

# **A deformação varisca do Maciço Hespérico na região da Serra da Lousã (Portugal central)**

## **Variscan deformation of the Hesperian massif in the Lousã mountain range (central Portugal)**

GAMA PEREIRA, L.C. <sup>1</sup>, SEQUEIRA, A.J.D. <sup>2</sup> & GOMES, E.M.C. <sup>3</sup>

### **Abstract**

The occidental region of the Central-Iberian Zone of the Variscan Iberian massif, in the central part of Portugal (Lousã mountain range), has a Variscan tectonostructural organization as the one recognized in the occidental border of the massif, in the Porto-Coimbra-Tomar shear zone. In the Iberian massif we can observe neo-proterozoic metasediments of the “Complexo Xisto-Grauváquico”, and important metasedimentary outcrops of Late Palaeozoic (Ordovician, Silurian and lower Devonian) rocks. Both are affected by the first regional variscan deformation phase (FH<sub>1</sub>), and later refolded by the second variscan deformation phase (FH<sub>2</sub>). This second regional variscan phase has a penetrative effect in the massif and develops a dextral, north-south, strike-slip faulting, associated with transpressive kinematic deformation (like a Riedel model) similar to the Porto-Coimbra-Tomar shear zone. Some geological examples observed and studied in the Lousã region are showed and discussed.

**Key words:** Complexo Xisto-Grauváquico, shear zones, Riedel model, Iberian Massif, Porto-Coimbra-Tomar shear zone.

- (1) Departamento de Ciências da Terra e Centro de Geociências (GMSG), Universidade de Coimbra. 3000-272 Coimbra, Portugal. (gpereira@dct.uc.pt)
- (2) Departamento de Geologia, Instituto Geológico e Mineiro, Alfragide, Portugal.
- (3) Departamento de Ciências da Terra e Centro de Geociências (GGRG), Universidade de Coimbra. 3000-272 Coimbra, Portugal.

## INTRODUÇÃO

A Serra da Lousã é a região mais ocidental da Cordilheira Central Portuguesa (figura 1). A sua geologia tem sido abordada sob vários pontos de vista e a diversas escalas (e.g., CHOFFAT, 1900; DELGADO, 1905; RIBEIRO, 1949; MORAIS, 1950; RIBEIRO *et al.*, 1979; DAVEAU, 1985-86). Mais recentemente, outras abordagens (GAMA PEREIRA, 1984; GAMA PEREIRA & MACEDO, 1981, 1984; GAMA PEREIRA, 1987; GOMES, 1990; GOMES *et al.*, 1991; SEQUEIRA & SOUSA, 1991; SOUSA & SEQUEIRA, 1993; SEQUEIRA *et al.*, 1997; GAMA PEREIRA, 1998) têm carreado elementos para uma melhor compreensão da geologia desta região.

Neste trabalho pretende-se acrescentar mais alguns dados geológicos sobre o Complexo Xisto-Grauváquico (CXG) da região (COSTA, 1950), de forma a melhor se compreender a relação que este sector do Maciço Hespérico, incluído na Zona Luso Oriental-Alcúdice (LOTZE, 1945), hoje inserida na Zona Centro-Ibérica (JULIVERT *et al.*, 1972), tem com outros sectores da mesma zona. E, também, com terrenos vizinhos, da Zona de Ossa-Morena (LOTZE, 1945; JULIVERT *et al.*, 1972), situados mais a Ocidente da Serra da Lousã.

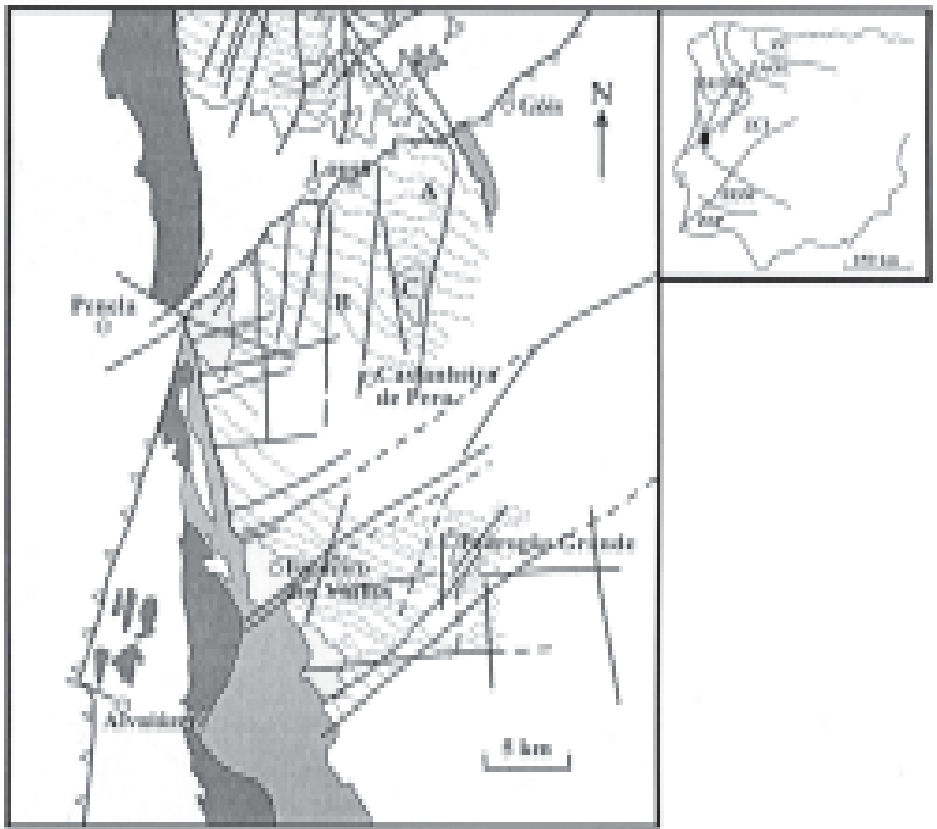
## ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO






Em trabalho anterior (GOMES *et al.*, 1991), a propósito dos estudos realizados sobre o plutónio do Coentral e do seu encaixante, dois dos presentes autores (E. Gomes e L.C. Gama Pereira) tinham associado alguns dos seus apontamentos para obter uma visão mais integradora da geologia da região. Agora, com a contribuição de um

dos actuais autores (A.J.D. Sequeira) é possível uma nova abordagem integradora. Alguns dos problemas anteriormente equacionados são reapreciados e alguns elementos novos sobre a geomorfologia e a tectónica da região são explicitados, com base na interpretação de fotografias aéreas e análise de novas informações do terreno. O sector que esteve agora em mais cuidada observação vem complementar os estudos anteriores e já divulgados (GAMA PEREIRA, 1987; GOMES, 1990; GOMES *et al.*, 1991), de que resulta uma visão mais desenvolvida e sintetizada na figura 1. A falta de uma cartografia sistemática e temática, agora, em parte disponibilizada, tem obstado à melhor compreensão de alguns problemas geológicos regionais.

A área em estudo fica inserida no bordo mais ocidental e central do Maciço Hespérico, onde este é truncado por uma estrutura tectónica maior, de direcção nordestada, que separa duas importantes zonas geotectónicas do soco varisco (ou hercínico) da Ibéria: as Zonas Centro-Ibérica e de Ossa-Morena. Esta estrutura maior, constitui parte da faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar. A estruturação tectónica da faixa de cisalhamento, minuciosamente estudada em dois dos seus sectores por GAMA PEREIRA (1987) e CHAMINÉ (2000), bem como alguns problemas que aí se levantaram, permitiram chegar a conclusões que questionam os modelos e as propostas que classicamente têm vindo a ser apresentadas (CHAMINÉ *et al.*, 2003a, b, *in press*).

Sem entrar em pormenores de natureza litoestratigráfica, podemos confirmar neste trabalho algumas conclusões anteriores (GOMES *et al.*, 1991) e avançar um pouco mais na interpretação geológica regional e acrescentar alguns elementos que poderão



-  Cobertura Meso-Cenozóica
-  Ordovícico + Silúrico
-  Granitos ante - hercínicos
-  Complexo Xisto Grauváqueo (CXG)
-  Precâmbrio (micaxistos e gnaissos)

 Falhas  
 (a - definidas; b - províncias; c - cavalgamentos)

 Andamento da estratificação no CXG

**A, B e C** Localização das áreas representadas nas figuras 2, 3 e 4, respectivamente

**Figura 1.** Localização da área em estudo, enquadramento geotectónico e elementos da geologia regional.

ajudar na construção dos modelos geotectónicos que os enquadram.

## ASPECTOS E SIGNIFICADO DA DEFORMAÇÃO VARISCA NO BORDO OCIDENTAL DA SERRA DA LOUSÃ

A deformação do CXG na região em estudo é tipificada como essencialmente Varisca. Sobre ela actua uma tectónica mais recente, Alpina, com características essencialmente fracturantes e caracterizando um âmbito reologicamente mais frágil do que os diversos regimes tectónicos variscos. A deformação varisca tem sido, tradicionalmente, interpretada como uma deformação frágil-dúctil, responsável por grandes dobramentos. Mas a deformação nos materiais paleozóicos e nos materiais do CXG tem sido difícil de compatibilizar em diversas regiões. É que a deformação impressa pela orogenia varisca acresce a deformação ante-varisca e, também, a existência de alguns corpos granitóides intrusivos que, até há poucos anos, eram considerados como de idade varisca.

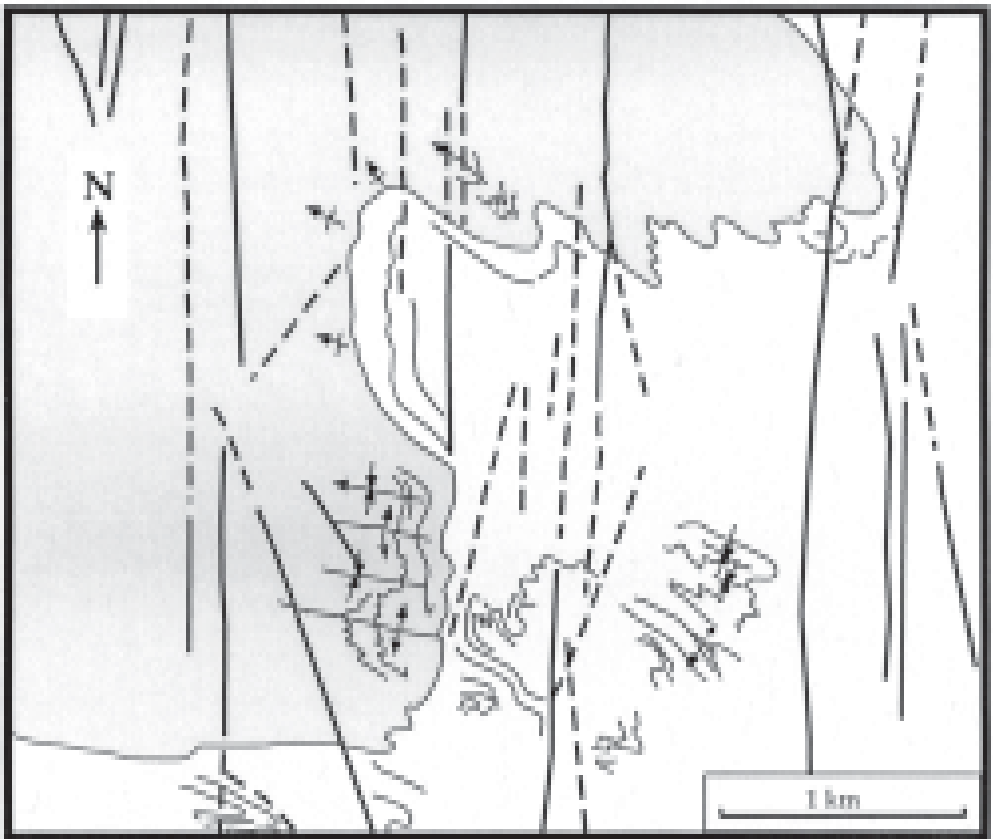
A compatibilização da deformação varisca observada e registada nos materiais paleozóicos (do Ordovício, Silúrico e Devónico inferior) vizinhos e nos materiais ante-ordovícicos foi estudada por GAMA PEREIRA (1987) e, recentemente, muito bem evidenciada por PONTE (2002) e PONTE & GAMA PEREIRA (2004).

Os dobramentos maiores observados no CXG têm, normalmente, superfícies axiais com direcção média NW-SE, subvertical (figuras 1 e 2), com eixos a mergulhar suavemente tanto para NW como para SE. São dobramentos responsáveis ou associados a uma clivagem de fluxo que rumam igualmen-

te o quadrante Noroeste. Assim, é de grande constância uma íntima relação entre as direcções de estratificação ( $S_0$ ), os planos axiais dos dobramentos e a clivagem de fluxo predominante ( $S_1$ ). Estas direcções caracterizam genericamente a primeira fase de deformação varisca ( $FH_1$ ). A projecção cartográfica destes elementos mostra que estas direcções não são tão uniformes quanto se poderia esperar. Na verdade, as direcções de  $S_0$  e de  $S_1$  sofrem ondulações que desenham sigmóides controlados, persistentemente, por estruturas frágeis-dúcteis, de cisalhamento, sensivelmente N-S e direitas (figuras 1 e 3).

Observando e cartografando as sequências litoestratigráficas sem atender ao seu significado geral e sem prematuras inserções em unidades geológicas que vêm sendo baptizadas em áreas limítrofes, o que se pode constatar é que:

- o desenvolvimento das sequências litoestratigráficas tem uma direcção geral NW-SE;
- a sobreposição das sequências faz-se segundo uma direcção geral NE-SW;
- os dobramentos da primeira fase varisca têm direcções persistentes para o quadrante NW;
- os planos axiais são sub-verticais ou vergentes para NE ou SW;
- os corpos líticos que se identificam sofrem redobramentos e deslocamentos à direita, segundo direcções flexurais ou de ruptura, com direcção sensivelmente N-S;
- as ondulações que se constatam, nas direcções de  $S_0$  e  $S_1$ , “acomodam-se” às direcções N-S, identificadas no ponto anterior;
- se evidencia, associada a estes cisalhamentos, uma tectónica de blocos, entre aqueles falhamentos norteados, que mostra



Complexo Xistos-Grauváquico:

 Unidade com predomínio de xistos

 Unidade com predomínio de grauvaques

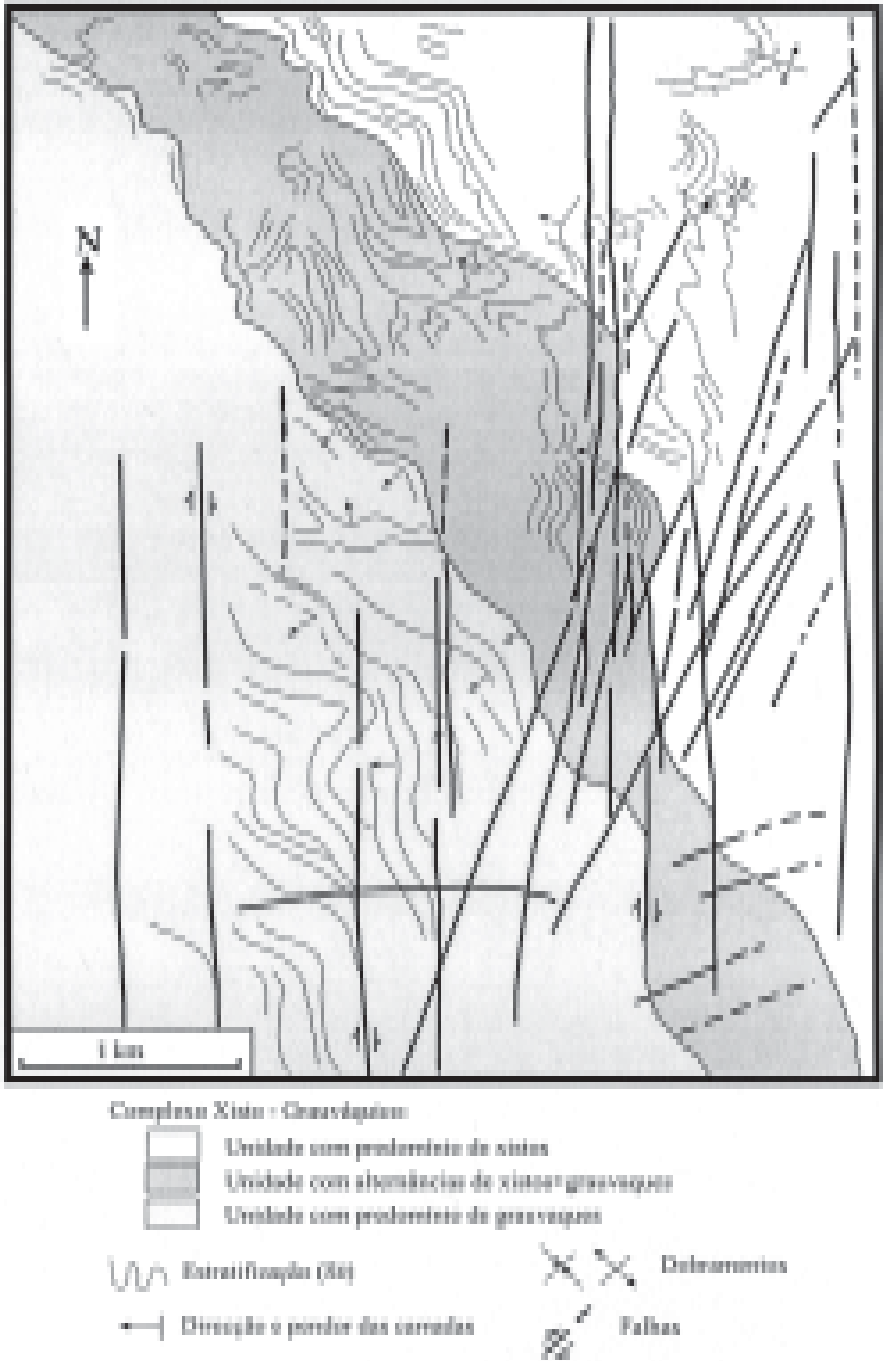
 Estratificação (So)

 Dobramentos menores

 Direção e pendor das camadas

 Falhas

Figura 2. Dobramentos e fracturação cartografados no Complexo Xisto-Grauváquico, correspondentes ao local A da figura 1.



**Figura 3.** Ondulações e cisalhamentos norteados, diretos, de unidades cartografadas no Complexo Xisto-Grauwáquico e correspondentes ao local B da figura 1.

uma importante componente vertical nos relectos e que é responsável por grandes contrastes estratigráficos e por sectores com e sem metamorfismo de contacto.

Estas flexuras N-S originaram dobramentos de plano axial com a mesma direcção ou em leque e eixos com forte pendor, que ondulam os dobramentos  $D_1$  da  $FH_1$ . Estes dobramentos são identificados como sendo uma  $D_2$  correspondente a uma segunda fase de dobramento, varisca ( $FH_2$ ), aliás como tem vindo a verificar-se no CXG, em diversos locais, nomeadamente por GAMA PEREIRA (1987) e PONTE (2002).

Das observações anteriores sobre o plutonito do Coentral (GOMES, 1990; GOMES *et al.*, 1991) constatou-se que o plutonito, intruído no CXG, é envolvido pelo arqueamento de  $S_0$  e  $S_1$ , especialmente visível e evidente no seu topo norte. Tem uma auréola metamórfica onde se desenvolveram cristais de cordierite, que são nitidamente anteriores às marcas da deformação de  $D_1$  da  $FH_1$ . As deformações observadas sobre o plutonito do Coentral (figura 4) parecem sobressair melhor nas fotografias aéreas, sendo evidenciadas por sigmoides, que se desenvolvem dentro de faixas de cisalhamento direito, N-S. O mesmo se observa no encaixante do plutonito de Vila Nova. Estas observações estão de acordo com as anteriormente efectuadas na região entre Figueiró dos Vinhos e Pedrógão Grande.

## EFEITOS DA TECTÓNICA MAIS RECENTE

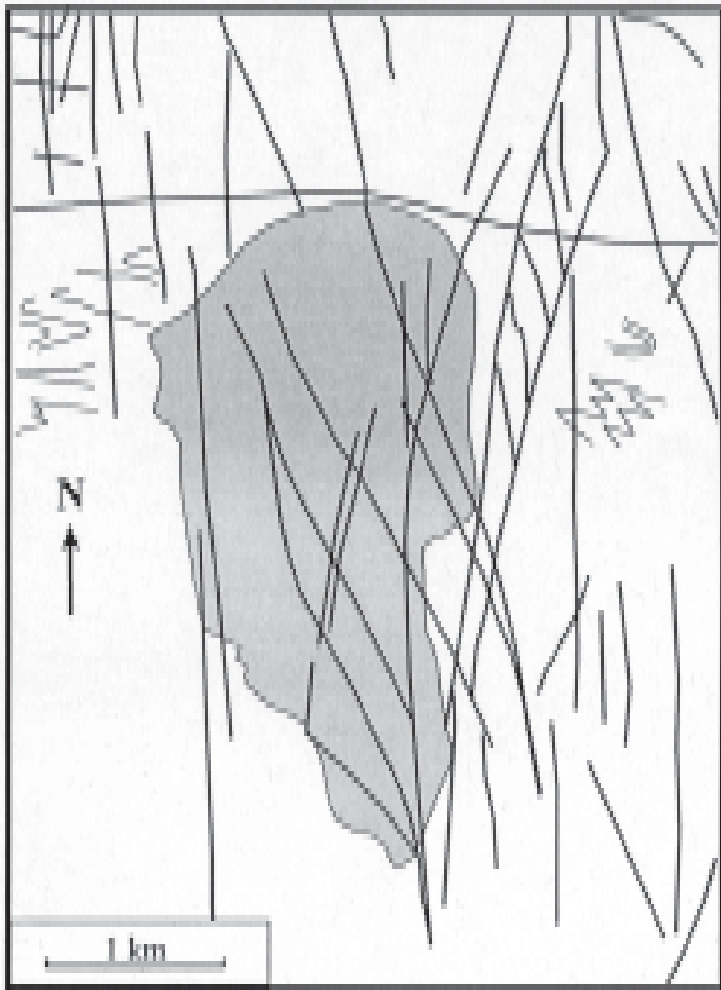
Tal como já tinha sido observado mais a sul, na região de Figueiró dos Vinhos (GAMA PEREIRA, 1987), e posteriormente um

pouco mais a norte, na região do Coentral (GOMES *et al.*, 1991), ressaltam alguns elementos de uma tectónica mais recente, fracturante, cuja expressão mais evidente é a de ser paralela à direcção geral da falha de Lousã-Seia. A fracturação que havia sido bem controlada na região entre Figueiró dos Vinhos e Pedrógão Grande, propaga-se para Este, onde foi, há muito, identificada e caracterizada na falha da Cebola (THADEU, 1949). Algumas falhas companheiras destas estão agora melhor detectadas e mostram que este sistema é persistente e penetrativo no Maciço Hespérico. Alguns apontamentos desta fracturação já tinham sido explicitados em SEQUEIRA *et al.* (1997), mas o seu significado e as suas relações estritas com a fracturação esquerda, com direcção  $N20^\circ E$ , ainda poderá merecer mais atenção e estudos.

## CONCLUSÕES

Tendo em conta estes estudos e interpretações reconhece-se que, sendo a faixa de cisalhamento Porto-Coimbra-Tomar de grande significado e constituindo a fronteira entre a Zona Centro-Ibérica e a Zona de Ossa-Morena, a sua estruturação encaixa numa estruturação de maior amplitude e significado. Podemos vislumbrar que a sua influência é partilhada com outras faixas companheiras que se manifestam mais para Este, para o interior da Zona Centro-Ibérica e cujo significado, proposto por GAMA PEREIRA (1987, 1998), tem sido eventualmente negligenciado, mas cuja importância pode estar a ser mais recentemente evidenciada por estudos interdisciplinares de que começamos a ter mais seguro conhecimento (CHAMINÉ, 2000; CHAMINÉ *et al.*, 2003a,b, *in press*, e





- Complexo Xisto-Grauváquico
- Granito do Coentral
- Estratificação
- Falhas

**Figura 4.** Plutonito do Coentral mostrando fracturação sigmoidal, controlada por cisalhamentos norteados, direitos, correspondendo ao local C da figura 1.

outras referências citadas nesses trabalhos) e de que estes novos testemunhos são um exemplo.

Concluimos, assim, que para o interior do Maciço Hespérico, outras faixas de cisalhamento de direcção norteada e ajustadas aos padrões da deformação regional ( $D_2$ ) da segunda fase varisca ( $FH_2$ ), são por demais evidentes e importará continuar a explorar o seu significado regional bem como as consequências geotectónicas que daí poderão resultar.

## AGRADECIMENTOS

São devidos agradecimentos ao Prof. A. A. Soares de Andrade (Universidade de Aveiro) por todos os comentários e sugestões ao manuscrito original.

*Recibido: 20-5-2004*

*Aceptado: 20-6-2004*

## REFERÊNCIAS

- 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. (Tese de doutoramento).
- 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 Laboratório Xeolóxico de Laxe, A Coruña*, 28:37-78.
- 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. & ARAÚJO, A. (2003b). Tectonostratigraphy of middle and upper Paleozoic 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.; 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. (in press). 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, Geologie en Mijnbouw* (in press).
- CHOFFAT, P. (1900). *I. Aperçu de la géologie du Portugal. II - Bordures mesozoïques et terrains cenozoïques*. Le Portugal au point de vue agricole. Lisbonne.
- COSTA, J.C. (1950). *Notícia sobre uma carta geológica do Buçaco de Nery Delgado*. Serv. Geol. Portg. Lisboa, 28 pp.
- DAVEAU, S., BIROT, P. & RIBEIRO, O. (1985-86). Les bassins de Lousã et Arganil: Recherches géomorphologiques et sédimentologiques sur le massif ancien et sa couverture à l'est de Coimbra. *Memórias Centro Estudos Geográficos*, Lisboa, 8 (1/2): 1-450.
- DELGADO, J.N. (1905). Contribuição para o estudo dos terrenos paleozóicos. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 6: 56-122.
- GAMA PEREIRA, L.C. (1984). Sobre a existência de fosforitos no Complexo Xisto-Grauváquico na região a Norte de Figueiró dos Vinhos e a Este de Pedrógão Grande (Portugal Central). *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra*, 98: 133-135.
- GAMA PEREIRA, L.C. (1987). *Tipologia e evolução da sutura entre a ZCI e a ZOM no sector entre Alvaizere e Figueiró dos Vinhos (Portugal Central)*. Universidade de Coimbra. 331 pp (Tese de doutoramento).
- GAMA PEREIRA, L. C. (1998). A faixa de cisalhamento Porto-Tomar, no sector entre o Espinhaleiro e Alvaizere (Portugal Central). *Geologos, Rev. Dep. Geol. Univ. Porto*, 2: 23-27.
- GAMA PEREIRA, L.C. & MACEDO, C.A.R. (1981). Sobre a idade do granito de Figueiró dos Vinhos: Algumas implicações geotectónicas. *II Encontro de Geociências*, Vol. de Sumários, Univ. Coimbra.
- GAMA PEREIRA, L.C. & MACEDO, C.A.R. (1984). Nova contribuição para o enquadramento tectónico do granito de Figueiró dos Vinhos, no sector da sutura da Zona de Ossa-Morena e Zona Centro-Ibérica, entre Coimbra e Tomar (Portugal Central). *VI Reun. do Grupo de Ossa-Morena*, Vol. de Sumários, Coimbra.
- GOMES, E.M.C. (1990). *O plutonito do Coentral: considerações sobre a petrografia, geoquímica, idade, deformação e metamorfismo*. Universidade de Coimbra. 148 pp. (Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica).
- GOMES, E.M.C., PEREIRA, L.C.G. & MACEDO, C.A.R. (1991). O plutonito do Coentral: idade K-Ar e consequências geotectónicas. *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra*, 112: 171-183.
- JULIVERT, M.; FONTBOTÉ, J. M.; RIBEIRO, A.; CONDE, L. E. N. (1972). Mapa tectónico de la Peninsula Ibérica y Baleares. *Ed. Inst. Geol. Min. España, escala 1:1.000.000*.
- 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 variscides de la Meseta Iberica. Inst. L. Mallada, Publ. Extranjeras, V (27). Geol. España, 5, Madrid, 1950, p.149-166*.)
- MORAIS, J.C. (1950). Levantamento Terciário do extremo sudoeste da Serra da Lousã. *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra*, 28: 3-8.

- PONTE, M.J.B. (2002). *A geologia da região de Ázere-S.Paio, um contributo para o ensino das Geociências*. Universidade de Coimbra. 178 pp. (Tese de mestrado).
- PONTE, M.J.B. & GAMA PEREIRA, L.C. (2004). Estruturação do Complexo Xisto-Grauváquico num conjunto areno-quartzítico da região de Ázere-S. Paio (Tábua, Portugal central). *Cadernos Laboratório Xeolóxico de Laxe*, A Coruña, 29 (este volume).
- 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. *Serv. Geol. Portg.*, Lisboa. 144 pp.
- RIBEIRO, O. (1949). Le Portugal Central (Livret-Guide de l'excursion C). *Congrès International de Géographie*, Lisbonne. 180 pp.
- SEQUEIRA, A.J.D. & SOUSA, M.B. (1991). O Grupo das Beiras (Complexo Xisto-Grauváquico) da região de Coimbra-Lousã. *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol.*, Univ. Coimbra, 112: 1-13.
- SEQUEIRA, A.J.D., CUNHA, P.P. & SOUSA, M.B. (1997). A reactivação de falhas, no intenso contexto compressivo desde meados do Tortoniano, na região de Espinhal-Coja-Caramulo (Portugal Central). *Comun. Inst. Geol. Min.*, Lisboa, 83: 95-126.
- SOUSA, M.B. & SEQUEIRA, A.J.D. (1993). O limite Precâmbrico-Câmbrico na Zona Centro-Ibérica em Portugal. In: *Volume de Comunicações da XII Reunião de Geologia do Oeste Peninsular*. Univ. Évora, pp.17-28.
- THADEU, D. (1949). A cordilheira central entre as serras da Guardunha e de São-Pedro-do-Açor. *Boletim Soc. Geol. Portg.*, Porto, 8 (1/2): 7-20.