; COUTO & GUTIÉRREZ-MARCO, 1999). Num estudo recente sobre a ocorrência de cistóides em Valongo (COUTO & GUTIÉRREZ-MARCO, 1999), refere-se que a escassez destes, em comparação com a relativa abundância de outros grupos de fósseis, parece estar relacionada com uma preferência destes equinodermes por ambientes marinhos pouco profundos e com correntes fortes.

Foi ainda efectuada um estudo pluridisciplinar exploratório dos materiais

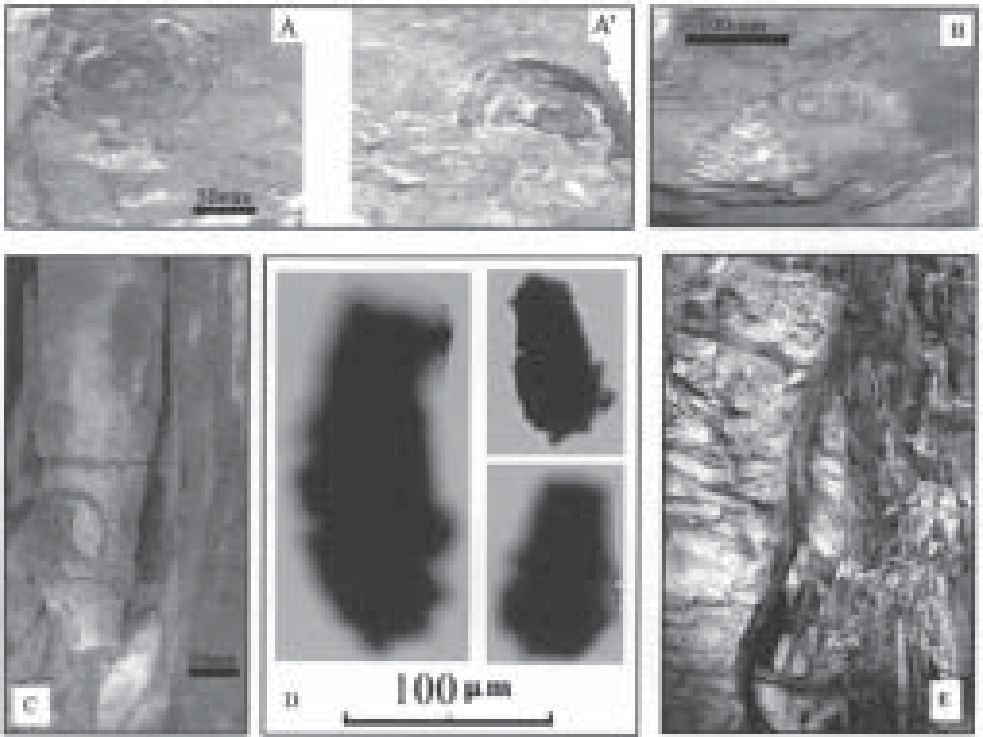


Figura 9. Registo paleontológico dos xistos ardósíferos da Unidade de Carvoeiro, da área de Mouquim-Gavião-Carvoeiro (Este de Albergaria-a-Velha), atribuído ao Ordovícico médio (adaptado de CHAMINÉ, 2000a). A: molde e contra-molde (A'), muito deformado, de braquiópode (possivelmente a espécie referida por DELGADO (1908) de "*Orthis noctilio* Sh.") e de céfalo de trilobite (CALYMENIDAE?); B: molde, muito deformado, de braquiópode "*Orthis noctilio* Sh."; C: molde de equinoderme (CYSTOIDEA?); D: microfósseis (quitinozoários); E: aspecto de campo, na região de Mouquim-Carvoeiro, do quartzito "Armoricano", com intercalações de xistos acinzentados.

metapelíticos, cruzando os dados da micropaleontologia, da petrografia orgânica e da mineralogia de argilas. As condições analíticas para cada uma das especialidades foram as descritas em FERNANDES *et al.* (2001), MOÇO *et al.* (2001) e ROCHA (1993). O estudo micropaleontológico aponta para que os microfósseis encontrados são pouco abundantes e estão mal conservados. O mau estado de preservação dos acritarcas e dos quitinozoários reconhecidos nos xistos da Unidade de Carvoeiro não permitiram a sua classificação inequívoca.

Convém destacar que se encontram referenciados quitinozoários, de idade ordovícica, no sinclinal do Buçaco (PARIS, 1978). Consequentemente, a presença de quitinozoários nos xistos da região de Mouquim-Carvoeiro corrobora a idade ordovícica apontada anteriormente. Foram ainda estudadas algumas amostras do ponto de vista do metamorfismo orgânico e da mineralogia de argilas. Os resultados da petrografia orgânica revelam que o conteúdo orgânico dos metapelitos ardósíferos é bastante pobre. As partículas orgânicas estão

alteradas termicamente, pelo que a sua classificação petrológica é muito difícil. Os organoclastos podem ser classificados como “vitrinite-like”. O grau de incarbonização é sempre muito elevado, situando-se as partículas do tipo semi-grafite no nível da epizona superior (epimetamorfismo). Efectuaram-se, ainda, análises mineralógicas qualitativas e semiquantitativas, por difracção de raios-X, das fracções finas e argilosas. O material estudado encontra-se caracterizado, globalmente, pela associação dos minerais argilosos ilite+caulinite+clorite. Os resultados preliminares obtidos para a cristalinidade das ilites, medida através do índice de KÜBLER (1964), conforme KISCH (1991), são consistentes com a petrologia orgânica, permitindo estimar uma temperatura *ca.* 180°-200°C. Do ponto de vista de integração regional, estes resultados são perfeitamente compatíveis com os resultados preliminares para a região do Buçaco avançados por GONÇALVES *et al.* (2003).

A presença dos macrofósseis na região de Mouquim–Carvoeiro permite estabelecer uma equivalência estratigráfica com as unidades bioestratigráficas do Ordovício médio mediterrânico (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 1995, 1999). A sua existência nos sectores de Valongo e do Buçaco (*e.g.*, C. RIBEIRO *et al.*, 1853; DELGADO 1908; CARRINGTON da COSTA, 1950; COUTO *et al.*, 1997; COUTO & GUTIÉRREZ-MARCO, 1999) permite atribuir-lhes uma idade ordovícica média (Landeiliano-Lanvirniano inferior ou equivalente, na terminologia cronoestratigráfica do Ordovício do Reino Unido, FORTEY *et al.* (1995), ao Oretaniano-Dobrotiviano). Com base nos elementos paleontológicos e nas características cartográficas e litológicas, admite-se a correlação dos sectores de

Valongo e do Buçaco com os domínios estruturais de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro–Arrancada do Vouga (Águeda), o que sugere uma idade ordovícica média (Landeiliano-Lanvirniano) para as Unidades do Carvoeiro e da Veiga. Atendendo à posição tectonoestratigráfica que ocupam as unidades do Carvoeiro e da Veiga, e às respectivas características litológicas e estratigráficas, considera-se que estas unidades são da mesma idade, embora não se tenham encontrado fósseis localizados, nem a Norte nem a Sul, das localidades de Carvoeiro–Mouquim (*cf.* ROMANO, 1982). DELGADO (1908), ao referir-se ao sinclinal do Carvoeiro, e baseando-se em critérios litológicos e paleontológicos, tinha já considerado estes afloramentos como continuação do afloramento do Paleozóico inferior da região do Buçaco (*cf.* CARRINGTON da COSTA, 1950; HENRY & THADEU 1971; TEIXEIRA, 1981). De facto, para TEIXEIRA (1981) os xistos que acompanham as bancadas quartzíticas desde Carvoeiro até SE de Ribeira de Fráguas seriam, tal como os quartzitos, de idade ordovícica. Contudo, segundo o mesmo autor, para Norte apenas os afloramentos quartzíticos seriam desta idade, ainda que fosse também admitida a idade ordovícica (Landeiliano-Lanvirniano) para algumas ocorrências xistosas, dada a similitude de fácies. Em suma, a ocorrência de fósseis nos xistos de Carvoeiro e a correlação dos quartzitos desta unidade com a Formação de Valongo, bem caracterizada paleontologicamente (*e.g.*, DELGADO, 1908; ROMANO & DIGGINS, 1973/74; MEDEIROS *et al.*, 1980; ROMANO, 1982), permitem atribuir uma idade lanvirniana-landeiliana a esta litologia.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação sobre os domínios estruturais de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro e de Soutelo–Arrancada do Vouga permitiu estabelecer uma síntese baseada quer na reinterpretação de dados já existentes quer na apresentação de novos elementos de índole cartográfica, tectonoestratigráfica e bioestratigráfica que complementa o enquadramento geotectónico complexo da faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar (*cf.* CHAMINÉ *et al.*, 2003b,c, *in press*). Dada a ampla distribuição das estruturas quartzíticas na ZCI e a uniformidade das suas características litológicas, os afloramentos quartzíticos representam um importante nível cartográfico de referência nas sequências de idade ordovícica (*e.g.*, ROBARDET, 1980; McDOUGALL *et al.*, 1987; ROMANO, 1991; OLIVEIRA *et al.*, 1992b). Para as unidades de Caldas de S. Jorge e de Arrancada do Vouga é sugerida a idade ordovícica inferior (Arenigiano) por correlação com a Formação de Santa Justa (Valongo) e com a Formação do Quartzito Armoricano do Buçaco, embora ter sido encontrada nestes sectores uma associação de icnofósseis característicos do Arenigiano (*e.g.*, DELGADO, 1887, 1908; ROMANO & DIGGENS, 1973/74; McDOUGALL *et al.*, 1987; ROMANO, 1982, 1991). Embora as características litológico-estruturais destes quartzitos se assemelhem às unidades quartzíticas de Santa Justa e do Buçaco, não foram encontrados, até ao presente e neste sector, quaisquer elementos de natureza paleontológica, o que vem reforçar as observações sobre o tema de DELGADO (1908) e de ROMANO (1982). Os materiais metapelíticos, atribuídos ao Ordovício médio, dos domínios estruturais em causa

(Unidades do Carvoeiro e da Veiga) equiparam-se às Formações de Valongo e da Fonte da Horta (Grupo de Cávemes), da região do Buçaco.

O presente estudo multidisciplinar do mega-domínio estrutural de Caldas S. Jorge–Carvoeiro–Arrancada do Vouga (Águeda) prossegue na actualidade (*e.g.*, GOMES, *in prep.*; TEIXEIRA, *in prep.*) para uma melhor compreensão da cartografia, da tectonoestratigrafia e da morfotectónica do segmento da faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar (*s.str.*).

AGRADECIMENTOS

Esta publicação sintetiza o estudo tectonoestratigráfico desenvolvido na região de Espinho–Albergaria-a-Velha (ZOM-ZCI), e inclui parte das principais conclusões da dissertação, apresentada à Universidade do Porto, de HIC. Este beneficiou de bolsas de pós-graduação da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), no período de 1994/1997 (BD/2633/93-RN) na Universidade do Porto, e no período de 2001/2003 (SFRH/BPD/3641/2000) na Universidade de Aveiro. Uma palavra de gratidão aos Srs. Norberto Silva, Júlio Oliveira, F. Cardoso e José Oliveira Rocha (IGM), por todo apoio de campo, no ano de 1994, ao trabalho de HIC. Este trabalho recebeu apoio parcial dos projectos TECTIBER-FCT, PRAXIS/CTA/82/1994-FCT e, mais recentemente, o apoio dos projectos MODELIB (FCT-POCTI/35630/CTA/2000-FEDER) e TBA (FCT-POCTI/CTA/38659/2001-FEDER). PEF recebeu apoio de ‘Geodynamics (Geodyn)’ e ‘POCTI-ISFL-5-32’. São devidos agradecimentos à colega H. Couto (Porto) pelo apoio na classificação de alguns macrofósseis. As discussões e informações

várias, no contexto da geologia Peninsular, tidas com os Professores A. Marcos (Oviedo), A. Ribeiro (Lisboa), M. J. Lemos de Sousa (Porto), J. M. Munhá (Lisboa), R. Dias (Évora), E. Sousa Pereira (S. Mamede Infesta), B. Barbosa (S. Mamede Infesta), C. Coke (Vila Real), A. Araújo (Évora), J. Piçarra (Beja), A. Pérez-Alberti (Santiago de Compostela), C. Quesada (Madrid), C. Gomes (Aveiro), F. Sodré Borges (Porto), G. Soares de Carvalho (Braga) e M. Robardet (Rennes), foram importantes para o refinamento das ideias deste artigo.

Por fim, é com enorme gratidão e humildade que dedicamos este trabalho à memória de dois pioneiros da geologia regional — *General Eng. Joaquim Filippe Nery da Encarnação Delgado* (1835-1908) e *Professor Doutor Luís Severo Marques Gonçalves* (1937-1999) — que lançaram as bases da complexa geologia do cristalino da região entre Oliveira de Azeméis–Albergaria-a-Velha e o Buçaco.

Recibido: 20-5-2004

Aceptado: 23-7-2004

REFERÊNCIAS

- AFONSO, M. J. (in prep.) - *Hidrogeologia e hidrogeoquímica da área metropolitana do Porto (NW de Portugal): implicações ambientais*. Universidade de Aveiro. (Tese de doutoramento, em preparação).
- AGUADO, B. V. (1992) - *Geología estructural de la zona de cisalla de Porto-Tomar en la región de Oliveira de Azeméis-Serra da Arada*. Universidad de Salamanca. 254 pp. (Tese de doutoramento).
- AGUADO, B. V. & MARTÍNEZ-CATALÁN, J. R. (1994) - Contribución para el conocimiento del Complejo Esquisto-Grauváquico de la región de Arouca (N de Portugal). *Comun. Inst. Geol. Min., Lisboa*, 80: 27-34.
- ARAÚJO, M. A. (1991) - *Evolução geomorfológica da plataforma litoral da região do Porto*. Faculdade de Letras da 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, 28: 79-105.
- BERNARDO DESOUSA, M. (1982) - *Litostratigrafia e estrutura do "Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordovício": Grupo do Douro (Nordeste de Portugal)*. Universidade de Coimbra. 222 pp. (Tese de doutoramento).
- BERNARDO DESOUSA, M. (1983) - Considerações paleogeográficas e ensaio de correlação das formações do Grupo do Douro (CXG) com as formações ante-ordovícicas da Zona Centro-Ibérica. *Mem. Not.*, Coimbra, 95: 65-96.
- BERNARDO DE SOUSA, M. (1985) - Perspectiva sobre os conhecimentos actuais do Complexo Xisto-Grauváquico de Portugal. *Mem. Not.*, Coimbra, 100: 1-16.
- BRUMFERREIRA, A. (1978) - Planaltos e montanhas do Norte da Beira: estudo de geomorfologia. *Memórias Centro Estudos Geográficos*, Lisboa, 4: 1-374.
- BURBANK, D. & ANDERSON, R. (2001) - *Tectonic Geomorphology*. Blackwell Science, 274 pp.
- CHAMINÉ, H. I. (2000a) - *Estratigrafia e estrutura da faixa metamórfica de Espinho-Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa-Morena): implicações geodinâmicas*. Universidade do Porto. 497 pp. (Tese de doutoramento).
- CHAMINÉ, H. I. (2000b) - *Marcadores mineralógicos e geoquímicos caracterizadores de metapelitos e metabasitos do sector de Porto-Albergaria-a-Velha-Coimbra (ZOM): implicações tectonoestratigráficas e geodinâmicas*. Plano de trabalho-Anexo técnico submetido à Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Centro de Minerais Industriais e Argilas, Universidade de Aveiro. 15 pp. (relatório inédito).
- CHAMINÉ, H. I.; FERNANDES, J. P.; MOÇO, L. P.; FONSECA, P. E.; LEMOS de SOUSA, M. J. & RIBEIRO, A. (2000a) - New data on stratigraphy, palaeontology and organic petrology from Mouquim-Carvoeiro Palaeozoic synform (Porto-Albergaria-a-Velha shear zone, NW of Portugal): Tectonostratigraphic implications. In: DIEZ J. B. & BALBINO A. C., eds., *I Congresso Ibérico de Paleontologia, XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, Livro de Resumos*, Universidade de Évora. pp. 52-53.
- CHAMINÉ, H. I.; FONSECA, P. E.; ROCHA, F. T.; MOÇO, L. P.; FERNANDES, J. P.; GAMA PEREIRA, L. C.; GOMES, C.; LEMOS de SOUSA, M. J. & RIBEIRO, A. (2000b) - Unidade de Albergaria-a-Velha (faixa de cisalhamento de Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo): principais resultados de um estudo geológico pluridisciplinar. *Geociências*, Rev. Univ. Aveiro, 14 (1/2): 49-60.
- CHAMINÉ, H. I., FONSECA P. E., MONTEIRO J. F., BORGES F. S. & MUNHÁ J. M. (2003a) - Pseudotaquillitos e ultramilonitos associados a faixas de cisalhamento no maciço Ibérico (Portugal): implicações geotectónicas e na paleosismicidade varisca. *Cadernos Lab. Xeol. Laxe*, A Coruña, 28: 9-35.
- CHAMINÉ, H. I., FONSECA, P. E., PINTO DE JESUS, A., GAMA PEREIRA, L. C., FERNANDES, J. P., FLORES, D., MOÇO, L. P., DIAS de CASTRO, R., GOMES, A., TEIXEIRA, J., ARAÚJO, M. A., SOARES de ANDRADE, A. A., GOMES C. & ROCHA, F. T. Tectonostratigraphic imbrications along strike-slip major shear zones: an example from the early carboniferous of SW European Variscides (Ossa-Morena Zone, Portugal). *Netherlands Journal of Geosciences (in press)*
- 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*, 36, 6: 649-663.
- CHAMINÉ, H. I., GAMA PEREIRA, L. C., FONSECA, P. E., NORONHA, F. & LEMOS DE SOUSA, M. J. (2003c) - 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, 28: 37-78.
- CHAMINÉ, H. I., RIBEIRO, A. & PEREIRA, E. (1995) - Cartografia geológica e estratigrafia da faixa precâmbrica do sector Espinho–Albergaria-a-Velha (ZOM). In: SODRÉ BORGES, F. & MARQUES, M. (coords.), *Mem. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto*, 4: 329-333.
- COELHO, A. (*in prep.*) - *Depósitos de caulinos associados a faixas de cisalhamento e de fracturação: constrangimentos geológicos-estruturais, morfotectónicos e geofísicos*. Universidade de Aveiro (Tese de mestrado, em preparação).
- 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.
- COUTO, H. & GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. (1999) - Notas sobre algunos Diploporita (Echinodermata) de las pizarras de la Formación Valongo (Ordovícico Medio, Portugal). *Temas Geológico-Mineros ITGE*, Lisboa, 26: 541-545.
- COUTO, H., PIÇARRA, J. M. & GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. (1997) - El Paleozóico 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.
- COURBOULEIX, S. (1974) - Etude géologique des régions de Anadia et de Mealhada. I – Le socle, le primaire et le trias. *Commun. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, 58: 5-37.
- COURBOULEIX, S. & ROSSET, J. (1974) - Etude géologique des régions de Anadia et de Mealhada. II – La tectonique. *Commun. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, 58: 39-45.
- 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. Vol. I- Le Bassin Sédimentaire; Volume II- L'évolution du relief. *Memórias Centro Estudos Geográficos*, Lisboa, 8: 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. Commis. Serv. geol. Portg.*, Lisboa, 6: 56-122.
- DELGADO, J. F. N. (1908) - *Système Silurique du Portugal. Etude de Stratigraphie paléontologique*. Commission du Service Géologique du Portugal, Lisbonne. 245 pp.
- DIAS, R. & RIBEIRO, A. (1993) - Porto-Tomar shear zone, a major structure since the beginning of the variscan orogeny. *Commun. Inst. Geol. Min.*, Lisboa, 79: 31-40.
- FERNANDES, J. P.; FLORES, D.; ROCHA, F. T.; GOMES, C.; GAMA PEREIRA, L. C.; FONSECA P. E. & CHAMINÉ, H. I. (2001) - Devonian and Carboniferous palynomorph assemblages of black shales from the Ovar–Albergaria-a-Velha–Coimbra–Tomar (W Portugal): tectonostratigraphic implications for the Iberian Terrane. *Geociências, Rev. Univ. Aveiro*, 15: 1-23.
- FERREIRA DA SILVA, A. & RIBEIRO, A. (1985) - Tectónica tangencial de idade Sarda no Alto Douro (NE de Portugal). *Commun. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, 71, 2: 151-158.
- 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).
- FLEURY, E. (1919/22) - Les plissements hercyniens en Portugal (ridements calédoniens et dislocations atlantiques). *Commun. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, 13: 65-83.
- FONSECA, P. E. (1995) - *Estudo da sutura Varisca no SW Ibérico, nas regiões de Serpa-Beja-Torrão e Alvitoviana do Alentejo*. Universidade de Lisboa. 325 pp. (Tese de doutoramento).
- FORTEY, R. A., HARPER, D. A. T., INGHAM, J. K., OWEN, A. W. & RUSHTON, A. W. (1995) - A revision of Ordovician series and stages from the historical type area. *Geological Magazine*, 132: 15-30.
- FREIRE DE ANDRADE, C. (1937) - *Os vales submarinos portugueses e o diastrofismo das Berlengas e da*

- Estremadura*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa. 236 pp.
- 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*, 7-8 (3ª série): 23-35.
- GAMA PEREIRA, L. C. (1987) - *Tipologia e evolução da sutura entre a Zona Centro Ibérica e a Zona Ossa Morena no sector entre Alvaiázere e Figueiró dos Vinhos (Portugal Central)*. Universidade de Coimbra. 331 pp. (Tese de doutoramento).
- GIRÃO, A. A. (1922) - *Bacia do Vouga: estudo geográfico*. Universidade de Coimbra. 190 pp. (Tese de Doutoramento).
- GONÇALVES A. C., ROCHA F. T., GOMES, C. & NOGUEIRA P. (2003) - Minerais argilosos em geotermometria de áreas de metamorfismo de baixo grau: resultados preliminares do sinclinal do Buçaco. In: *Actas VI Congresso Nacional de Geologia. Ciências da Terra*, UNL, 6 (edição Cd-Rom): B44-B47.
- GOMES, A. (in prep.) - *Evolução geomorfológica da plataforma litoral entre Espinho e Águeda*. Departamento de Geografia, Universidade do Porto. (Tese de Doutoramento, em preparação).
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., RÁBANO, I., SAN JOSÉ, M. A., HERRANZ, P. & SARMIENTO, G. N. (1995) - Oretanian and Dobrotivian stages vs. "Llanvirn-Landeilo" series in the Ordovician of the Iberian Peninsula. In: COOPER, J. D., DROSER, M. L. & FINNEY, S. C., Eds., *Ordovician Odyssey*. Pacific Section Society Sedimentary Geology, 77: 55-59.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., RÁBANO, I., SARMIENTO, G. N., ACEÑOLAZA, G. F., SAN JOSÉ, M., PIEREN, A. P., HERRANZ, P., COUTO, H. & PIÇARRA, J. M. (1999) - Faunal dynamics between Iberia and Bohemia during the Oretanian and Dobrotivian (late Middle-earliest Upper Ordovician), and biogeographic relations with Avalonia and Baltica. *Acta Univ. Carolinae, Geologica*, 43, 1/2: 487-490.
- HENRY, J.-L. & THADEU, D. (1971) - Intérêt stratigraphique et paléogéographique d'un microplancton à acritarches découvert dans l'Ordovicien de la Serra de Buçaco (Portugal). *C. R. Acad. Sci., Paris*, 272: 1343-1346.
- ISSC - INTERNATIONAL SUBCOMMISSION ON STRATIGRAPHIC CLASSIFICATION (1994) - *International Stratigraphic Guide: a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure*. In: SALVADOR A., Ed., 2nd Ed., International Union Geological Sciences, Geological Society of America. Trondheim, 214 pp.
- JULIVERT, M., FONTBOTÉ, J. M., RIBEIRO, A. & CONDE, L. E. N. (1974) - *Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares*, Escala 1:1000.000. Memoria Explicativa. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. 113 pp.
- KISCH, H. J. (1991) - Illite crystallinity: recommendations on sample preparation, X-ray diffraction settings, and interlaboratory samples. *J. Metamorphic Geol.*, 9: 665-670.
- KÜBLER, B. (1964) - Les argiles, indicateurs de métamorphisme. *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, 19: 1093-1112.
- LEFORT, J. P. & RIBEIRO, A. (1980) - La faille Porto-Badajoz-Cordoue a-t-elle contrôllé l'évolution de l'océan paléozoïque sud-armoricain? *Bull. Soc. géol. France*, 22, 3: 455-462.
- LOTZE, F. (1945) - Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotekt. Forsch.*, 6: 78-92. (Tradução de J. M. Rios: *Observaciones respecto a la division de los variszidas de la Meseta Iberica. Inst. L. Mallada, Publ. Extranjeras, V (27). Geol. España, 5, Madrid, 1950, p.149-166.*)
- McDOUGALL, N., BRENCHLEY, P. J., REBELO, J. A. & ROMANO, M. (1987) - Fans and fan deltas, precursors to the Armorican Quartzite (Ordovician) in western Iberia. *Geological Magazine*, 124 (4): 347-359.
- MEDEIROS, A. C., PILAR, L. & FERNANDES, A. P. (1964) - *Carta geológica de Portugal*, na escala de 1/50000. Notícia Explicativa da Folha 13-B (Castelo de Paiva). Serviços geológicos de Portugal, Lisboa. 61 pp
- MOÇO, L. P.; CHAMINÉ, H. I.; FERNANDES, J. P.; LEMOS DE SOUSA, M. J.; FONSECA, P. E. & RIBEIRO, A. (2001) - Organic metamorphism level of Devonian black shale from Albergaria-a-Velha region (NW Portugal): Tectonostratigraphic implications. *Gaia, Rev. Mus. Hist. Nat. Lisboa*, 16: 195-197.
- MOÇO, L. P., CHAMINÉ, H. I., ROCHA, F. T., FONSECA, P. E., GAMA PEREIRA, L. C., GOMES, C. & LEMOS DE SOUSA, M. J. (2001) - Novas descobertas relativas à Unidade de Albergaria-a-Velha (faixa de cisalhamento de Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo): metamorfismo orgânico, mineralogia e geoquímica de argilas e tectónica. In: *Actas do VI Congresso de Geoquímica de Países de Língua Portu-*

- guesa, Universidade do Algarve, Faro. pp. 571-575.
- MORLEY, C. K. (1988) - Out-of-sequence thrusts. *Tectonics*, 7, 3: 539-561.
- NORONHA, F. & LETERRIER, J. (2000) - Complexo metamórfico da Foz do Douro (Porto): Geoquímica e geocronologia. *Revista Real Academia Galega Ciências*, Santiago de Compostela, 19: 21-42.
- NACSN – NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE (1983) - North American Stratigraphic Code. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, 67, 5: 841-875.
- OLIVEIRA, J. T., PEREIRA, E., PIÇARRA, J. M., YOUNG, T. & ROMANO, M. (1992a) - O Paleozóico Inferior de Portugal: síntese da estratigrafia e da evolução paleogeográfica. In: GUTIÉRREZ MARCO, J. G., SAAVEDRA, J. & RÁBANO, I., Eds., *Paleozóico Inferior de Ibero-América*, Universidad de Extremadura. pp. 359-375.
- OLIVEIRA, J. T.; PEREIRA, E.; RAMALHO, M.; ANTUNES, M. T. & MONTEIRO, J. H. [coords.] (1992b) - *Carta Geológica de Portugal, escala 1/500000, 5ª edição*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa. (2 folhas).
- PALÁCIOS, T. (1983) - Primeros microfósiles de pared orgánica extraídos en el olistostroma del membrillar (Proterozoico superior del Centro de España). *Revista Española Micropaleontología*, 15, 3: 511-517.
- PARIS, F. (1978) - Distribution des chitinozoaires dans l'Ordovicien supérieur du Synclinal de Buçaco (Portugal). *Palinologia*, 1 (N.E.): 367-368.
- PEREIRA, E., GONÇALVES, L. S. & MOREIRA, A. (1980) - *Carta Geológica de Portugal à escala de 1:50000. Notícia Explicativa da Folha 13-D (Oliveira de Azeméis)*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa. 68 pp.
- PINTO de JESUS, A. (2003) - Evolução sedimentar e tectónica da Bacia Carbonífera do Douro (Estefaniano C inferior, NW de Portugal). *Cadernos Lab. Xeol. Laxe*, A Coruña, 28: 107-125.
- QUESADA, C. (1992) - Evolución tectónica del Macizo Ibérico (una historia de crecimiento por acreencia sucesiva de terrenos durante el Proterozoico superior y el Palaeozoico). In: GUTIÉRREZ MARCO, J. G., SAAVEDRA, J. & RÁBANO, I., Eds., *Paleozoico inferior de Ibero-América*. Universidad de Extremadura. pp. 174-190.
- QUESADA, C. (1996) - Evolución geodinámica de la zona Ossa-Morena durante el ciclo cadomiense. In: ARAÚJO, A. & PEREIRA, M. F., Eds., *Estudo sobre a Geologia da Zona de Ossa-Morena (Macizo Ibérico)*, Livro de homenagem ao Prof. Francisco Gonçalves. Universidade de Évora. pp. 205-230.
- REBELO, F. M. S. (1975) - Serras de Valongo: estudo de geomorfologia. *Suplementos de Biblos*, Universidade de Coimbra, 9: 1-194. (Tese de Doutoramento).
- REBELO, F. M. S. (1984) - Adaptações e inaptações às cristas quartzíticas do Noroeste Português. In: Livro de Homenagem a Orlando Ribeiro. *Centro de Estudos Geográficos*, Lisboa, 1: 321-331.
- REMANE, J. *et al.* (2000) - Explanatory note to the International Stratigraphic Chart. IUGS, *International Union of Geological Sciences/UNESCO*, Division of the Earth Sciences. 16 pp., 1 chart.
- RIBEIRO, A., ANTUNES, M. T., FERREIRA, M. P., ROCHA, R. B., SOARES, A. F., ZBYSZEWSKI, G., ALMEIDA, F. M., CARVALHO, D. & MONTEIRO, J. H. (1979) - *Introduction à la géologie générale du Portugal*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa. 114 pp.
- 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: SODRÉBORGES, F. & MARQUES, M., Coords., IV Congresso Nacional de Geologia, Porto. *Mem. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto*, 4: 299-303.
- 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, 66: 3-9.
- RIBEIRO, A.; QUESADA, C. & DALLMEYER, R. D. (1990) - Geodynamic evolution of the Iberian Massif. In: DALLMEYER, R. D. & MARTÍNEZ-GARCÍA, E., Eds., *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. pp. 397-410.
- RIBEIRO, C. (1860) - Memória sobre o grande filão metallífero que passa ao nascente d'Albergaria a Velha e Oliveira d'Azeméis. *Mem. Acad. Real Ciênc.*, N.S., 2, II: 5-105.
- RIBEIRO, C., SHARPE, D., SALTER, J. W., JONES, T. R. & BUNBURY, C. J. F. (1853) - On the Carboniferous and Silurian formations of the neighbourhood of Bussaco in Portugal. *Quart. J. Geol. Soc. London*, 9, 1: 135-161.

- RIBEIRO, O., ALMEIDA, J. P. & PATRÍCIO, A. (1943) - Nota preliminar sobre a morfologia do maciço da Gralheira. *Bol. Soc. Geol. Portg.*, Porto, 3 (1/2): 81-85.
- ROBARDET, M. (1980) - Evolution geodynamique du Nord-Est du Massif Armoricain au Paléozoïque. *Mém. Soc. Géol. Minér. Bretagne*, 20: 1-342.
- 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*, 2: 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*, 2: 699-706.
- ROMÃO, J. C. & RIBEIRO, A. (1992) - Thrust tectonics of sardic age in the Rosmaninhal area (Beira Baixa, Central Portugal). *Commun. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, 78, 2: 87-95.
- ROMANO, M. (1982) - The ordovician biostratigraphy of Portugal: a review with new data and re-appraisal. *Geological Journal*, 17: 891-910.
- ROMANO, M. (1991) - Lower to middle Ordovician trace fossils from the Central Iberian Zone of Portugal and Spain. In: BARNES C. R. & WILLIAMSS. H., Eds., *Advances in Ordovician geology. Geol. Surv. Can.*, 90-9: 191-204.
- ROMANO, M. & DIGGENS, J. N. (1973-74) - The stratigraphy and structure of Ordovician and associated rocks around Valongo, north Portugal. *Commun. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, 57: 23-50.
- San JOSÉ, M. A., PRUNEDA, J. R. P., MINONDO, L. V. & ARAUJO, R. P. H. (1974) - Las series ordovicicas y preordovicicas del sector central de los Montes de Toledo. *Bol. Geol. Min.*, Madrid, 85, 1: 21-31.
- SCHERMERHORN, L. J. G. (1955) - The age of the Beira schists (Portugal). *Bol. Soc. Geol. Portg.*, Porto, 12: 77-100.
- SCHERMERHORN, L. J. G. (1956) - Igneous, metamorphic and ore geology of the Castro Daire - São Pedro do Sul - Sátão region (Northern Portugal). *Commun. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, 37: 5-617.
- 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).
- SEVERO GONÇALVES, L. (1984) - Excursão Geológica na região de Albergaria-a-Velha-Oliveira de Azeméis. In: *Livro-Guia das Excursões da VI Reunião do Grupo Ossa-Morena*. Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra. 14 pp.
- SHARPE, D. (1849) - On the Geology of the neighbourhood of Oporto, including the Silurian Coal and Slates of Vallongo. *Quart. J. Geol. Soc. London*, 5: 142-153.
- SIBSON, R. H., 1975. Generation of pseudotachylite by ancient seismic faulting. *Geophys. J. Roy. Astronom. Soc.*, 43: 775-794.
- SILVA, J. B. (1996) - Geodinâmica ante-mesozóica do sector Oeste da Zona de Ossa-Morena e regiões limítrofes: síntese com base em recentes observações. In: ARAÚJO, A. & PEREIRA, M. F., Eds., *Estudos de Geologia da Zona de Ossa-Morena*, Livro de Homenagem ao Prof. Francisco Gonçalves, Universidade de Évora. pp. 231-262.
- SOARES de CARVALHO G. (1944) - Algumas considerações sobre os aspectos petrográficos da região de Oliveira de Azeméis. *Mem. Not., Coimbra*, 12, 1: 3-31.
- SOARES de CARVALHO G. (1945) - Observações para a interpretação da tectónica da região de Oliveira de Azeméis (distrito de Aveiro). *Mem. Not., Coimbra*, 16: 23-42.
- SOARES de CARVALHO G. (1946a) - Considerações sobre dois perfis geológicos da região de Oliveira de Azeméis. *Arquivo Distr. Aveiro*, 46: 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*, 15, 1: 5-15.
- SOARES de CARVALHO G. (1947) - Microtectónica do anticâmbrico do distrito de Aveiro. *Mem. Not., Coimbra*, 19: 17-44.
- SOARES DE CARVALHO, G. (1949) - Subsídios para o estudo das formações geológicas do Distrito de Aveiro. Depósitos de sopé no Concelho de Oliveira de Azeméis. *Arquivo Distr. Aveiro*, 15: 5-10.
- SOUZA-BRANDÃO, V. (1914) - A faixa occidental das phyllites porphyroblásticas do precâmbrico do districto de Aveiro. *Commun. Comm. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, 10: 78-143.

- SOUZA-BRANDÃO, V. (1915/16) - Contribuição para a petrographia do districto de Aveiro. *Comun. Comm. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, 11: 16-57.
- TEIXEIRA, C. (1955) - Novos elementos para o conhecimento do Silúrico português. *Comun. Serv. Geol. Portg.*, Lisboa, 36: 1-8.
- TEIXEIRA, C. (1981) - *Geologia de Portugal. Precâmbrico-Paleozóico*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 629 pp.
- TEIXEIRA, J. (*in prep.*) - Morfotectónica e geomorfologia do mega-domínio estrutural de Caldas de S. Jorge-Águeda (NW de Portugal): implicações na gestão de georrecursos. Universidade de Aveiro. (Tese de mestrado, *em preparação*).
- VIDAL, G., JENSEN, S. & PALÁCIOS, T. (1994a) - Neoproterozoic (Vendian) ichnofossils from lower Alcludian strata in Central Spain. *Geological Magazine*, 131: 169-179.
- VIDAL, G., PALÁCIOS, T., GÁMEZ-VINTANED, J. A., DÍEZ BALDA, M. A. & GRANT, S. W. F. (1994b) - Neoproterozoic-early Cambrian geology and palaeontology of Iberia. *Geological Magazine*, 131: 729-765.
- YOUNG, T. P. (1988) - The lithostratigraphy of the Upper Ordovician of Central Portugal. *J. Geol. Soc.*, London, 145: 377-392.