

IX.1

Arco Ibero-Armoricano: indentação versus auto-subducção

Índice

IX.1.1. Introdução	285
IX.1.2. Estruturas arqueadas à escala do Terreno Ibérico	285
IX.1.2.1. Arco Ibero-Armoricano	286
IX.1.2.2. Arco Cantábrico	287
IX.1.2.3. Arco Centro-Ibérico	289
IX.1.3. Os modelos	289
IX.1.3.1. Auto-subducção	290
IX.1.3.2. Indentação	290

IX.1.1. Introdução

A existência de um arco à escala orogénica, definido por estruturas variscas orientadas predominantemente NW-SE na Ibéria e aproximadamente E-W na Bretanha, é bem conhecida pelo menos desde os trabalhos de Carey (1955) que o descreveu sob o nome de Arco Ibero-Bretão; posteriormente passou a ser denominado como Arco Ibero-Armoricano (AIA; Fig. 1). No Norte de Espanha, esta estrutura arqueada é possível de identificar na sua totalidade, registando-se uma rotação praticamente contínua das estruturas variscas de cerca de 180º (definindo o por vezes denominado Arco Cantábrico - AC). Se a existência do AIA é aceite pela generalidade dos geocientistas que trabalham nesta região, os modelos que têm vindo a ser propostos para a sua génese não o são, o que seria expectável tendo em consideração a sua complexidade.

Mais recentemente, começou a ser defendida uma outra estrutura arqueada (*e.g.* Weil *et al.*, 2013; Martínez Catalán *et al.*, 2014; Shaw *et al.*, 2014 e referências incluídas), em continuidade com a anteriormente referida, designada de Arco Centro-Ibérico (ACI).

Neste trabalho elabora-se uma revisão crítica de alguns dos aspectos relacionados com a individualização e génese destas estruturas de primeira ordem à escala da Ibéria.

IX.1.2. Estruturas arqueadas à escala do Terreno Ibérico

Um dos problemas associados à compreensão da génese das estruturas variscas arqueadas de primeira ordem no Terreno Ibérico tem a ver com a sua individualização e relações genéticas.

Com efeito, não só a falta de continuidade dos afloramentos, mas também o facto da deformação observada resultar geralmente de um processo polifásico e/ou policíclico, torna difícil a caracterização das grandes estruturas.

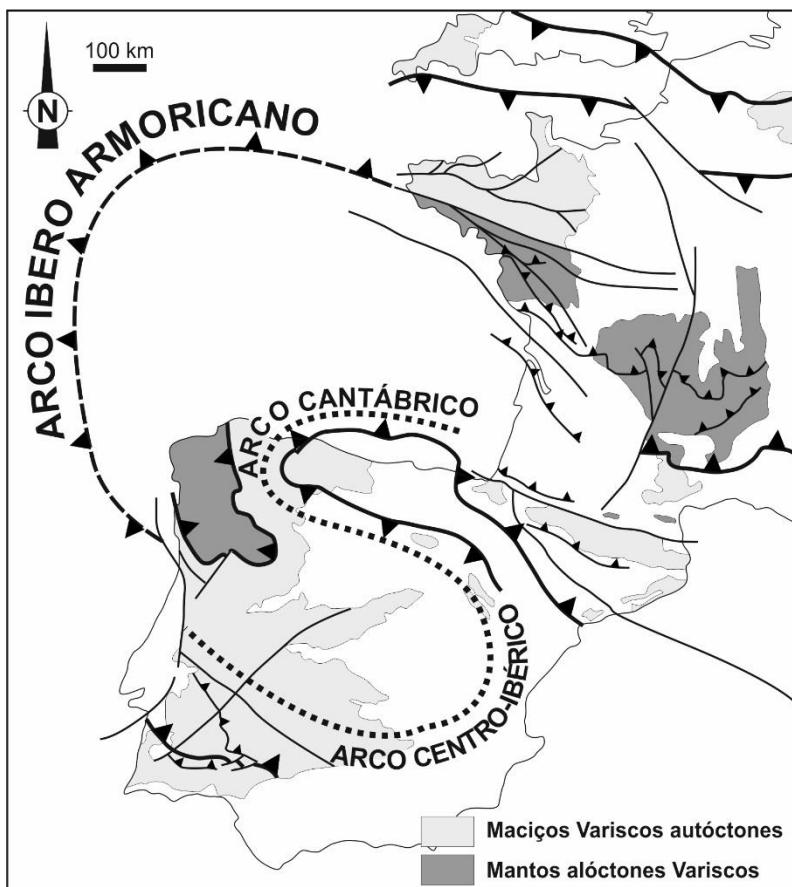


Figura 1 – Principais estruturas arqueadas variscas propostas para a Ibéria.

IX.1.2.1. Arco Ibero-Armoricano

Corresponde à estrutura arqueada principal e, pela sua dimensão e complexidade, aquela sobre a qual persistem diversas dúvidas. Apesar da continuidade entre os ramos Ibérico e Armoricano não ser possível de seguir, devido aos processos associados à abertura do Atlântico/golfo da Biscaia, a sua existência não é actualmenteposta em causa.

Porém, a sua estruturação no ramo ibérico é questionável, principalmente no que se refere à presença de apenas um arco, gerado essencialmente num único evento tectónico, ou se na realidade o processo é mais complexo; segundo esta última opção existirá uma estrutura mais recente (AC) que se sobrepõe de uma forma simétrica, a uma megaestrutura varisca arqueada, mais antiga, definida pelas estruturas na Bretanha e nas Zonas Centro-Ibérica e Ossa-Morena (*e.g.* Dias & Ribeiro, 1995; Braid *et al.*, 2011). Qualquer que seja o modelo proposto para a formação do AIA, ele tem que explicar a existência de um regime transpressivo esquerdo no

ramo Ibérico e direito no ramo Armoriano (*e.g.* Dias & Ribeiro 1994, 1995), bem como uma idade de deformação que se escalona entre o Devónico (*e.g.* Braid *et al.*, 2011), nas zonas mais externas do arco, e o Carbónico superior, nos sectores mais internos da Cantábria (*e.g.* Weil *et al.*, 2013).

IX.1.2.2. Arco Cantábrico

Esta é sem dúvida a estrutura arqueada que, do ponto de vista geométrico, levanta menos dúvidas, visto ser a única cuja continuidade lateral é possível de evidenciar com base nos afloramentos. Mais recentemente têm surgido uma série de argumentos (*e.g.* paleomagnetismo, evolução temporal do padrão de diaclases, paleocorrentes da base do Ordovícico e maclas da calcite) que indicam o carácter essencialmente secundário desta estrutura (ver Weil *et al.*, 2013 para uma síntese). Esta situação torna desnecessário, num trabalho com esta índole, uma descrição mais pormenorizada do AC.

IX.1.2.3. Arco Centro-Ibérico

Embora o ACI tenha sido inicialmente proposto por Staub em 1926, todos os trabalhos realizados nas décadas seguintes, tanto a nível da ZCI como do Varisco Ibérico (*e.g.* Lotze, 1945; Carey, 1955; Dias *et al.*, 2013a; Vera, 2004 e referências incluídas) ignoram a sua existência. Contudo, desde 2010 têm surgido uma série de trabalhos (*e.g.* Martínez Catalán *et al.*, 2014; Shaw *et al.*, 2014 e referências incluídas) que retomam a proposta de Staub.

Os argumentos utilizados para apoiar a existência do ACI são:

- O padrão de anomalias magnéticas;
- A geometria dos dobramentos variscos (orientação e vergência);
- Os sentidos de paleocorrentes na Formação do Quartzito Armoriano que são consideradas centrífugas em relação aos oróclinos.

No entanto, a análise cuidada dos dados apresentados em trabalhos que defendem a existência do ACI, bem como dos dados existentes noutros trabalhos de índole estrutural e litoestratigráfica sobre a região, que são completamente ignorados pelos autores que defendem o ACI, não permitem defender a existência desta estrutura arqueada dentro da ZCI. Com efeito:

- No que diz respeito aos dados de índole geofísica (Martínez Catalán *et al.*, 2014 e referências incluídas) a sua interpretação não é simples, pois as anomalias observadas, principalmente as que ocorrem sob a cobertura meso-cenozóica, podem ser resultado de uma evolução policíclica e não de uma interpretação monocíclica, que tem sido privilegiada na interpretação que favorece a existência do oróclino.

- Quanto à geometria dos dobramentos a estrutura arqueada só se torna defensável porque os autores ignoram a generalidade dos trabalhos existentes na ZCI, essencialmente no sector português e, sem apresentarem qualquer justificação, consideram que as macrodobras bem definidas pelos quartzitos ordovícicos não são D_1 , como têm normalmente sido interpretadas (e.g. Romão *et al.*, 2013 e referências incluídas) mas sim D_3 . A situação é ainda mais estranha, quando a única dobra que consideram como D_1 nos domínios meridionais da ZCI (em Portugal), o sinclinal da Amêndoa-Carvoeiro, é na realidade uma dobra D_3 que redobra estruturas anteriores (Romão *et al.*, 2013 e referências inclusas). Em relação à vergência das dobras D_1 , mais uma vez são postos de lado muitos dos dados existentes, tendo sido apresentado um modelo que considera apenas três situações em todo o sector a S da zona da Galiza – Trás-os-Montes, o que torna possível a defesa de um padrão centrífugo simples em torno do AIA. Contudo as vergências apresentadas (N de Viana do Castelo, Valongo e Caramulo) constituem a excepção e não a regra, não se percebendo sequer porque é que estas três estruturas são consideradas pelos autores como sendo da D_1 , quando consideraram todas as outras como sendo D_3 . Na realidade o padrão da vergência das dobras D_1 no sector português da ZCI apresenta-se muito mais heterogéneo (e.g. Dias & Ribeiro, 2013 e referências incluídas) caracterizando-se por uma *flower structure* assimétrica de primeira ordem, nos domínios setentrionais, e por dobras sem vergência, nos domínios meridionais.

- Em relação às paleocorrentes que são consideradas como centrífugas em relação quer ao AC quer ao ACI (e.g. Shaw *et al.*, 2014), situação que foi utilizada para defender que os oróclinos afectaram uma bacia linear pré-existente com 2300 km de extensão, a reinterpretAÇÃO dos mesmos dados mostra que elas tendem a ser centrífugas no AC, mostrando contudo um padrão muito mais irregular no suposto ACI (Fig. 2), o que está em completo desacordo com o previsto pelos modelos.

Finalmente, são ainda de destacar dois aspectos que nunca são focados nos artigos que defendem o ACI:

- No que diz respeito à cinemática das estruturas (aspecto que é muito pouco explorado nos referidos artigos), não existe qualquer simetria entre os dois ramos do ACI (e.g. Ribeiro *et al.*, 1990; Dias & Ribeiro, 2013). O estiramento vertical em S_1 que é referido como predominante (e.g. Martínez Catalán *et al.*, 2014) não existe nos sectores setentrionais da ZCI em Portugal onde predomina um regime transpressivo esquerdo com estiramento segundo o eixo cinemático b (e.g. Ribeiro *et al.*, 1990; Dias *et al.*, 2013b).

- Do ponto de vista litoestratigráfico, a distribuição cartográfica das unidades mais antigas que afloram no núcleo do suposto ACI (*i.e.* o Supergrupo Dúrico-Beirão), não mostram continuidade entre os sectores S e N, como seria de esperar com o padrão de dobramento isoclinal proposto no modelo do oróclino.

Sintetizando, consideramos que os dados existentes não permitem defender a existência do ACI.

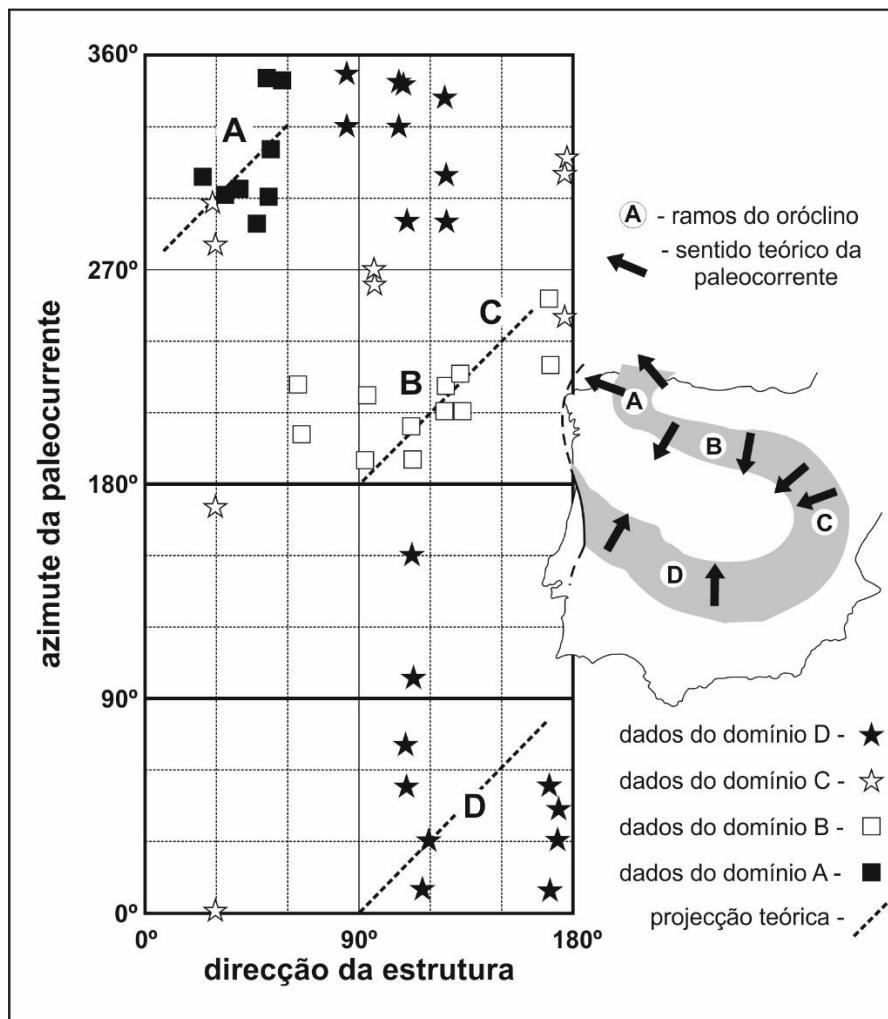


Figura 2 – Relação angular entre o sentido das paleocorrentes da base do Ordovícico e a orientação das estruturas (reinterpretação dos dados de Shaw *et al.*, 2014).

IX.1.3. Os modelos

Como seria de esperar para estruturas com a complexidade dos grandes arqueamentos variscos evidenciáveis na Ibéria/Bretanha, existe uma grande diversidade de modelos propostos para a sua génese cuja discussão detalhada não é possível num trabalho desta índole. Em virtude de considerarmos que, com os dados existentes, não é possível defender a existência do ACI iremos centrar-nos na análise crítica dos modelos relacionados com a génese do AIA. Neste

sentido, iremos abordar os trabalhos que defendem a auto-subducção (*self subduction*) da litosfera oceânica da Pangeia (e.g. Johnston *et al.*, 2013; Weil *et al.*, 2013; Shaw *et al.*, 2014) *versus* os que privilegiam uma génesis por indentação de um promontório da Gondwana (e.g. Dias & Ribeiro, 1995; Braid *et al.*, 2011).

IX.1.3.1. Auto-subducção

No final do Carbónico, o processo denominado pelos autores de auto-subducção da litosfera oceânica terá induzido *buckling* de toda a litosfera em torno de um eixo vertical que, nos níveis estruturais mais altos, se traduziu pela formação do AC, segundo um mecanismo de dobramento semelhante ao tangencial longitudinal; neste modelo, o arqueamento seria secundário e muito rápido (cerca de 10 milhões de anos) afectando uma cadeia inicialmente linear.

Se este modelo pode ser defensável em termos do AC, a extrapolação que os mesmos autores têm efectuado para os restantes sectores da Ibéria coloca enormes problemas. Com efeito, como foi referido anteriormente (*vide* secção IX.1.2.3), o predomínio dos regimes transpressivos (esquerdos na Ibéria e direitos na Armorica) nos ramos do AIA e a idade devónica para esta deformação na Ibéria, mostram que o modelo de formação do AC não pode ser considerado como válido para todo o AIA.

IX.1.3.2. Indentação

Quando se admite uma génesis polifásica para a formação do AIA, torna-se possível conciliar as diversas situações observadas. No que diz respeito aos regimes transpressivos e à cinemática observada na Ibéria e na Armorica, com predomínio da componente transcorrente (predominantemente esquerda e direita respectivamente) em largos sectores do Terreno Ibérico, ela sugere a existência de um importante processo de indentação. Com efeito, as cinemáticas observadas, não só nunca são abordadas nos modelos anteriores, como também estão em completo desacordo com o processo de *buckling*. O diacronismo previsível num processo de indentação torna compatível um começo mais precoce para a formação do AIA com uma génesis mais tardia do CA, como sugerido pelos dados (*vide* secção IX.1.2.2).

Referências

- Braid, J., Murphy, J., Quesada, C., Mortensen, J. (2011). Tectonic escape of a crustal fragment during the closure of the Rheic Ocean: U–Pb detrital zircon data from the Late Palaeozoic Pulo do Lobo and South Portuguese zones, southern Iberia. *Journal of the Geological Society (London)*, 168, 383–392.
- Carey, S. (1955). The Orocline concept in Geotectonics. *Proceedings of the Royal Society of Tasmania*, 89, 255-288.

- Dias, R., Ribeiro, A. (1994). Constriction in a transpressive regime: an example in the Ibero-Armoricain Arc. *Journal of Structural Geology*, 16(11), 1543-1554.
- Dias, R., Ribeiro, A. (1995). The Ibero-Armorican arc: a collisional effect against an irregular continent? *Tectonophysics*, 246(1-3), 113-128.
- Dias, R., Ribeiro, A. (2013). O Varisco do sector norte de Portugal. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J., (Eds.). *Geologia de Portugal*, vol. 1, Escolar Editora, 59-71.
- Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J., (Eds.) (2013a). *Geologia de Portugal*. 2 volumes, Escolar Editora, 1605 p.
- Dias, R., Ribeiro, A., Coke, C., Pereira, E., Rodrigues, J., Castro, P., Moreira, N., Rebelo, J. (2013b). Evolução estrutural dos sectores setentrionais do autóctone da Zona Centro-Ibérica. In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg, (Eds.), *Geologia de Portugal*, vol. 1, Escolar Editora, 73-147.
- Johnston, S., Weil, A., Gutiérrez-Alonso, G. (2013). Oroclines: thick and thin. *Geological Society of America Bulletin*, 125(5-6), 643-663.
- Lotze, F. (1945). Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotektonische Forschungen*, 6, 78-92.
- Martínez Catalán, J., Rubio Pascual, J., Díez Montes, A., Díez Fernández, R., Gómez Barreiro, J., Dias da Silva, I., González Clavijo, E., Ayarza, P., Alcock, J. (2014). The late Variscan HT-LP metamorphic event in NW and Central Iberia: relationships to crustal thickening, extension, orocline development and crustal evolution. In: Schulmann, K., Martínez Catalán, J.R., Lardeaux, J.M., Janousek, V., Oggiano, G. (Eds.). *The Variscan Orogeny: Extent, Timescale and the Formation of the European Crust*. Geological Society, London, Special Publications, 405, 225-247.
- Ribeiro, A., Pereira, E., Dias, R. (1990). Structure of the Northwest of the Iberian Peninsula. In: Dallmeyer, R.D., Martinez Garcia, E. (Eds.). *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer-Verlag, 220-236.
- Romão, J., Metodiev, D., Dias, R., Ribeiro, A. (2013). Evolução geodinâmica dos sectores meridionais da Zona Centro-Ibérica. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J., (Eds.), *Geologia de Portugal*, vol. 1, Escolar Editora, 206-257.
- Shaw, J., Gutiérrez-Alonso, G., Johnston, S.T., Pastor Galán, D. (2014). Provenance variability along the Early Ordovician north Gondwana margin: Paleogeographic and tectonic implications of U-Pb detrital zircon ages from the Armorican Quartzite of the Iberian Variscan belt. *Geological Society of America Bulletin*, 126(5-6), 702-719.
- Staub, R. (1926). Gedanken zur Tektonik Spaniens. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft*, 71, 196-260.
- Vera, J. (Ed.) (2004). *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 890 p.
- Weil, A., Gutiérrez-Alonso, G., Johnston, S., Pastor-Galán, D. (2013). Kinematic constraints on buckling in a lithospheric-scale orocline along the northern margin of Gondwana: a geologic synthesis. *Tectonophysics*, 582, 25-49.

