Evolução tectonomagmática da Zona de Ossa-Morena durante o ciclo Varisco: Estará o ciclo de J. Tuzo Wilson completo?

*Tectonomagmatic evolution of Ossa-Morena Zone during Variscan cycle: Is the J. Tuzo Wilson cycle complete?*

**J. Pedro 1,3, P. Moita 1,4, A. Araújo 1,4, P. Fonseca 2,5 e J. Munhá 2,3**

1 Departamento de Geociências da Universidade de Évora. Portugal

2 Departamento e Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Portugal.

3 Centro de Geologia da Universidade de Lisboa. Portugal.

4 Centro de Geofísica de Évora. Portugal.

5 LATTEX -Laboratório de Tectonofísica e Tectónica Experimental da Universidade de Lisboa. Portugal.

**jpedro@uevora.pt****;** **pmoita@uevora.pt****;** **aaraujo@uevora.pt****;** **gpetfons@fc.ul.pt****;** **jmunha@fc.ul.pt**

**SUMÁRIO**

A evolução tectonomagmática varisca da Zona de Ossa-Morena mostra evidências claras dos estádios iniciais (“rifting”) e finais (colisionais) de um ciclo de Wilson, estando o estádio intermédio de magmatismo oceânico, em bacias com margens passivas, representado pelas Sequências Ofiolíticas Internas. As variações no tempo das características geológicas/geoquímicas do magmatismo no ramo SW da Cadeia Varisca Ibérica, são consistentes com as variações expectáveis durante a evolução típica de um ciclo de Wilson.

Palavras-chave: ciclo de Wilson; Orogenia Varisca, Magmatismo; Zona de Ossa-Morena.

***SUMMARY***

The variscan tectonomagmatic evolution of the Ossa-Morena Zone shows clear evidences of the initial (rifting) and the final (collisional) stages of the Wilson cycle, whereas the intermediate stage of typically (open) oceanic magmatism is represented by the Internal Ophiolitic Sequences. Therefore, the geological/geochemical time variations of magmatic characteristics in the SW branch of the Iberian Variscan Chain are consistent with those expected from the evolution of a typical Wilson Cycle.

*Key-words: Wilson cycle; Variscan Orogeny, Magmatism; Ossa-Morena Zone.*

**Introdução**

O chamado ciclo de Wilson [1 e 2] compreende diferentes estádios que fundamentam, no tempo e no espaço, relações essenciais entre a teoria da tectónica de placas e a geodinâmica global associada aos processos orogénicos. A sua utilização torna-se um instrumento fundamental na análise e interpretação de cadeias orogénicas antigas [3], permitindo por comparação, com situações análogas recentes, efectuar reconstituições paleogeográficas e geotectónicas de regiões complexas do ponto de vista tectometamórfico.

A Zona de Ossa-Morena (ZOM) é uma zona tectonoestratigráfica do Maciço Ibérico com características estruturais, metamórficas, magmáticas e sedimentares peculiares, cuja evolução geodinâmica não se encontra, ainda, unanimemente estabelecida. Assim torna-se fundamental analisar a sua evolução geodinâmica em função dos diferentes estádios do ciclo de Wilson, nomeadamente a sua evolução tectonomagmática, durante a Orogenia Varisca.

Este trabalho pretende sintetizar a informação disponível sobre a evolução magmática da ZOM durante o ciclo Varisco, essencialmente para o sector português, e discutir o seu enquadramento geotectónico em função dos diferentes estádios do ciclo de Wilson.

Evolução tectonomagmática da ZOM durante o ciclo Varisco

Os dados disponíveis sobre a evolução tectonomagmática da ZOM, durante o ciclo Varisco, indicam a existência de um estádio inicial de “rifting” intracontinental, durante o Câmbrico inferior, representado por vulcanismo toleítico bimodal, o qual ocorre intercalado nos sedimentos da Formação de Vila Boim (domínio de Alter do Chão-Elvas) [4]. Na passagem para o Câmbrico médio o vulcanismo apresenta natureza básica com quimismo alcalino-transicional, associado a vulcanismo ácido peralcalino [4 e 5], encontrando-se representado nas intercalações vulcânicas do Complexo Vulcano Sedimentar da Terrugem (domínio de Alter do Chão-Elvas). No Câmbrico médio-superior o vulcanismo mantém-se essencialmente básico com quimismo alcalino a transicional [4, 5 e 6], ocorrendo intercalado nos sedimentos basais da Formação de Ossa (domínio de Estremoz-Barrancos). Todo este vulcanismo é acompanhado, durante o Câmbrico, por um período intrusivo de natureza granítica com origem crustal [5]. Estudos isotópicos realizados, em corpos graníticos no *Anticlinórium* de Olivença [7], permitiram indicar uma idade radiométrica de ~520 Ma para o início do evento extensional Varisco. Durante o Câmbrico superior – Ordovícico inferior o vulcanismo ocorre sob a forma de intercalações na Formação de Barrancos (Complexo Vulcânico de S. Marcos do Campo – domínio de Estremoz-Barrancos) e encontra-se representado por vulcanitos básicos a intermédios com quimismo toleítico continental [5 e 6], a calco-alcalino [8], evidenciando uma natureza orogénica [5, 6 e 8]. A possível natureza orogénica dos vulcanitos de S. Marcos do Campo é incongruente com o regime magmático vigente na ZOM durante o Câmbrico superior – Ordovícico inferior, mas pode ser justificado por um evento orogénico de curta duração durante um regime distensivo regional [8]. Na transição Câmbrico-Ordovícico [5] ou no Ordovícico [6] regista-se no Complexo Vulcano-Sedimentar de Ficalho-Moura (domínio de Évora-Beja) vulcanismo básico, com características toleíticas continentais, associado a riolitos ricos em sílica. Sobrejacente ocorre vulcanismo básico, com quimismo alcalino intraplaca [4 e 5], intercalado (tectonicamente?) no Complexo Filonítico de Moura (domínio de Évora-Beja), cuja base é datada do Silúrico inferior [9]. Durante o Ordovícico regista-se também, no domínio de Alter do Chão-Elvas, importante actividade intrusiva representada pelos maciços básico-ultrabásicos de Alter do Chão e Elvas e peralcalinos de Alter Pedroso e de Cevedais [5]. Nas rochas peralcalinas obtiveram-se idades radiométricas entre 500 - 480 M.a. [10], [11], admitindo-se, também, esta idade para os maciços básico-ultrabásicos [5]. No Complexo Vulcano-Sedimentar de Estremoz (domínio de Estremoz-Barrancos) existe vulcanismo bimodal com basaltos alcalinos, traquiandesitos e felsitos peralcalinos, intercalado na sequência carbonatada [12]. A topo desta formação ocorre a unidade dos Xistos Negros (Silúrico inferior [13]), com vulcanismo básico, de natureza alcalina tipo intraplaca [12]. Estas ocorrências encontram-se geneticamente relacionadas e são ambas atribuídas ao Silúrico, embora o vulcanismo do Complexo Vulcano-Sedimentar de Estremoz possa corresponder à transição Ordovícico-Silúrico [6]. Refira-se que caso a idade dos mármores do Complexo Vulcano-Sedimentar de Estremoz seja Silúrico superior? a Devónico [13], a idade do vulcanismo intercalado neste complexo terá que ser significativamente mais recente e concordante com a idade atribuída aos referidos mármores.

No Paleozóico superior a evolução magmática da ZOM está geneticamente relacionada com o processo orogénico vigente no seu bordo meridional. Durante o Eifeliano [14] instala-se o Complexo Ofiolítico de Beja-Acebuches (COBA), o qual possui uma assinatura geoquímica orogénica semelhante à estabelecida para os basaltos gerados nas bacias “back-arc” [15], [16]. No Devónico superior formam-se no domínio de Alter do Chão-Elvas os maciços gabrodioríticos de natureza calco-alcalina a shoshonítica (Vale de Maceira, Veiros e Campo Maior) onde se obtiveram idades radiométricas de 362 Ma para o maciço de Vale de Maceira [17] e de 369 Ma para o maciço de Campo Maior [18]. Entre o Devónico médio-superior e o Carbónico (Tournaciano-Viseano) [19] instala-se o Complexo Ígneo de Beja (CIB), constituído por maciços gabróicos, gabrodioríticos e granodioríticos, aos quais se associam genética e espacialmente unidades subvulcânicas ácidas e vulcanitos de natureza básica. No seu conjunto, os diferentes termos do CIB evidenciam um quimismo toleítico a calco-alcalino que evolui para termos calco-alcalinos [20]. Entre o Carbónico superior e o Pérmico, essencialmente junto ao bordo SW da ZOM, instalam-se diversos maciços intrusivos de natureza granítica, com quimismo calco-alcalino, para os quais se obtiveram as seguintes idades: 320 Ma para o maciço tonalítico de Montemor-o-Novo [21], 318 Ma para o granodiorito de Viana do Alentejo [22], 301 Ma para os quartzo-dioritos de Évora e granito de Pedrógão [23] e 290 Ma para os granitos de Sta. Eulália e de Vimieiro-Pavia [23].

**O ciclo de Wilson**

Ao compararmos a evolução tectonomagmática da ZOM, durante o ciclo Varisco, com os diferentes estádios do ciclo de Wilson verifica-se que existe uma coerência nos dados disponíveis, que denotam evolução conjunta. Assim, no Câmbrico inferior inicia-se um processo de “rifting” intracontinental. O magmatismo, inicialmente toleítico, evolui até ao final do Paleozóico inferior para termos alcalinos, com manifestações esporádicas de peralcalinidade. Esta evolução, traduz diminuição nas taxas de fusão mantélicas e mostra indícios que indicam contaminação crustal. Por outro lado, denuncia fenómenos de “rifting” abortados, gradualmente transferidos para sudoeste. O magmatismo possui assinatura anorogénica intraplaca, com excepção do vulcanismo de S. Marcos do Campo (Câmbrico superior – Ordovícico), que pode representar os impulsos compressivos transientes da Fase Sarda [24] associados à migração do “rifting” intracontinental para os domínios sudoestes da ZOM, ou corresponder ao desenvolvimento de arcos insulares transientes, á semelhança do que se observa no Atlântico actual.

 No Paleozóico superior ocorre uma inversão nas características do magmatismo que revela, nitidamente, um contributo orogénico. Até ao Devónico médio (Eifeliano) forma-se o COBA numa bacia oceânica tipo “back-arc” e instala-se o CIB entre o Devónico médio-superior e o Carbónico (Tournaciano-Viseano) [19], Nos estádios mais precoces e junto à zona de sutura, materializada pela presença do COBA, o magmatismo do CIB é toleítico a calco-alcalino, evoluindo posteriormente termos para calco-alcalino. As intrusões de granitóides calco-alcalinos junto ao bordo SW da ZOM acompanham e/ou são posteriores à instalação do CIB. A migração do magmatismo orogénico para norte e a variação do seu quimismo – toleítico a calco-alcalino a sul e calco-alcalino a norte, chegando mesmo a atingirem-se termos shoshoníticos (maciços de Veiros e Vale Maceira) – denota evolução tectonomagmática orogénica típica e aponta no sentido de que a polaridade da subducção durante o Paleozóico superior fosse para norte.

**Conclusões**

Perante os dados disponíveis, conclui-se que o magmatismo da ZOM, durante o ciclo Varisco, define dois estádios principais: *i*) um estádio anorogénico, durante o Paleozóico inferior, com quimismo toleítico que evolui gradualmente no sentido da alcalinidade e *ii*) um estádio orogénico, durante o Paleozóico superior, essencialmente calco-alcalino; os quais fornecem informação fundamental para a interpretação da evolução geodinâmica desta zona tectonoestratigráfica. No entanto, existem algumas questões, que pela sua incongruência, dificuldade de enquadramento ou ausência de dados, permanecem em aberto. Uma destas questões está relacionada com o vulcanismo orogénico de S. Marcos do Campo (Câmbrico superior – Ordovícico inferior), que ao apresentar características orogénicas é incongruente com o regime tectonomagmático estabelecido até ao final do Silúrico. Outra questão relaciona-se com a possível idade Silúrico superior? – Devónico para os mármores dos complexos vulcano-sedimentares em Estremoz e em Ficalho-Moura [13], pois caso se confirmem estas idades pode-se afirmar que o magmatismo anorogénico não é exclusivo do Paleozóico inferior, podendo ocorrer no Devónico. Relativamente à região de Ficalho-Moura se o magmatismo toleítico do Complexo Vulcano-Sedimentar, inicialmente atribuído ao Ordovícico [6], ocorreu no Silúrico superior? – Devónico e se o magmatismo alcalino intercalado no Complexo Filonítico de Moura ocorreu durante o Silúrico inferior, estaríamos perante uma inversão geoquímica (magmatismo alcalino para toleítico), que contrasta com a actividade tectonomagmática registada na ZOM, durante o Paleozóico, que evolui no sentido da alcalinidade e posteriormente para magmatismo orogénico.

Do que foi exposto, é permitido afirmar que a magmatogénese da ZOM durante orogenia Varisca ocorre genericamente de acordo com os diferentes estádios do ciclo de Wilson [1 e 2]. Descrevem-se estádios magmáticos de “rifting” intracontinental, de oceanização abortada, de margem passiva, de margem activa e de relaxamento térmico pós-colisional. No entanto, o ciclo encontra-se incompleto, porque não são feitas referências à ocorrência de magmatismo em bacias oceânicas tipo “ocean ridge basin”, ou seja, ao magmatismo gerado nas cristas médias-oceânicas, com quimismo toleítico anorogénico No entanto sabe-se que, volumetricamente, cerca de 70% da produção magmática total ocorrida durante o Cenozóico foi gerada nas cristas médio-oceânicas [25]. Por outro lado, J. Tuzo Wilson [2] defendia que nas cinturas orogénicas intracontinentais a grande maioria das evidências de paleo-oceanos seriam “apagadas” pela subducção, como consequência natural da tectónica de placas, e que normalmente só ficariam preservados os estádios iniciais e finais do ciclo de Wilson. Actualmente sabe-se que através dos mecanismos de obducção existem fragmentos de litosfera oceânica que escapam à subducção, constituindo os designados complexos ofiolíticos, os quais fornecem informação imprescindível sobre o magmatismo oceânico.

Na ZOM, mais concretamente no domínio de Évora-Beja, existe uma unidade tectónica varisca, tipo “mélange” tectónica, designada por Complexo Filonítico de Moura que possui imbricações de rochas com diferentes proveniências e significados geotectónicos distintos [26]. Algumas dessas imbricações correspondem às Sequências Ofiolíticas Internas (SOI) [27], as quais representam cinco fragmentos de litosfera oceânica com quimismo toleítico (MORB N/E) anorogénico. Atendendo à evolução tectonomagmática da ZOM durante o ciclo Varisco, as SOI, dado o seu carácter anorogénico, terão que ser geneticamente relacionadas com os processos magmáticos vigentes no Paleozóico inferior. Por outro lado, representam o magmatismo oceânico típico das bacias oceânicas com margens passivas, permitindo, assim, completar, em termos de evolução tectonomagmática, o ciclo de Wilson.

**Agradecimentos**

O presente trabalho recebeu apoio dos seguintes projectos: MODELIB (POCTI/35630/CTA/2000-FEDER), PETROLOG (UI:263/POCTI/FEDER) e GEODYN (POCTI/ISFL-5-32);

**Referências Bibliográficas**

[1] Wilson, J. Tuzo (1966) – Did the Atlantic close and then re-open?. Nature, v 211, pp. 676-681.

[2] Dewey, J. and Spall, H. (1975) – Pre-Mesozoic plate tectonics: How far back in Earth history can the Wilson Cycle be extended?. Geology, v. 3, n. 8, pp. 422-424.

[3] Miyashiro, A; Aki, K; Sengor, A. (1982) – Orogeny. John Wiley & Sons, 242p.

[4] Mata, J. & Munhá, J. (1990) - Magmatogénese de metavulcanitos câmbricos do nordeste alentejano: os estádios iniciais de "rifting" continental. Com. Serv. Geol. Portugal, t. 76, pp. 61-89.

 [5] Ribeiro, M.; Mata, J. & Munhá, J. (1992) - Magmatismo do Paleozóico Inferior em Portugal. In: Gutierrez - Marco , J. C.; Saavedra, J. & Rábano, I (Eds.) Paleozoico Inferior de Ibero – América, Universidad de Extremadura, pp. 377 - 395.

[6] Ribeiro, M; Munhá, J. Mata, J. & Palácios, T. (1997) – Vulcanismo na Zona de Ossa-Morena e seu enquadramento geodinâmico. In: Araújo, A. and Pereira, M. (Eds.) – Estudo sobre a Geologia da Zona de Ossa-Morena. Uni. Évora, pp. 37-56.

[7] Salman, K (2004) - The timing of the Cadomian and Variscan cycles in the Ossa-Morena-Zone, SW Iberia: granitic magmatism from subduction to extension. Journ. Iberian Geol., v. 30, pp. 119-132.

[8] Mata, J; Ribeiro, L. & Piçarra, J. (1993) – S. Marcos do Campo volcanic complex: Geochemical evidence for a volcanic arc in the Ossa-Morena Zone (Odovician?). Terra Abstracts Supp. nº 6, Terra Nova, 5, pp. 2.

 [9] Piçarra, J. & Gutierrez-Marco, J. (1992) – estudo dos graptólitos silúricos do flanco oriental do anticlinal de Moura-Ficalho (Sector de Montemor-Ficalho, Zona de Ossa-Morena, Portugal). Com. Serv. Geol Portugal, t. 78, fasc 1, pp. 23-29.

[10] Priem, H.; Boelrijk, N.; Verschure, R.; Hebeda, E. & Verdumen, E. (1970) – Datting events of acid plutonism through the Paleozoic of Western Iberian Peninsula, Eclog. Geol. Helv., v. 63, pp. 225-274.

 [11] Carrilho L, J.; Ferreira, M. & Munhá, J. (1993) – Geochronological relationships between the Alter do Chão-Cabeço de Vide basic/ultrabasic massif and peralkalini rocks in NE-Alentejo. Terra Abstracts Supp. nº 6, Terra Nova, vol. 5, pp. 15.

[12] Mata, J. & Munhá, J. (1985) - Geochemistry of mafic metavolcanic rocks from the Estremoz region Com. Serv. Geol. Portugal, t. 71, pp. 175-185.

[13] Piçarra, J. (2000) – Estudo estratigráfico do sector de Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa-Morena, Portugal. Tese de Doutoramento, Dep. Geociências, Univ. Évora, Portugal, v. I, 95p.

[14] Fonseca, P. and Ribeiro, A. (1993) - Tectonics of the Beja-Acebuches Ophiolite: a major suture in the Iberian Variscan Foldbelt, Geol. Rundsch., v. 82, pp. 440-447.

[15] Munhá, J; Oliveira, J; Ribeiro, A; Oliveira, V; Quesada, C. and Kerrich, R (1986) - Beja-Acebuches Ophiolite characterization and geodynamic significance. Maleo, v. 2, pp. 31.

[16] Quesada, C; Fonseca, P; Munhá, J; Oliveira, J. & Ribeiro, A., (1994) - The Beja-Acebuches Ophiolite: geological characterization and geodynamic significance. Boletin Geol. y Min. de España, 105-1, pp. 3-49.

[17] Moita, P; Munhá, J; Fonseca, P; Tassinari, C; Araújo, A; Palácios, T. (2005) – Dating orogenic events in Ossa-Morena-Zone. Actas do XIV Sem. Gequímica/VIII Cong. de geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, vol. 2, 459-462.

[18] Carrilho Lopes, J. (2004) – Petrologia e Geoquímica de Complexos Plutónicos do Nordeste Alentejano (Portugal Central). Província Alcalino e Maciço de Campo Maior. Tese de Doutoramento, Dep. Geociências, Univ. Évora, Portugal, 505 p.

[19] Dallmeyer, R.; Fonseca, P; Quesada, C. e Ribeiro, A. (1993) – 40Ar/39Ar mineral age constraints to the tectonothermal evolution of the Variscan Suture in SW Iberia, Tectonophysics, v. 222, pp. 177-194.

[20] Fonseca, P. (1995) - Estudo da sutura varisca no SW Ibérico nas regiões de Serpa-Beja-Torrão e Alvito-Viana do Alentejo. Tese de Doutoramento, Dep. Geologia da FCUL, 325p.

[21] Moita, P., Santos., J.F., Pereira, M., (2005) – Dados geocronológicos de rochas intrusivas sin-tectónicas no Maciço dos Hospitais (Montemor-o-Novo, ZOM). Actas do XIV Semana de Gequímica/VIII Congresso de geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, vol. 2, 471-474.

[22] Rosas, F. (2003) – Estudo Tectónico do Sector de Viana do Alentejo – Alvito: Evolução Geodinâmica e Modelação Analógica de Estruturas em Afloramentos Chave. Tese de Doutoramento, Dep. Geologia da FCUL, 354p.

[23] Pinto, M. e Andrade, A. (1987) – Geocronologia dos granitóides da Zona de Ossa-Morena no contexto do Arco Ibero-Armoricano. Geociências, vol. 2, fasc. 1-2, pp. 95-103.

[24] Romão, J., CoKe, C., Dias, R., Ribeiro, A. (2005) – Transient inversion during the opening stage of the Wilson cycle «Sardic phase» in the Iberian Variscides – Stratigraphic and tectonic record. Geod. Acta, vol 18/2, pp 115-129.

[25] Wilson, M. (1989) – Igneous petrogenesis. A global tectonic approach. Chapman & Hall, 466p.

[26] Araújo, A.; Fonseca, P; Munhá, J.; Moita, P.; Pedro, J; Ribeiro, A. (2005) – The Moura Phyllonitic Complex: An Accretionary Complex related with obduction in the Southern Iberia Variscan Suture. v. 18-5, pp. 375-388.

[27] Pedro, J (2004) – Estudo geológico e geoquímico das Sequências Ofiolíticas Internas da, Zona de Ossa-Morena (Portugal). Tese de Doutoramento, Dep. Geociências, Univ. Évora, Portugal, 225 p.